

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE YABUSAME UTIMA

CRESCIMENTO E RENDIMENTO DOS COMPONENTES AGRÍCOLA E ARBÓREO
DE UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO ANO DE
IMPLANTAÇÃO EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

CURITIBA

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE YABUSAME UTIMA

CRESCIMENTO E RENDIMENTO DOS COMPONENTES AGRÍCOLA E ARBÓREO
DE UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO ANO DE
IMPLANTAÇÃO EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Agronomia, Área de Concentração em Produção
Vegetal em Sistemas Integrados, Departamento de
Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Profº. Drº. Adelino Pelissari
Co-orientadores: Profº. Drº. Alessandro Camargo Angelo
Profª. Drª. Claudete Reisdörfer Lang
Drº. Edilson Batista de Oliveira
Drº. Vanderley Porfírio-da-Silva

CURITIBA

2015

U89 Utima, Aline Yabusame

Crescimento e rendimento dos componentes agrícola e arbóreo de um sistema integrado de produção agropecuária no ano de implantação em área de proteção ambiental. Aline Yabusame Utima. - Curitiba: 2015.

78 f. il.

Orientador: Adelino Pelissari.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

1. Agrosilvicultura. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Unidades de conservação. I. Pelissari, Adelino. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós - Graduação em Agronomia – Produção Vegetal. III. Título.

CDU 631.95



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL

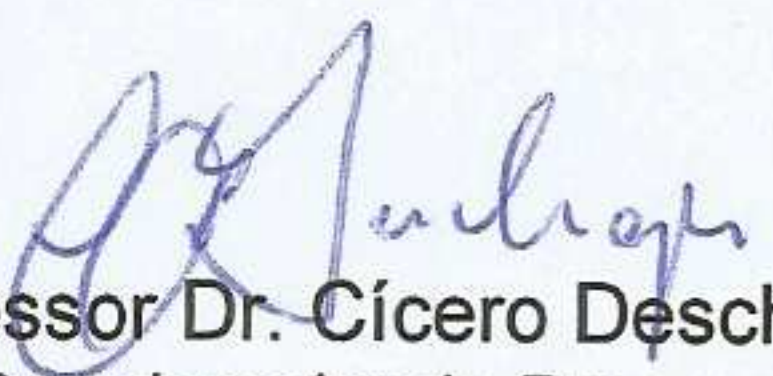


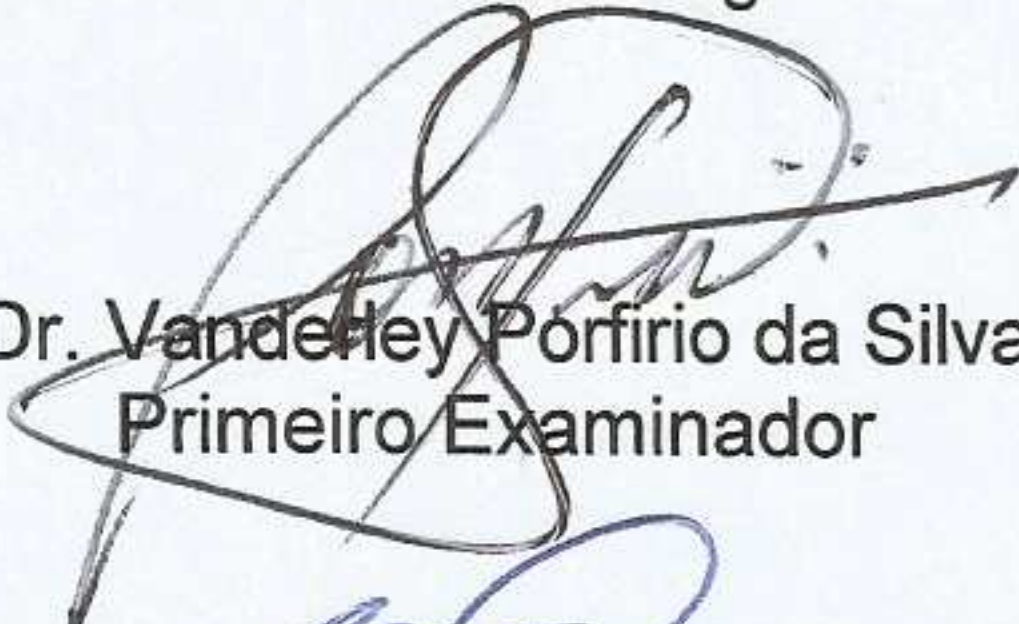
PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **ALINE YABUSAME UTIMA**, sob o título **“CRESCIMENTO E RENDIMENTO DOS COMPONENTES AGRÍCOLAS E ARBÓREO DE UM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO ANO DE IMPLANTAÇÃO EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL”**, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação.

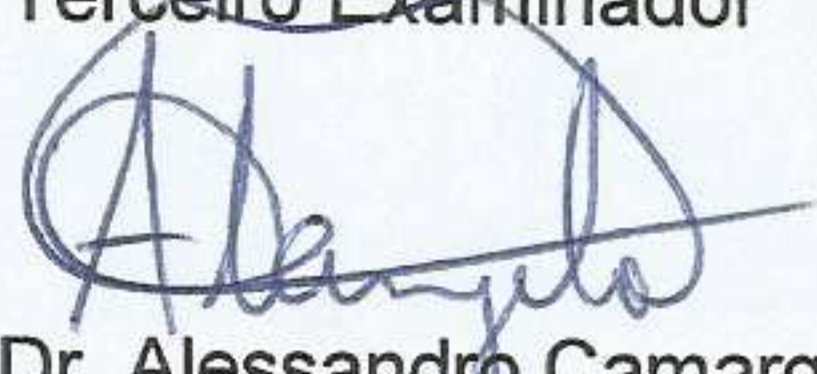
Curitiba, 17 de Abril de 2015.


Professor Dr. Cícero Deschamps
Coordenador do Programa


Dr. Vanderley Pórfirio da Silva
Primeiro Examinador


Dr. Edilson Batista de Oliveira
Segundo Examinador


Professor Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa
Terceiro Examinador


Professor Dr. Alessandro Camargo Angelo
Quarto Examinador


Professor Dr. Adelino Pelissari
Presidente da Banca e Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, aos meus pais e irmã, que são a base do que eu sou e do que eu consegui conquistar até hoje.

Aos professores e pesquisadores Adelino Pelissari, Alessandro C. Angelo, Vanderley Porfírio-da-Silva, Sebastião B. C. Lustosa, Edilson B. de Oliveira, Anibal de Moraes, Claudete R. Lang, Rozimeiry G. B. Gaspar, José C. Tosin pela colaboração e orientação na realização deste trabalho de mestrado.

Às pessoas que me incentivaram e me apoiaram a fazer o mestrado como o Eldemar Jaskiu, Sofia R. Hirakuri e Gabriel P. Saraiva e àquelas que me deram suporte como a Lucimara Antunes (coordenação do PGAPV) e Maria Emília Kudla (Laboratório de fitotecnia).

Aos colegas de pós-graduação e aos estagiários que compartilharam as dúvidas, os dias de trabalho em campo e em laboratório como o Leonardo Deiss, Maurício Z. Schuster, Leonardo S. Symcak, Gilmar P. Triches, Paulo Marques e em especial à Rubia L. D. Lima, Delma F. F. Silva, Natália M. Gonzales e Édina C. P. Lopes.

À todas as minhas amigas e amigos de Campo Grande e Curitiba.

Ao grupo NITA (Núcleo de Inovação Tecnológica Agropecuária) pela oportunidade de participar em seu projeto desenvolvido na Estação Experimental do Cangüiri (UFPR).

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

“Esperança não significa uma promessa. Esperança significa um caminho, uma possibilidade, um perigo”.

Edgar Morin

CRESCIMENTO E RENDIMENTO DOS COMPONENTES AGRÍCOLA E ARBÓREO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NO ANO DE IMPLANTAÇÃO EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

RESUMO

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são uma alternativa com grande potencial para atender às crescentes demandas por produtos agrícolas de forma sustentável. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do componente agrícola e arbóreo em SIPA (LF) e em monocultivo (Fm) no ano de implantação. As lavouras de milho e girassol foram plantadas em set-out de 2014 com espaçamento de 0,45 x 0,20 m. O delineamento foi em blocos ao acaso no sistema LF, avaliando-se duas distâncias (1,67 e 4,82 m) e dois sentidos (esquerdo e direito) da lavoura em relação à linha de eucalipto. Foram avaliados os seguintes componentes de rendimento: altura total, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo do milho, diâmetro do capítulo, estande final, número de espigas/capítulos por planta, número de grãos por espiga/capítulo, peso de mil grãos e produtividade. O componente arbóreo foi composto pelo *Eucalyptus benthamii* de origem seminal, plantado em outubro de 2014 com espaçamento de 14 x 2 m no tratamento (LF) e 3 x 2 m no sistema em monocultivo (Fm). As avaliações do eucalipto foram feitas aos 12 meses de idade das variáveis: altura total (H), diâmetro à altura do peito (DAP), comprimento da copa (Cc), área de projeção da copa (APC) e sobrevivência. Houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos da lavoura em LF apenas para a altura total (milho e girassol), altura de inserção da primeira espiga e número de grãos por espiga/capítulo. O monocultivo do milho apresentou médias superiores à lavoura-floresta para a maioria dos componentes de rendimento e produtividade. Já o monocultivo do girassol tendeu ser semelhante à lavoura-floresta. O eucalipto em LF apresentou médias maiores para o DAP, H, Cc e APC, porém a sobrevivência foi menor do que em Fm. A biomassa e o volume por área foram maiores na floresta em monocultivo (Fm), e o volume individual foi maior na lavoura-floresta.

Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*, *Zea mays*, *Helianthus annuus*, lavoura-floresta, sistemas agroflorestais, área de proteção ambiental.

GROWTH AND YIELD OF CROP AND FORESTRY COMPONENTS ON THE IMPLANTATION YEAR OF AN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEM IN AN ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA

ABSTRACT

*The integrated crop-livestock systems (ICLS) are a potential alternative to meet the growing demand of agricultural products in a sustainable way. This study aimed to evaluate the performance of the crop and forestry components of an integrated system (ICLS) in the first year. The corn and sunflower crops were sowed in september-october of 2014 with spacing of 0.45 x 0.20 m, the design was a randomized block for the integrated system (LF) with four treatments evaluating two distances (1.67 and 4.82 m) and two directions (left and right) of the crop relative to the eucalyptus line. It also had an additional treatment of crops (maize and sunflower) in monoculture system (Lm). The variables evaluated were: total height, height of the first ear, stem diameter (maize), head diameter, final stand, number of ears per plant or head, number of grains per ear or head, weight of 1000 grains and productivity. The *Eucalyptus benthamii* (seminal origin) was planted in october 2014 with 14 m x 2 m of spacing in the integrated system (LF) and with 3 m x 2 m of spacing in the monoculture system (Fm). The data of eucalyptus were measured when it was nearly to complete 12 months old. The variables studied were: total height (H), diameter at breast height (DAP), crown length (Cc), crown projection area (APC) and survival rate. There were statistical significant difference among the treatments of the crops on LF just for total height (maize and sunflower), height of the first ear and number of grains per ear or head. The maize monoculture showed higher averages for integrated system (LF) to most of the yield components and to productivity. The sunflower monoculture showed results similar to the integrated system for most of the variables analysed. The eucalyptus in LF showed higher averages for the DAP, H, Cc and APC, however the survival rate were smaller than in Fm. The biomass and volume per area were higher on the forest monoculture, and the individual volume was higher on the integrated system.*

*Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*, *Zea mays*, *Helianthus annuus*, crop-forestry, agroforestry systems, Environmental Protection Area.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	16
2.1.1	Área de Proteção Ambiental (APA)	17
2.2	DESAFIOS DO SETOR AGROPECUÁRIO	18
2.3	SISTEMAS DE PRODUÇÃO	19
2.3.1	Sistemas de Produção Convencionais	20
2.3.2	Sistemas Agroflorestais (SAFs)	21
2.3.3	Sistemas Integrados	22
2.4	CULTURA DO MILHO	23
2.5	CULTURA DO GIRASSOL	24
2.6	CULTURA DO EUCALIPTO	26
2.6.1	<i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden et Cambage.....	27
3	CAPÍTULO I	29
	Componentes de rendimento e produtividade de milho e girassol entre renques de eucalipto em um sistema integrado de produção agropecuária	
	RESUMO.....	29
	ABSTRACT	30
	INTRODUÇÃO	30
	MATERIAL E MÉTODOS	32
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	41
4	CAPÍTULO II	45
	Desempenho de <i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden et Cambage no primeiro ano de um sistema integrado de produção agropecuária	
	RESUMO.....	45

<i>ABSTRACT</i>	46
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
6 REFERÊNCIAS GERAIS	63
ANEXOS GERAIS	73

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1- Croqui das parcelas de lavoura de milho e girassol com os tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF).	33
Figura 2 - Regressões lineares das variáveis de milho nos tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF) e lavoura monocultivo no ano de implantação (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).	39
Figura 3 - Regressões lineares das variáveis de girassol nos tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF) e lavoura monocultivo (Lm) no ano de implantação. (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014)	40

Capítulo II

Figura 1 - Esquema de definição do comprimento das secções por Hohenadl	51
Figura 2 - Dispersão de resíduos dos modelos de biomassa total individual ajustados para o plantio de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).	56
Figura 3 - Gráficos de resíduos dos modelos de volume individual ajustados para o plantio de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).	57

Anexos Gerais

Figura 1 - Gráfico com os dados meteorológicos da estação de Pinhais - PR referente ao período do experimento de setembro de 2013 a outubro de 2014.	75
Figura 2 - Gráfico de frequência relativa acumulada para <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 12 meses de idade em sistema lavoura-floresta e em monocultivo (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).	76
Figura 3 - Gráficos dos pontos observados da estimativa da biomassa total individual e do volume individual pela cubagem rigorosa pelo método de Newton, para <i>E. benthamii</i> aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014). ...	77
Figura 4 - <i>Eucalyptus benthamii</i> em outubro de 2013 no tratamento floresta em monocultivo.	77
Figura 5 - <i>Eucalyptus benthamii</i> em sistema lavoura-floresta com milho em dezembro de 2013.	77
Figura 6 - Tratamento do sistema lavoura-floresta com milho em janeiro de 2014.	77

Figura 7 - Tratamento do sistema lavoura-floresta com girassol em janeiro de 2014.	77
Figura 8 - Tratamento do sistema em monocultivo de milho em janeiro de 2014.	78
Figura 9 - Tratamento do sistema em monocultivo de girassol em janeiro de 2014. .	78
Figura 10 - Ensacamento dos capítulos de girassol em fevereiro de 2014.	78
Figura 11 - <i>Eucalyptus benthamii</i> em sistema lavoura-floresta em agosto de 2014, com cobertura de inverno.	78
Figura 12 - Inventário sistemático com 10% de intensidade amostral no final de setembro de 2014 no tratamento lavoura-floresta com cobertura de inverno.	78
Figura 13 - Amostragem de biomassa e cubagem rigorosa com o auxílio dos estagiários e pós-graduandos do NITA no começo de outubro de 2014 no tratamento floresta monocultivo.	78

LISTA DE QUADROS

Anexos Gerais

Quadro 1 - Histórico de práticas culturais e instalação dos tratamentos do projeto de sistemas integrados coordenado pelo grupo NITA.....	74
---	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 - Comparação das médias das variáveis de milho e girassol no ano de implantação entre os tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014). 36

Tabela 2 - Comparação das médias das variáveis de milho e girassol dos tratamentos da lavoura-floresta (LF) em relação à lavoura em monocultivo (Lm) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014). 37

Capítulo II

Tabela 1 – Modelos individuais para volume e biomassa. 52

Tabela 2 - Resultados do inventário florestal sistemático com 10% de intensidade amostral de *E. benthamii* aos 12 meses de idade em sistema lavoura-floresta (LF) e em monocultivo (Fm) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014). 53

Tabela 3 - Biomassa total, biomassa por compartimento e volume por indivíduo e por hectare de *E. benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014). 54

Tabela 4 - Ajuste de modelos para biomassa total e volume individual de *E. benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014) 55

Anexos Gerais

Tabela 1 - Análise preliminar de solos realizada em toda a área do projeto coordenado pelo NITA em outubro de 2011 à uma profundidade de 0 a 20 cm, utilizada para as recomendações de adubação (Fazenda Experimental Canguiri UFPR, 2011). 74

Tabela 2 - Análise de solos após a colheita das lavouras de milho e girassol, com a coleta feita no dia 28 de março de 2014 a uma profundidade de 0 a 20 cm (Fazenda Experimental Canguiri UFPR, 2011). 74

Tabela 3 - Tabela com os dados meteorológicos da estação de Pinhais - PR referente ao período do experimento de setembro de 2013 a outubro de 2014. 75

Tabela 4 - Distribuição de frequências de *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade em monocultivo (Fm). 76

Tabela 5 - Distribuição de frequências de *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade em um sistema lavoura-floresta (LF). 76

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da produtividade de forma sustentável é considerado como o maior desafio do setor agropecuário para garantir a segurança alimentar em 2050. Estima-se que a população passará de 7 para 9 bilhões nos próximos 35 anos, resultando em aumento de aproximadamente 60% na demanda por produtos agrícolas em nível mundial e 77% nos países em desenvolvimento (FAO/OECD, 2012).

O aumento populacional é apenas um dentre vários fatores que influenciarão no aumento na demanda por produtos agrícolas, a perspectiva é de que o crescimento urbano continue ocorrendo, tendo mais pessoas nas cidades dependendo dos produtos cultivados por menos pessoas nos campos e que também aumente o consumo de quilocalorias por pessoa. (FAO/OECD, 2012).

O desenvolvimento sustentável enfrenta grandes desafios tanto com a mudança do clima, quanto pela degradação dos solos, contaminação e assoreamento dos recursos hídricos devido aos equívocos dos sistemas de produção convencionais. Além dos desafios ambientais, tem-se também os desafios econômicos, políticos e sociais.

No Brasil existem Áreas de Proteção Ambiental (APAs) que são unidades de conservação de uso sustentável, que apresentam certo grau de ocupação humana, sendo dotadas de atributos ambientais importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das pessoas (BRASIL, 2000), ou seja, são áreas que devem ser conservadas e que por lei devem-se adotar práticas sustentáveis de forma mandatória e não apenas como marketing ou como forma de recuperar uma área degradada.

Algumas atividades ficam proibidas ou restringidas nessas unidades de conservação, como por exemplo, atividades industriais, terraplanagem, mineração e o uso de agrotóxicos (PARANÁ, 1996), exigindo adaptações e novas tecnologias que visem o desenvolvimento ordenado e sustentável.

Uma das alternativas para a realização de um sistema de produção sustentável são os sistemas integrados com árvores, caracterizado pela combinação dos componentes lavoura e floresta em uma mesma área, seguindo um arranjo espacial e/ou temporal (SILVA, 2013).

O milho, o girassol e o eucalipto são importantes culturas no cenário mundial e por isso despertam o interesse para serem utilizadas em sistemas integrados. Essas

culturas provêm alimentos tanto para humanos quanto animais, fibras, energia e outros produtos industrializados e de alta tecnologia. O milho está entre as três culturas básicas produzidas mundialmente (FAO, 2014). Os Estados Unidos da América são o maior produtor com aproximadamente 353,7 Mt (34,7%) e o Brasil ocupa o terceiro lugar com 7,9% (FAOSTAT, 2015). O girassol está entre as quatro principais oleaginosas produzidas no mundo (44,55 Mt), o maior país produtor é a Federação Russa e o Brasil ocupa a 28ª posição nesse *ranking*.

O eucalipto também é destaque no cenário mundial por ser uma árvore de rápido crescimento, conseguindo se desenvolver em diversas condições edafoclimáticas, podendo gerar produtos para diversos fins, desde óleos essenciais (VITTI E BRITO, 2003) até madeira para serraria e laminação (IBÁ, 2014).

Considerando a importância do milho, do girassol e do eucalipto e a necessidade de se desenvolver sistemas de produção mais sustentáveis, ainda há vários questionamentos sobre o comportamento dessas espécies combinadas e interagindo dentro de um sistema. Dentre esses questionamentos, indagam-se sobre as diversas combinações que podem ser feitas considerando as cultivares e variedades; os arranjos espaciais; os tratos culturais e o manejo; as condições edafoclimáticas e seu efeitos sobre a ciclagem de nutrientes, as doenças e pragas, o desempenho das culturas, assim como, o retorno econômico, a contribuição ambiental e social.

Diante deste contexto este trabalho visou avaliar o desempenho dessas três culturas em um sistema integrado lavoura-floresta no ano de implantação, além de compará-los com os seus respectivos monocultivos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

O Brasil possui áreas legalmente instituídas pelo Poder Público chamadas de Unidades de Conservação (UCs), que podem ser classificadas como de proteção integral ou uso sustentável. As unidades de proteção integral têm por objetivo preservar a natureza, na qual é possível usufruir os seus recursos naturais apenas de forma indireta com exceções previstas na Lei Nº 9985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). As unidades de uso sustentável, por sua vez, visam compatibilizar a conservação da natureza com o uso parcial de seus recursos naturais de forma sustentável (BRASIL, 2000).

Entendem-se como unidades de conservação, todas as áreas protegidas que possuem regras próprias de uso e de manejo, com a finalidade própria de preservação e proteção de espécies vegetais ou animais, de tradições culturais, de belezas paisagísticas, ou de fontes científicas, dependendo da categoria em que se enquadra (SCHENINI *et al.*, 2004).

A criação de uma UC pode se dar nas esferas federal, estadual ou municipal, sendo que os órgãos ambientais de cada esfera são responsáveis pela administração e fiscalização das mesmas. Para a criação de uma UC é necessário a realização de estudos técnicos e consulta pública para poder definir a dimensão e os limites mais adequados para cada unidade. Todas as UCs devem possuir plano de manejo que regulamente o seu uso estabelecendo os zoneamentos, orientando o manejo dos recursos naturais e da implantação de estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (BRASIL, 2000).

No Brasil existem 320 unidades de conservação federais geridas pelo Instituto Chico Mendes (ICMBio), destas apenas 198 (61,9%) possuem plano de manejo, mesmo após quinze anos da publicação da Lei Nº 9985/2000 (ICMBio, 2015). No Paraná, das 68 unidades de conservação estaduais, apenas 37 (54,4%) possuem o plano de manejo elaborado, o qual o órgão responsável pela administração das mesmas é o Departamento de Unidades de Conservação (DUC) do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (IAP, 2015).

Existem muitos desafios referentes às UCs, tanto em relação à capacidade dos órgãos públicos em criar os planos de manejo, quanto, principalmente, à

implementação e fiscalização das práticas regulamentadas e estabelecidas pelo mesmo. Segundo Lima *et al.* (2005), as unidades de conservação que são criadas sem perspectiva de implantação provocam inúmeros problemas regionais como desapropriação sem indenização, lucro e produção cessante, desestabilização cultural, paralisação do processo de desenvolvimento regional, culminando com a insatisfação regional e desgaste do nome e imagem institucionais.

2.1.1 Área de Proteção Ambiental (APA)

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) pertencem à categoria de unidade de uso sustentável, sendo definidas como áreas em que há certo grau de ocupação humana e dotadas de atributos ambientais importantes para assegurar o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas, devendo ser manejadas de forma sustentável e de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo órgão ambiental responsável pela mesma (BRASIL, 2000).

A APA Estadual do Iraí, na qual foi realizado este trabalho, foi instituída pelo Decreto Estadual Nº 1753/1996, e abrange quatro municípios: Colombo, Piraquara, Pinhais e Quatro Barras, totalizando uma área de 11.536 ha. Seu principal objetivo é proteger e conservar a quantidade e qualidade da água na área de manancial da bacia hidrográfica do rio Iraí, para fins de abastecimento público (PARANÁ, 1996).

Algumas atividades ficam proibidas ou restringidas nessas unidades de conservação, como por exemplo, atividades industriais, terraplanagem, mineração e o uso de agrotóxicos (PARANÁ, 1996), exigindo adaptações e novas tecnologias que visem o desenvolvimento ordenado e sustentável.

Em 2000, foi publicado o Decreto Estadual Nº 2200/2000, que acresce o nome do município de Campina Grande do Sul que foi omitido no decreto de 1996, e aprova o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da APA Estadual do Iraí (PARANÁ, 2000). Apesar do ZEE especificar quais são os tipos de zoneamentos, suas definições, o que é permitido e proibido em cada zona, ainda é necessário a publicação do plano de manejo para orientar as atividades que podem ser realizadas no ZEE.

2.2 DESAFIOS DO SETOR AGROPECUÁRIO

Estima-se que a população irá aumentar aproximadamente 34% até 2050, passando de 6,8 a 9,1 bilhões de pessoas. O consumo de calorias *per capita* também tende a aumentar com o aumento da renda e da urbanização, o que refletirá no aumento da demanda por alimentos, fibras, forragens / ração e combustíveis. O crescimento populacional será maior nos países em desenvolvimento, por isso a demanda por produtos agropecuários também será maior nesses países equivalendo à 77%, enquanto no mundo todo esse aumento na demanda representa 60% (FAO/OECD, 2012).

O aumento das pressões ambientais como as limitações para a conversão de novas áreas para a agricultura, a ocorrência mais frequente de eventos climáticos extremos além da quantidade de áreas degradadas no mundo (aproximadamente 25%), colocam a produção agropecuária sustentável como uma das principais ferramentas para superar esses desafios (FAO/OECD, 2012).

Em muitas regiões já está sendo observado o aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos como secas, chuvas fortes, inundações, aumento na temperatura máxima média, sendo essa a tendência para o futuro devido às mudanças climáticas (PORTER et al., 2014 *apud*. LIPPER et al., 2014)¹.

Pingali (2012) comenta que uma nova revolução verde está surgindo, dessa vez para atender às necessidades atuais com foco principalmente em aumentar a tolerância das culturas agrícolas aos estresses climáticos (secas e inundações) e bióticos (pragas e doenças), e elevar a produtividade de pequenos produtores rurais.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) criou o mecanismo *Climate-Smart Agriculture* (CSA) para transformar e reorientar sistemas de produção eficazes e sustentáveis que sejam capazes de garantir o desenvolvimento e a segurança alimentar diante das mudanças climáticas (FAO, 2013).

O CSA enfatiza sistemas de produção que se baseiam em serviços ambientais que promovam a produtividade, adaptação e mitigação como, por exemplo: a integração de sistemas de lavoura, pecuária, aquicultura e agroflorestas; melhorias no

¹ Porter, J. R. et al. in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects* (eds Field, C. B. et al.) 485–533 (IPCC, Cambridge Univ. Press, 2014).

manejo de pragas, água, nutrientes, pastagens e florestas; cultivo mínimo e uso de diversas variedades e espécies (LIPPER *et al.*, 2014).

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) podem aumentar a produtividade e o vigor das lavouras, reduzindo a quantidade de *inputs* externos, aumentar a estabilidade econômica e a diversidade, e reduzir a poluição ambiental causada pela agricultura (FRANZLUEBBERS, 2007). Além disso, o SIPA também tem a capacidade de fortalecer os produtores rurais, tornando-os competitivos no mercado mundial (SULC e TRACY, 2007).

2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Sistemas podem ser definidos como a combinação de elementos unidos por uma forma de interação ou interdependência. A teoria de sistemas considera a perspectiva de analisar os fenômenos com um todo e não simplesmente a soma das partes dos elementos, se fundamentando na ideia de que o comportamento de um elemento sozinho é diferente do seu comportamento ao interagir com outros elementos. Essa perspectiva requer que haja um diálogo entre o holismo e o reducionismo (MELE *et al.*, 2010).

O sistema de produção no contexto agrícola é:

“... composto pelo conjunto de sistemas de cultivo e/ou de criação no âmbito de uma propriedade rural, definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão-de-obra) e interligados por um processo de gestão” (HIRAKURI *et al.*, 2012).

Os sistemas de cultivo se referem às práticas de manejo associadas à uma determinada espécie vegetal, enquanto sistemas de produção são conjuntos de sistemas de cultivo, podendo ser do tipo: monocultura ou produção isolada, sucessão de culturas, rotação de culturas, consorciação de culturas ou policultivo e sistema integrado (HIRAKURI *et al.*, 2012).

Ao estudar sistemas entra-se na questão do paradigma da complexidade, que segundo Edgar Morin os paradigmas são como uma matriz de pensamento, são o que há de mais poderoso sobre as ideias, e a complexidade é a incerteza da verdade, por exemplo, a incomensurabilidade das interações entre unidades elementares (SERVA *et al.*, 2010). O método da complexidade não parte de certezas fundamentadas como

o método positivista que parte do princípio de saber para prever e prever para prover, ele parte da desordem, confusão, incerteza e ignorância, reconfigurando o pensamento simplificador que reduz e unidimensionaliza a realidade (ARRIAL e CALLONI, 2010).

O paradigma da complexidade se baseia principalmente no conceito de auto-organização, segundo Edgar Morin, existe uma relação direta entre o número de eventos e a capacidade do sistema de absorvê-los, e por meio da auto-organização, evoluir. Ou seja, a complexidade de um sistema dependerá da sua capacidade de absorver esses eventos (SERVA *et al.*, 2010).

2.3.1 Sistemas de Produção Convencionais

É mundialmente conhecido como sistema de produção convencional, aquele cujo manejo da atividade agropecuária ocorre por meio do uso de maquinários; organismos melhorados e/ou modificados geneticamente; fertilizantes, pesticidas e herbicidas sintéticos; reduzido número de culturas agrícolas e rotações; plantio em larga escala. Tecnologias essas, que foram destaques durante a revolução verde, tendo consequências tanto boas quanto ruins para a sociedade e o meio ambiente (DAVES *et al.*, 2012; PINGALI, 2012; SULC e TRACY, 2007; FRANZLUEBBERS, 2007; PIMENTEL *et al.*, 2005; RASUL e THAPA, 2004).

Os produtores rurais que aumentaram a eficiência ao expandir e especializar as operações conseguiram obter vantagens com a economia de escala ou ao identificar nichos do mercado que mantivessem os seus lucros (DIMITRI *et al.*, 2005). Estima-se que aproximadamente 20 milhões de km² deixaram de ser convertidos em área para agricultura desde 1950, devido à intensificação do sistema de produção e consequentemente o aumento da produção por área (HASSAN *et al.*, 2005).

Por outro lado, o sistema de produção convencional aumentou a pressão sob o meio ambiente acarretando na poluição dos recursos hídricos, atmosférico e na degradação dos solos devido à falta de manejo correto da irrigação; adubação; controle de pragas, doenças, plantas invasoras e do preparo do solo, a partir do uso excessivo de *inputs*, ou então, pela expansão da área agrícola em regiões que não possuem a capacidade de sustentar altos níveis de intensificação como, por exemplo, em áreas declivosas (PINGALI, 2012; DIMITRI *et al.*, 2005).

2.3.2 Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Os sistemas agroflorestais (SAFs), por definição, são sistemas de produção que combinam intencionalmente árvores com culturas agrícolas e/ou animais, em uma mesma área seguindo um arranjo espacial e temporal (SILVA, 2013; LUNDGREEN E RAIN TREE, 1983).

Essa prática ocorre há séculos, principalmente nas regiões tropicais onde se concentram a maior variedade de SAFs (SILVA, 2013), entretanto, o uso de árvores em paisagens agrícolas começou a ser reconhecido e incorporado nas pesquisas nacionais e agendas de desenvolvimento em muitos países emergentes durante as décadas de 80 e 90, pois se apresentou como uma técnica apropriada para a mitigação de problemas ambientais como a erosão do solo, deterioração da qualidade da água, invasão de espécies exóticas, alterações nos nutrientes e nos fluxos d'água, causados pelos sistemas de produção com altos *inputs* (NAIR, 2011).

Em geral, os SAFs em países subdesenvolvidos nas regiões tropicais são voltados para pequenos produtores rurais, para produções de subsistência e/ou em áreas com solos degradados, no qual a árvore no sistema de produção tem por função melhorar a qualidade do solo promovendo a segurança alimentar e nutricional. Já nos países desenvolvidos nas regiões temperadas tendem a aderir aos SAFs primeiramente por seus serviços ambientais (NAIR, 2011).

Os SAFs podem ser classificados de acordo com a natureza de seus componentes como silviagrícola, silvipastoril ou agrossilvipastoril. O primeiro é a combinação de árvores com culturas agrícolas, o segundo a combinação de árvores com a criação de animais e o último é a combinação de ambos os componentes, agrícola e animal, seguindo uma ordem temporal no sistema (SILVA, 2013).

A abordagem sistêmica dos componentes é fundamental para orientar a condução e o manejo dos cultivos, contribuindo com a sustentabilidade dos mesmos. Essa concepção sistêmica facilita o entendimento das relações interespecíficas que ocorrem ao longo do tempo e os impactos resultantes do manejo de cada compartimento ou do sistema como um todo (SILVA, 2013).

2.3.3 Sistemas Integrados

A integração entre sistemas de cultivo de diferentes finalidades como a lavoura, a pecuária e a floresta em uma mesma gleba também é chamado de sistemas integrados (HIRAKURI *et al.*, 2012), ou então, de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), este último termo foi designado pelo Governo Federal do Brasil ao desenvolver suas políticas públicas como o Plano ABC (Plano Nacional para um Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) que tem entre as metas desenvolver o ILPF no país (BRASIL, 2012), e com a criação da Lei Nº 12.805, de 29 de abril de 2013 que institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (BRASIL, 2013).

O termo ILPF é considerado inadequado por Carvalho *et al.* (2014), por acrescentar a sigla “F” para especificar a floresta e por sugerir a compartimentalização dos componentes envolvidos. Os autores recomendam a utilização do termo Integração Lavoura-Pecuária (ILP) para a literatura técnica, por ser um termo coloquial e por não dar margem à criação de outras siglas que podem comprometer o bem da comunicação científica e da tarefa acadêmica.

Carvalho *et al.* (2014) ressaltam que apesar de haver diversas definições e siglas, todos se tratam do mesmo sistema e, por isso, não deveriam tratar o mesmo assunto de modo tão diverso, pois resulta em imprecisão, o que é inapropriado para a comunicação técnico-científica. Assim, eles sugerem o uso do termo Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) na literatura científica, para que a comunidade científica contemple linguagem comum de difusão global com referência à FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*).

O termo SIPA considera que há a intenção deliberada de explorar os sinergismos dos sistemas, ou seja, que “o todo seja maior do que a soma das partes”. Segundo os autores, o planejamento dos arranjos no tempo e espaço visando o sinergismo do sistema são diferentes daqueles sistemas que visam puramente à rotação de culturas com outros propósitos, ou à simples exploração mais eficiente do espaço e diversificação da renda (CARVALHO *et al.*, 2014).

Visando manter a recomendação dos autores citados nos parágrafos anteriores este trabalho utilizará como terminologia padrão o Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA).

2.4 CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea da família *Poaceae*, com metabolismo do tipo C4 caracterizado por apresentar alta eficiência na utilização da luz e do gás carbônico (CO₂) (MAGALHÃES et al., 2002). A temperatura ideal para que o milho tenha um bom desenvolvimento e crescimento desde a sua germinação até a floração é de 24 a 30 °C. As exigências térmicas até a fase de polinização variam de acordo com o tipo da cultivar, cultivares normais necessitam de 890-1200 graus-dias (GD), as precoces, de 831 a 890 e as superprecoces, de 780 a 830 GD (CRUZ et al., 2006).

O milho pode ser semeado em regiões com precipitação anual de 250 mm até 5000 mm, sendo que seu consumo de água durante o ciclo de vida é de aproximadamente 600 mm (CRUZ et al., 2006).

É uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, sendo usada principalmente para a alimentação animal de bovinos, aves e suínos, além de ser importante para a alimentação humana e servir de matéria-prima para muitos produtos industrializados como corantes, plásticos, adesivos, antibióticos, etanol e outros (NCGA, 2013).

A tecnologia desenvolvida para aumentar a produtividade do milho é uma das mais avançadas ao se comparar com outras culturas, estima-se que o índice de colheita esteja em torno de 50% o que é um valor elevado ao se comparar com plantas como as leguminosas e oleaginosas (SHARMA-NATU E GILDIYAL, 2005). Apesar de todo o potencial e o desenvolvimento tecnológico do manejo do milho já ter permitido se obter produtividades acima de 16 ton.ha⁻¹ no Brasil (CRUZ, 2006) e 24,7 ton.ha⁻¹ nos Estados Unidos da América (EUA) (COELHO et al., 2004), as produtividades médias ainda são baixas. No Brasil a produtividade média da safra 2013/14 foi de aproximadamente 5,1 ton.ha⁻¹ (CONAB, 2015), já nos EUA, que é o maior produtor de milho no mundo a produtividade média da safra 2012/13 foi de 7,7 ton.ha⁻¹ (NCGA, 2013).

Conseguir alcançar o ótimo de fatores como a adubação, o histórico da área, a escolha do híbrido, a população de plantas, a qualidade físico-química do solo, o manejo de pragas, doenças e plantas daninhas e as condições climáticas (COELHO et al., 2004), é muito difícil no campo o que justifica porque a média de produtividade é baixa ao se comparar os valores recordes já registrados.

Marchão *et al.* (2005), estudaram seis híbridos de milho sob diferentes densidades de plantio e verificaram a maior média de produtividade na maior densidade (97.777 plantas.ha⁻¹) para o híbrido AG9010. Dependendo do híbrido o uso de espaçamento reduzido entre linhas (0,45 m) é uma prática que garante aumentos de produtividade via incremento na densidade de plantas. Os autores indicam que em lavouras com alto nível de manejo e situadas regiões com características climáticas favoráveis, alguns híbridos podem ter o potencial de seus genótipos subutilizados em densidades de 50 e 70 mil plantas por hectare.

A produtividade do milho em sistemas agroflorestais pode ser alterada por fatores como: o sombreamento causado por grevilea (*Grevillea robusta*) (LOTT *et al.*, 2009), a incorporação da biomassa de podas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) (AKINNIFESI *et al.*, 2006), diferentes espécies arbóreas como o álamo (*Populus* sp.) e o acer (*Acer sacharrinum*) (REYNOLDS *et al.*, 2007) ou então do eucalipto (*E. urograndis*) e a acácia-negra (*Acacia mearnsii*) (VIEIRA e SCHUMACHER, 2011), assim como com diferentes clones de eucalipto e diferentes distâncias da linha da lavoura em relação à linha da árvore (MACEDO, 2006).

2.5 CULTURA DO GIRASSOL

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertence à família *Asteraceae* sendo uma das oleaginosas mais importantes do mundo, cujo óleo contém maiores concentrações de vitamina E do que qualquer outro óleo vegetal (VANAJA, 2011). Além disso, é uma planta que apresenta boa resistência ao frio, ao calor e à seca, podendo ser cultivada amplamente em diferentes condições edafoclimáticas, sendo seu rendimento pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo, sendo muito utilizada em cultivos de safrinhas para rotação de culturas nas regiões produtoras de grãos (CASTRO *et al.*, 1996).

As temperaturas médias ideais para o bom desenvolvimento do girassol variam de 11 °C a 24 °C, sendo que abaixo ou acima dessas médias os rendimentos começam a decair. Estima-se que a planta consome em torno de 400 a 500 mm de água durante o seu ciclo e se adapta praticamente a qualquer tipo de solo, entretanto, solos compactados, muito alcalinos ou muito ácidos diminuem a sua produtividade, e seus maiores rendimentos se encontram em solos com pH próximo a 6,0, profundos,

bem drenados, com boa quantidade de matéria orgânica e cálcio, e baixo teor de alumínio. (ROSSI, 1998).

Em 2013 foi a quarta cultura oleaginosa com maior área cultivada no mundo (25.453.575 ha), ocupando o sétimo lugar em maior produção (44,55 Mt), os países com maiores produções de girassol são a Federação Russa e a Ucrânia, já o Brasil se encontra em 28º lugar referente à produção de 2013 (FAOSTAT, 2015).

A produtividade média do girassol no Brasil é de 1597 kg.ha⁻¹ com base na safra 2013/14 (CONAB, 2015). Sendo que foram encontrados valores de produtividade de 4056 kg.ha⁻¹ por Göksoy (2004) que testou a influência da irrigação no desempenho do girassol e verificou que a maior produtividade foi no tratamento em que houve irrigação em todo o ciclo da cultura sem sofrer déficit hídrico. E outra produtividade elevada foi a encontrada no experimento de Oliveira (2013) no qual o híbrido NTO 2.0 apresentou produtividade média de 5098 kg.ha⁻¹ em monocultivo.

O girassol é utilizado principalmente para a produção de óleo comestível, sendo também utilizado para a alimentação de animais (ROSSI, 1998) e para a extração de óleo para a produção de biodiesel (BACKES, 2008). Os seus grãos também são usados em confeitarias, na produção de pães, bolos, biscoitos, ou então são consumidos torrados. Um mercado que está começando a se destacar é o de girassol ornamental. E indiretamente, o plantio de girassol favorece apicultores com mel de excelente qualidade, e a lavoura também se beneficia com a polinização realizada pelas abelhas (EMBRAPA, 2015).

A interação entre o espaçamento e a adubação influencia a produtividade do girassol, sendo que maiores adubações permitem obter maiores produtividades em menores espaçamentos (KHAKWANI, 2014; AL-THABET, 2006). Ao avaliar apenas a influência do espaçamento, tem-se a redução da produtividade com o aumento do espaçamento (SILVA *et al.*, 2009; JAHANGIR *et al.*, 2006).

O número de pesquisas envolvendo a cultura do girassol em sistemas lavoura-floresta é muito menor ao se comparar com os estudos envolvendo o milho. Oliveira (2013) comparou a produtividade do girassol em diferentes distâncias da linha da lavoura em relação à linha do eucalipto. Já Calil (2008) quantificou a biomassa e o teor de nutrientes por compartimentos do girassol em um sistema consorciado com eucalipto (CALIL, 2008).

2.6 CULTURA DO EUCALIPTO

As árvores conhecidas popularmente por eucalipto pertencem à família das *Myrtaceae* e abrangem três gêneros, o *Eucalyptus*, *Corymbia* e *Angophora* contemplando juntos mais de 700 espécies quase todas originárias da Austrália (ANPSA, 2015). As principais espécies cultivadas no Brasil são o *E. grandis*, *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. saligna*, *E. urophylla* e o híbrido *E. urograndis* (CÂMARA SETORIAL DE SILVICULTURA, 2009).

As espécies de eucalipto são as mais plantadas no Brasil em relação às demais utilizadas para fins comerciais no país. Em 2013, a área com eucalipto correspondeu a 72,0% (5,47 milhões de hectares) das florestas plantadas, com uma produção de 138,2 milhões de metros cúbicos. Seu maior uso é para a indústria de celulose (40,96%), seguido da lenha industrial (30,26%) e do carvão (17,02%). Sua madeira também é muito utilizada para a fabricação de painéis reconstituídos (4,65%), para a serraria (4,97%), como madeira tratada (1,32%), cavacos e outros (0,82%) (IBÁ, 2014).

Sua ampla ocorrência nos plantios comerciais se deve à grande capacidade de adaptação, rápido crescimento, alta produtividade e o uso para diferentes finalidades (WREGGE *et al.*, 2009).

O Brasil é destaque no cenário de florestas plantadas com eucalipto, pois é o país com a maior produtividade média ($38,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) seguido da Indonésia ($25,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) e a Austrália ($22,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). Isso se deve principalmente às condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento do eucalipto e ao grande investimento em tecnologia pelas empresas e instituições de pesquisa (IBÁ, 2014).

O espaçamento é uma característica dos plantios florestais muito importante já que influencia diretamente nos tratamentos silviculturais, na taxa de crescimento, no volume, no sortimento, na taxa de mortalidade e dominância, refletindo também nos custos e em outros aspectos (SANQUETTA *et al.*, 2003).

BERGER *et al.* (2002) avaliando um clone de *E. saligna* sob efeito de três espaçamentos e duas doses de adubação de base com fosfato natural ativado aplicados a lanço, observaram-se em avaliações dos três aos dez anos de idade que apenas o espaçamento influenciou nas variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), volume sem casca individual (vsc), volume sem casca por hectare (Vsc). Sendo que a altura foi a variável menos influenciada pelo espaçamento, e no

maior espaçamento registrou-se a maior média para o diâmetro e volume individual, e menor média para o volume por hectare.

Ao se avaliar o desempenho do eucalipto em sistemas agroflorestais como por exemplo a interação do eucalipto (*E. urograndis*) e acácia-negra (*Acacia mearnsii*) combinados em diferentes proporções em um sistema agroflorestal com milho, sendo o espaçamento utilizado de 1,5 m x 4,0 m, foi verificado que o crescimento inicial da acácia-negra é maior do que o do eucalipto aos 10 meses de idade, porém, aos 18 meses a biomassa de folhas da acácia-negra foi menor ao ser combinada com o eucalipto, do que em seu plantio homogêneo, evidenciando a competição interespecífica (VIEIRA e SCHUMACHER, 2011; KLEINPAUL *et al.*, 2010).

2.6.1 *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage

A maioria das espécies do gênero *Eucalyptus* é sensível a geadas e por isso o desenvolvimento do eucalipto em regiões de clima temperado ou subtropicais não é tão pronunciado (WREGGE *et al.*, 2009). Mas as espécies *E. benthamii*, *E. dunnii*, *E. saligna* e *E. grandis* têm demonstrado grande potencial comercial e de cultivo em regiões frias sujeitas a geadas (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006).

Estima-se que no Brasil a área plantada com *E. benthamii* seja de aproximadamente 10 mil hectares (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006). A ocorrência natural dessa espécie é ao oeste de Sidney na Austrália, sendo que em seu habitat natural o *E. benthamii* se encontra ameaçado de extinção devido à supressão de vegetação, desenvolvimento urbano, mudanças na intensidade e frequência de incêndios, plantas invasoras, perdas na capacidade de regeneração e impactos na integridade genética (OEI, 2013).

O *Eucalyptus benthamii* se desenvolve bem em condições climáticas com precipitação média anual de 730 a 1010 mm, temperatura média máxima de 26 a 30 °C, temperatura média mínima de -1 a 3 °C, temperatura média anual de 13 a 17 °C, com no máximo cinco meses sem chuvas, com chuvas regulares no verão (JOVANOVIĆ e BOOTH, 2002) e ocorrência de geadas leves (HIGA e PEREIRA, 2003).

É uma espécie com boa aptidão para fins energéticos (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2011), sendo a madeira moderadamente dura 0,47 g.cm⁻³ (NISGOSKI *et*

al., 1998), necessitando evoluir as pesquisas de melhoramento genético para identificar genótipos indicados para serraria (SILVA, 2008).

A madeira de *E. benthamii* aos seis anos de idade é considerada de baixa resistência, provavelmente devido à grande proporção de lenho juvenil nessa idade, não sendo indicada para o uso em estruturas (MÜLLER *et al.*, 2014). Também aos seis anos de idade o *E. benthamii* apresentou maiores valores para altura, diâmetro à altura do peito e volume individual conforme se aumentou o espaçamento 3 x 2 m, 3 x 3 m, 4 x 3 m, 4 x 4 m (BENIN, 2014), entretanto, nesse mesmo experimento aos três anos de idade, a altura e o volume individual não foram afetados pelos diferentes espaçamentos (BENIN *et al.*, 2014).

A Embrapa Florestas começou o programa de melhoramento genético com *E. benthamii* em 1988 no município de Colombo no Paraná, sendo a base genética da população Wentworth Falls estreita (7-10 árvores). Em 2005 a Embrapa Florestas importou 30 progênies da população Kedumba Valley, 6 progênies da população Bents Basin e sementes em *bulk* das fontes Crossley SSO e SSO Barclays Deniliquin, ampliando assim a base genética disponível para a Seleção Recorrente Intrapopulacional (SRI). A Embrapa Florestas possui uma Área de Coleta de Sementes com Matrizes Seleccionadas (ACS-MS) em Colombo (PR), uma Área de Produção de Sementes (APS Clonal) em Ponta Grossa e testes de progênies das populações importadas em 2005 nas cidades de Guarapuava e Ponta Grossa (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2011).

3 CAPÍTULO I

Componentes de rendimento e produtividade de milho e girassol entre renques de eucalipto em um sistema integrado de produção agropecuária

Yield components and grain yield of maize and sunflower among inter-lines of eucalyptus in an integrated crop-livestock system

**Aline Yabusame Utima^I Adelino Pelissari^{II} Sebastião Brasil Campos Lustosa^{III}
Claudete Reisdörfer Lang^{II} Edilson Batista de Oliveira^{IV} Anibal de Moraes^{II}
Rubia Luciane Dominschek Lima^I**

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do eucalipto (*Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage) sobre os componentes de rendimento e produtividade de milho (*Zea mays* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) em um sistema lavoura-floresta no ano de implantação e em monocultivo. Foram cinco tratamentos, quatro se basearam em duas distâncias (1,67 m e 4,82 m) e duas posições (esquerda e direita) da lavoura em relação à linha de eucalipto e o quinto se refere ao monocultivo. O delineamento experimental para os tratamentos do sistema lavoura-floresta foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (4,82E; 1,67E; 1,67D; 4,82D) e quatro repetições, comparando as médias pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, e também foram ajustadas regressões lineares. A comparação desses tratamentos com o monocultivo foi pelo teste de t para médias com variâncias heterogêneas. No sistema lavoura-floresta, tanto o milho quanto o girassol apresentaram diferenças significativas para a altura total, altura de inserção da primeira espiga e o número de grãos por espiga ou capítulo, as demais variáveis tiveram médias que não diferiram estatisticamente, inclusive a produtividade. O milho em monocultivo teve médias maiores do que em consórcio para a maioria dos

^I Programa de Pós-graduação em Agronomia: Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: alineyutima@gmail.com. Autor para Correspondência.

^{II} Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.

^{III} Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, PR, Brasil.

^{IV} Embrapa Florestas – Colombo, PR, Brasil.

componentes de rendimento e também para a produtividade. O girassol em monocultivo diferiu pouco em relação ao sistema lavoura-floresta.

Palavras-chave: Integração lavoura-floresta, sistema silviagrícola, *Helianthus annuus*, *Zea mays*.

ABSTRACT

This experiment tested the effects of Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage on the yield components and productivity of maize (Zea mays L.) and sunflower (Helianthus annuus L.) in the first year of an integrated crop-livestock system and in a monoculture system. There were five treatments, four were based on two distances (1.67 m and 4.82 m) and two sides (left and right) of the crop relative to the eucalyptus row and the fifth treatment refers to the monoculture. The experimental design of integrated crop-livestock system was randomized blocks with four treatments (4,82E; 1,67E; 1,67D; 4,82D) and four blocks. The means were compared by Tukey test at 0.05 confidence level and the data were also analyzed by linear regressions. The comparisons of those treatments with the monoculture were made by t-test with heterogeneous variance. Both maize and sunflower showed significant differences to plant height, ear height, and number of grains per ear or head, the others variables had equal means statistically, inclusive the productivity. The maize in monoculture had higher averages for most of the yield components comparing to the integrated system. The sunflower monoculture had fewer differences between the integrated system.

Key words: Integrated crop-forestry, agrisilviculture system, *Zea mays*, *Helianthus annuus*,

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) junto com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), o maior desafio a ser enfrentado pelo setor agropecuário no mundo é aumentar a produtividade de forma sustentável. Estima-se que em 2050 haverá 9,1

bilhões de pessoas no mundo, o que demandará um aumento de 60% da produção agrícola (OECD/FAO, 2012).

Uma das alternativas existentes para o desenvolvimento sustentável da agricultura são os sistemas integrados com árvores ou sistemas agroflorestais que, segundo SILVA (2013), são sistemas que envolvem o uso de espécies arbóreas combinadas intencionalmente às culturas agrícolas e/ou animais em uma mesma área, seguindo um arranjo espacial e/ou temporal.

Existem diversas definições e siglas para designar os sistemas de produção que envolvem o consórcio entre lavoura, pecuária e floresta, mas todos se tratam do mesmo sistema e, por isso, não deveriam tratar o mesmo assunto de modo tão diverso, pois resulta em imprecisão, o que não é apropriado para a comunicação técnico-científica (CARVALHO *et al.*, 2014).

Assim, os autores sugerem o uso do termo Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) na literatura científica para que a comunidade científica contemple linguagem comum de difusão global com referência à FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). Diante do exposto, este trabalho utilizará como terminologia padrão o Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA).

A inserção do componente arbóreo nas lavouras tem o potencial de recuperar áreas degradadas, sequestrar carbono, conservar a biodiversidade, enriquecer a fertilidade do solo, aumentar a qualidade dos recursos hídricos e do ar, além de diversificar a renda do produtor (JOSE, 2009; QUINKENSTEIN *et al.*, 2009; NAIR, 2007).

As demandas por produtos florestais madeireiros para biomassa, papel e celulose, painéis e serraria, assim como os produtos florestais não madeireiros (ex.: borracha, bambu, vime, plantas medicinais e aromáticas) também irão aumentar até 2030. Esse aumento refletirá principalmente na área de florestas plantadas, já que o desenvolvimento de novos métodos e tecnologias irá permitir o plantio de florestas exclusivamente em áreas degradadas, evitando assim a exploração de florestas nativas (FAO, 2009).

O milho (*Zea mays* L.) e o girassol (*Helianthus annuus* L.) são muito importantes no cenário mundial, sendo que o milho está entre as três principais culturas básicas

produzidas mundialmente (FAO, 2014) e o girassol foi em 2013 a quarta oleaginosa com a maior área cultivada no mundo (FAOSTAT, 2015).

O principal uso do milho é para a alimentação animal (bovinocultura, avicultura, suinocultura), mas também é importante para a alimentação humana e o suprimento de indústrias de alta tecnologia como para a fabricação de adesivos, corantes e biodiesel (NCGA, 2013). O girassol é utilizado principalmente para a alimentação humana na forma de óleo, também é utilizado para a alimentação animal na forma de grãos e produção de biodiesel (BACKES, 2008; ROSSI, 1998).

O rendimento do milho em sistemas lavoura-floresta foi avaliado segundo alguns fatores como: sombreamento do milho em consórcio com grevilea (*Grevillea robusta* Cunn.) (LOTT et al., 2009), diferentes espécies arbóreas como o eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) e a acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) (VIEIRA & SCHUMACHER, 2011), assim como com diferentes clones de eucalipto e diferentes distâncias da linha da lavoura em relação à linha da árvore (MACEDO, 2006).

O girassol em sistema lavoura-floresta foi avaliado por OLIVEIRA (2013) que comparou a produtividade em diferentes distâncias da linha da lavoura em relação à linha do eucalipto, e por CALIL (2008) que quantificou a biomassa e o teor de nutrientes por compartimentos do girassol em um sistema consorciado com eucalipto.

Mesmo diante de toda a importância dos sistemas lavoura-floresta e das culturas como o milho e o girassol, ainda há poucos estudos que avaliem o desempenho desses sistemas consorciados em relação aos sistemas em monocultivo, principalmente ao se considerar a possibilidade de haver diversas formas de arranjos, composições e tratos culturais em diversos tipos de solo, clima e nível tecnológico.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar os componentes de rendimento e a produtividade do milho e do girassol em diferentes distâncias em relação à linha do eucalipto e em relação aos seus monocultivos, no ano de implantação de um sistema lavoura-floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento faz parte do projeto realizado pelo Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA) localizado na Fazenda Experimental Cangüiri

da Universidade Federal do Paraná (UFPR) no município de Pinhais – PR. As coordenadas geográficas centrais aproximadas são 25°23'30" S de latitude, 49°07'30" W de longitude, com altitude média de 920 m. O clima, segundo Köppen, é do tipo Cfb – Temperado Húmido com Verão Temperado, caracterizado por apresentar precipitação média anual de 1400 mm, temperaturas médias máxima de 22,5 °C e mínima de 12,5 °C. Segundo o mapeamento de solos são encontradas nesta área as classes Cambissolos, Latossolos e suas associações, além de Organossolos e Gleissolos (SUGAMOSTO, 2002).

O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições para o sistema lavoura-floresta (LF). O monocultivo das lavouras (Lm) teve quatro repetições e foi um tratamento adicional para comparar as médias do LF em relação ao Lm. Ao total foram cinco tratamentos. No sistema LF foram avaliadas duas distâncias (1,67 e 4,82 metros) e dois sentidos (lado direito e esquerdo) em relação à linha do eucalipto, ficando os tratamentos: 4,82E; 1,67E; 1,67D; 4,82D, conforme a figura 1.

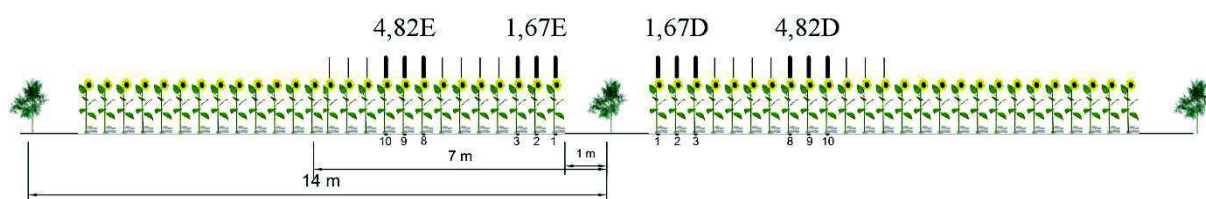


Figura 1- Croqui das parcelas de lavoura de milho e girassol com os tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF).

A amostragem para o milho foi de 3 linhas de 3 metros e para o girassol foi de 3 linhas de 1 metro por parcela, teoricamente, deveriam ter 180 unidades amostrais para o milho por tratamento e 60 unidades amostrais por tratamento para o girassol, porém, devido à mortalidade de plantas, foram amostrados um número menor de plantas por tratamento. As amostragens foram diferentes devido às condições operacionais, tanto por recursos humanos quanto temporal.

Tanto o milho (cultivar 2B655Hx) quanto o girassol (cultivar Aguará 04) foram semeados em sistema de plantio direto, sem o uso de herbicidas ou qualquer outro tipo de agrotóxico, pois a fazenda está localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual do Iraí. As semeaduras do milho e do girassol ocorreram nos dias 23 e 24 de setembro de 2013, e 07 e 08 de outubro de 2013, respectivamente. Anteriormente à semeadura das lavouras havia o consórcio de azevém (*Lolium*

multiflorum Lam.) cv. comum e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) cv. Embrapa 139 com a função de manter o solo coberto durante o inverno.

A semeadura das lavouras foi realizada de forma mecanizada com o espaçamento de 0,45 m entre linhas e cinco plantas por metro, totalizando uma densidade de aproximadamente 111.111 plantas.ha⁻¹. No sistema lavoura-floresta (LF) as linhas de eucalipto receberam espaçamento de 14 m x 2 m, totalizando, aproximadamente, 357 árvores.ha⁻¹. A espécie utilizada foi o *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, com mudas de origem seminal plantadas em outubro de 2013, recebendo uma adubação de cova de 200 g NPK 8:20:20 por muda.

A adubação da lavoura para ambas as culturas foi padronizada e determinada pela equipe técnica do NITA, baseada nas análises de solos e nas demandas das culturas agrícolas. Os fertilizantes foram aplicados em três etapas, a primeira no plantio utilizando-se 450 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples, a segunda com 400 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 25:0:25 quando as plantas tinham de 4 a 6 folhas, e quinze dias depois foi aplicado 200 kg.ha⁻¹ de ureia. As parcelas da lavoura em monocultivo (Lm) receberam os mesmos tratos culturais que as parcelas em consórcio.

A altura total foi medida quando as plantas se encontravam em seu máximo crescimento vegetativo, sendo para o milho a distância entre a superfície do solo até a ponta da inflorescência masculina, e para o girassol o comprimento rente ao solo até a inserção do capítulo. As outras variáveis foram medidas após a colheita que foi realizada nos dias 26 e 27 de março de 2014 para o milho e 1º de março de 2014 para o girassol.

Foram avaliados: i) estande final; ii) altura de inserção da primeira espiga; iii) diâmetro do colmo do milho; iv) diâmetro do capítulo do girassol, v) número de espigas ou capítulo por planta; vi) número de grãos por espiga ou capítulo; vii) peso de mil grãos e viii) produtividade.

As alturas foram medidas com uma vara de 2 metros graduada em milímetros, o diâmetro do colmo do milho foi medido com um paquímetro analógico e o diâmetro dos capítulos foram medidos com uma fita métrica. Todos os diâmetros foram medidos em duas direções perpendiculares entre si para se trabalhar com as suas médias. O peso de mil grãos foi determinado com a amostragem aleatória de mil grãos de todos os capítulos de girassol por parcela e quanto ao milho foram selecionadas aleatoriamente 10 espigas por parcela e dessas foram selecionadas aleatoriamente

mil grãos. Todas as pesagens foram feitas em uma balança digital com 0,01 g de precisão.

As produtividades do milho e do girassol foram obtidas pela extrapolação do peso da parcela para hectare, porém, para o tratamento lavoura-floresta (LF) a área efetiva da lavoura corresponde à 86% de um hectare, e sua produção por hectare foi calculada considerando essa proporção. Isso já implica na prática uma área de colheita da lavoura em sistema lavoura-floresta menor do que em monocultivo para 1 hectare. Os pesos de girassol foram ajustados para 11% de umidade e os de milho para 13%, após secagem em estufa a 60 °C até atingir peso constante.

Foram realizados três tipos de análises estatísticas. Para os tratamentos do sistema lavoura-floresta fez-se o teste de hipóteses pela Análise de Variância (ANOVA) e comparou-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, além disso os dados foram analisados por meio de regressão linear. Para comparar os tratamentos de LF em relação ao Lm fez-se o teste de t para médias com variâncias heterogêneas, pois o tratamento Lm não se encontra adjacente aos tratamentos do consórcio, sendo assim, não é possível considerá-lo dentro do bloco do sistema LF.

As análises estatísticas para o delineamento em blocos ao acaso e o teste de t foram realizadas no software R (versão 3.1.1, 2014), já as regressões lineares foram feitas no software Excel® 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos do sistema lavoura-floresta foram a altura total (milho e girassol), a altura de inserção da primeira espiga, e o número de grãos por espiga ou capítulo. As demais variáveis não apresentaram diferenças significativas entre as distâncias e posições em relação à linha do eucalipto (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação das médias das variáveis de milho e girassol no ano de implantação entre os tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

Cultivo	Variáveis	Sistema lavoura-floresta (LF)			
		4,82E	1,67E	1,67D	4,82D
Milho	Altura total (m)	2,37 a	2,16 b	1,93 c	2,24 ab
	Altura inserção 1ª espiga (m)	1,06 a	0,91 c	0,83 d	1,02 b
	Nº grãos / espiga	452 a	428 ab	364 b	472 ab
	Diâmetro do colmo (mm)	14,1	14,0	13,7	14,1
	Estande final (nº de plantas.m ⁻¹)	3,0	2,7	2,6	2,5
	Nº espigas / planta	0,90	0,97	0,99	1,01
	Peso mil grãos 13% (g)	291	296	289	287
	Produtividade 13% (kg.ha ⁻¹)	5.425	6.510	5.661	5.313
Girassol	Altura total (m)	1,91 a	1,58 b	1,51 b	1,54 b
	Nº grãos / capítulo	1.239 a	764 b	651 b	925 ab
	Estande final (nº de plantas.m ⁻¹)	2,5	1,4	2,6	1,7
	Nº capítulos / planta	1	1,1	1,1	1
	Diâmetro do capítulo (cm)	20,9	15,3	15,4	17,5
	Peso mil grãos 11% (g)	80	67	75	73
	Produtividade 11% (kg.ha ⁻¹)	1.853	989	2.195	1.024

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

A altura total (milho e girassol) e a altura de inserção da primeira espiga tenderam ser maiores nas plantas dos tratamentos centrais do que das bordas. Macedo *et al.* (2006) também verificaram menores alturas das plantas de milho dos tratamentos próximos à linha do eucalipto em relação às dos tratamentos mais longe. Eles atribuem a possível causa desse efeito devido à maior luminosidade no meio das linhas de plantio dos eucaliptos.

Com a maior competição por luz as plantas tendem a estimular a dominância apical (SANGOI e SALVADOR, 1998). Esses efeitos são observáveis em trabalhos que testam diferentes espaçamentos e densidades entre plantas, nos quais a média das alturas das plantas aumenta conforme aumenta a densidade de plantas e reduz o espaçamento, atingindo um valor máximo que varia de acordo com cada espécie, cultivar ou variedade. Após atingir esse valor máximo, a média das alturas começa a reduzir devido ao aumento da competição por água, nutrientes e luz (KHAKWANI *et al.*, 2014; ABUZAR *et al.*, 2011; XIAO *et al.*, 2006; MARCHÃO *et al.*, 2005).

O número de grãos por espiga e por capítulo apresentaram as maiores médias nos tratamentos centrais o que difere do encontrado na literatura. O aumento na densidade de plantas reduz o número de grãos por espiga (ARGENTA *et al.*, 2001;

PENARIOL *et al.*, 2003) e também reduz o número de grãos por capítulo (KHAKWANI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2009).

Ao comparar os tratamentos da lavoura-floresta (LF) em relação à lavoura-monocultivo (Lm) tem-se que o monocultivo de milho apresentou médias superiores ao da LF para a maioria das variáveis analisadas. Já o girassol apresentou poucas variáveis com diferenças estatisticamente significativas entre Lm e LF (Tabela 2).

Tabela 2 - Comparação das médias das variáveis de milho e girassol dos tratamentos da lavoura-floresta (LF) em relação à lavoura em monocultivo (Lm) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

Cultivo	Variáveis	Lm	Sistema lavoura-floresta (LF)			
			4,82E	1,67E	1,67D	4,82D
Milho	Altura total (m)	2,50	2,37 **	2,16 ***	1,93 ***	2,24 ***
	Altura inserção 1ª espiga (m)	1,12	1,06 ***	0,91 ***	0,83 ***	1,02 ***
	Diâmetro do colmo (mm)	16,0	14,1 ***	14,0 ***	13,7 ***	14,1 ***
	Estande final (nº de plantas.m ⁻¹)	3,4	3,0 *	2,7 ***	2,6 ***	2,5 ***
	Produtividade 13% (kg.ha ⁻¹)	9.174	5.425 ***	6.510 **	5.661 **	5.313 **
	Nº grãos / espiga	429	452 ns	428 ns	364 *	472 ns
	Nº espigas / planta	1,01	0,90 ***	0,97 ns	0,99 ns	1,01 ns
	Peso mil grãos 13% (g)	291	291 ns	296 ns	289 ns	287 ns
Girassol	Altura total (m)	1,83	1,91 ns	1,58 ***	1,51 ***	1,54 **
	Nº grãos / capítulo	1.058	1.239 ns	764 *	651 ***	925 ns
	Estande final (nº de plantas.m ⁻¹)	2,5	2,5 ns	1,4 *	2,6 ns	1,7 ns
	Nº capítulos / planta	1	1 ns	1,1 ns	1,1 ns	1 ns
	Diâmetro do capítulo (cm)	16,7	20,9 **	15,3 ns	15,4 ns	17,5 ns
	Peso mil grãos 11% (g)	60	80 ns	67 ns	75 ns	73 ns
	Produtividade 11% (kg.ha ⁻¹)	3.273	1.853 ns	989 ns	2.195 ns	1.024 ns

Médias com asteriscos se diferem da lavoura em monocultivo pelo teste de t. Tratamento Lm = lavoura monocultivo. ns Não significativo. * Significativo a 10%. ** Significativo a 5%. *** Significativo a 1%.

O milho em monocultivo (Lm) apresentou médias maiores para altura total, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, estande final, número de espigas por planta e produtividade em relação à todos os tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF).

Quanto ao girassol, a lavoura em monocultivo não apresentou tantas variáveis diferentes em relação ao sistema lavoura-floresta como o milho, talvez pela menor intensidade amostral aplicada e maior heterogeneidade da população, que provavelmente foi causado pela menor capacidade competitiva do girassol contra as plantas invasoras e pela forte incidência do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em um dos blocos avaliados.

A produtividade do milho tanto em consórcio quanto em monocultivo ficou acima da média nacional que foi de aproximadamente 4.783 kg.ha^{-1} na primeira safra de 2013/2014 (CONAB, 2015b). Ao comparar com a média do Estado do Paraná que foi de 8.156 kg.ha^{-1} (CONAB, 2015b), a produtividade do milho em monocultivo (Lm) também foi superior (9.174 kg.ha^{-1}), porém as da lavoura-floresta (LF) foram inferiores (5.313 a 6.510 kg.ha^{-1}).

O girassol também apresentou médias de produtividades nos tratamentos Lm (3.273 kg.ha^{-1}) e LF (989 a 2195 kg.ha^{-1}) superiores à média nacional (1.597 kg.ha^{-1}) na safra de 2013/2014 (CONAB, 2015a).

Ressalta-se que as produtividades dos tratamentos no sistema lavoura-floresta foram estimadas considerando que a lavoura ocupa 86% de um hectare. Os resultados de produtividade obtidos neste trabalho demonstram o bom desempenho do manejo empregado, como o plantio direto sem uso de herbicidas e outros agrotóxicos, ao comparar com as médias do Brasil e do Paraná.

Mesmo não havendo diferença significativa das produtividades entre os tratamentos do sistema lavoura-floresta, observa-se a tendência (Figura 2 e 3) dos tratamentos das bordas serem maiores do que os dos centros no ano de implantação, provavelmente devido à maior interceptação da radiação solar ao longo do perfil da planta, o que promove o aumento na taxa fotossintética e consequentemente o aumento na produção.

SIMÃO et al. (2012) avaliaram o rendimento de grãos de milho com braquiária em cinco distâncias da linha do eucalipto no ano de implantação do sistema e verificou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, sendo a produtividade média de 8.284 kg.ha^{-1}

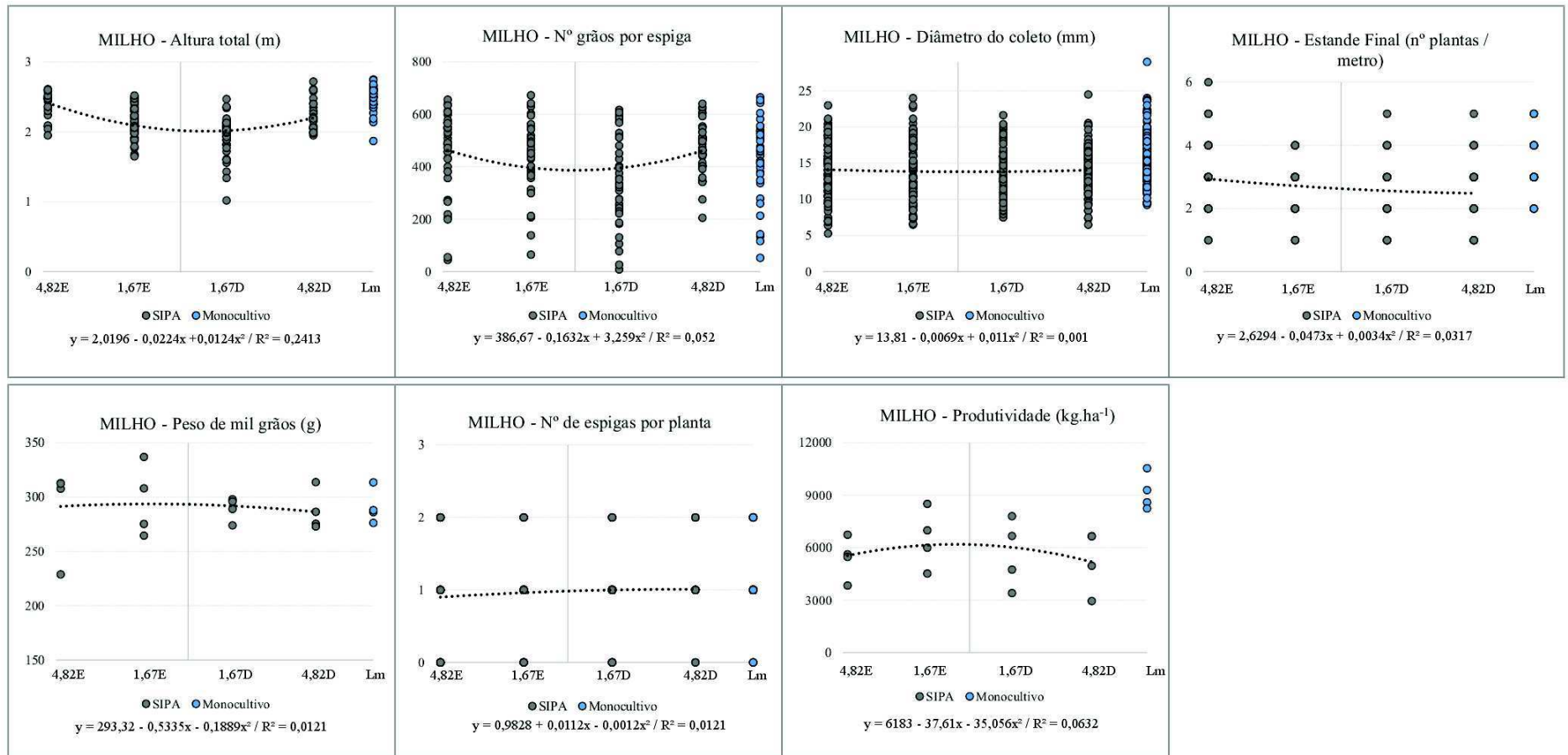


Figura 2 - Regressões lineares das variáveis de milho nos tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF) e lavoura monocultivo no ano de implantação (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

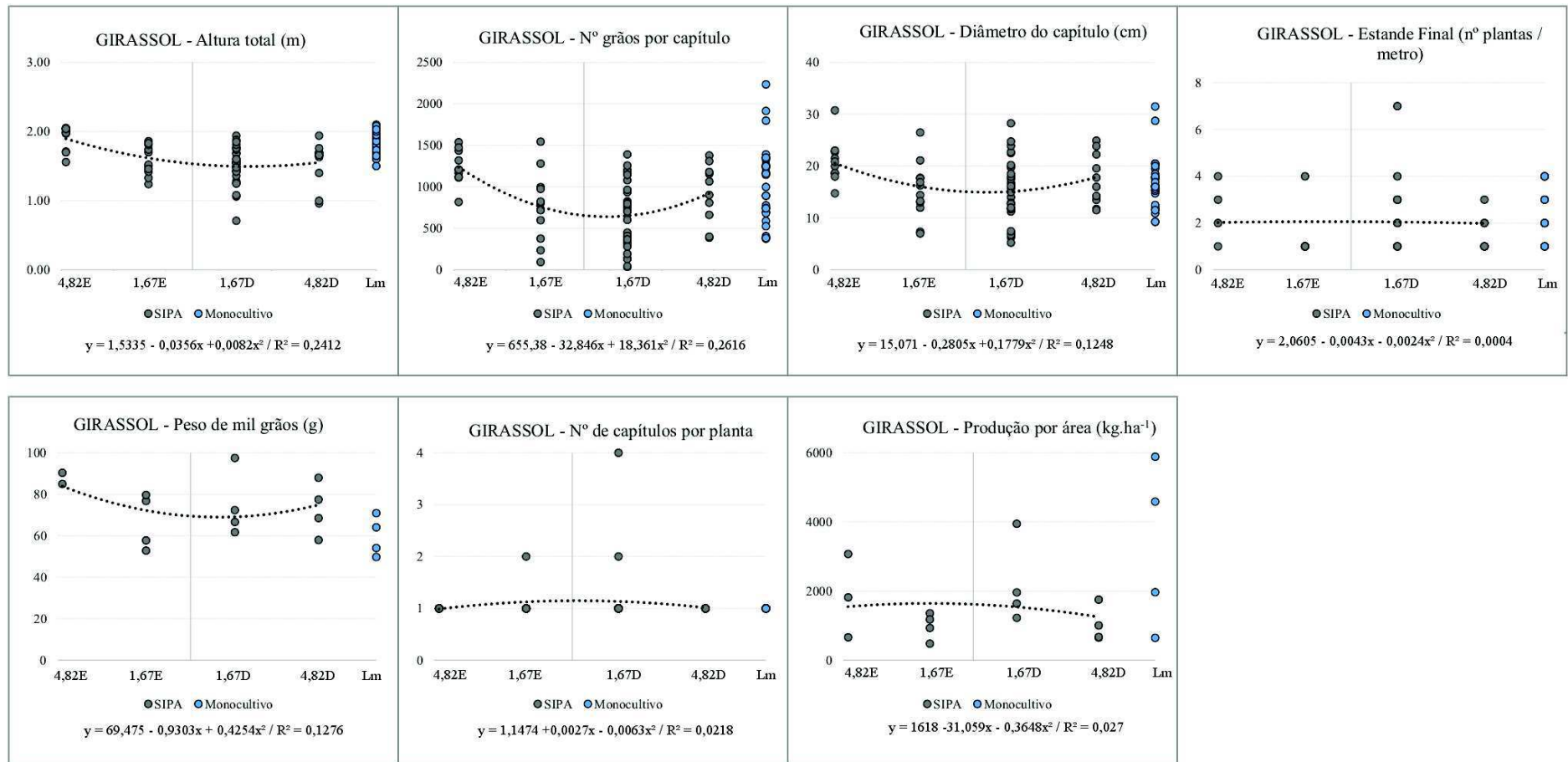


Figura 3 - Regressões lineares das variáveis de girassol nos tratamentos do sistema lavoura-floresta (LF) e lavoura monocultivo (Lm) no ano de implantação. (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014)

VIEIRA e SCHUMACHER (2011), também avaliaram a produtividade do milho no primeiro ano do sistema lavoura-floresta e também não encontraram diferença significativa entre as linhas próximas ao eucalipto em relação às linhas centrais, sendo que a produtividade média do milho variou de 1.760,9 a 1.925,2 kg.ha⁻¹, essa baixa produtividade provavelmente foi devido à ocorrência de déficit hídrico durante o experimento.

CONCLUSÕES

No primeiro ano do sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) de lavoura-floresta deste trabalho, não há diferenças de produtividades do milho e do girassol nas diferentes distâncias em relação à linha de eucalipto.

Observa-se que há um efeito semelhante ao de bordadura nas alturas e número de grãos por espiga e por capítulo das plantas de milho e girassol dos tratamentos mais próximos à linha do eucalipto.

A lavoura de milho em monocultivo (Lm) apresenta, para a maioria dos componentes de rendimento, médias superiores aos do tratamento lavoura-floresta (LF). Sendo a produtividade também maior no monocultivo.

Já para a lavoura de girassol em monocultivo (Lm) a maioria dos componentes de rendimento, assim como a produtividade, não diferiram do sistema lavoura-floresta (LF).

REFERÊNCIAS

ABUZAR, M. R. et al. Effect of Plant Population Densities on Yield of Maize. **The Journal of Animal e Plant Sciences**, 21(4): 2011, Page: 692-695. 2011.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, jan. 2001.

BACKES, R. L. et al. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n.1, p.41-48, 2008.

CALIL, F. N. et al. Biomassa e nutrientes em sistema agrossilvicultural no extremo sul do Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.2, p.80-88, mai./ago., 2013.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Séries históricas: Brasil por produto.** Disponível em: <
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>. Acesso em: 02 de abril de 2015a.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Séries históricas: Milho 1ª safra.** Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em 16 de maio de 2015b.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS). **The State of Food and Agriculture: Innovation on family farming.** Rome. 2014.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS). **State of the World's Forests 2009.** Rome. 2009.

FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS: STATISTICS DIVISION). **Download Data: Production: Crops.** Disponível em: <
<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 06 de janeiro de 2015.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforest Syst** (2009) 76:1–10. 2009.

JOVANOVIĆ, T.; BOOTH, T. H. **Improved species climatic profiles.** Rural Industries Research and Development Corporation. Nº 02/095. 2002.

KHAKWANI, A. A. et al. Impact of Plant Densities and NPK Fertilization on Growth and Optimum Economic Return of Sunflower. **Sarhad J. Agric.** Vol. 30, No. 2, 2014.

LOTT, J. E. et al. Understorey microclimate and crop performance in a *Grevillea robusta* - based agroforestry system in semi-arid Kenya. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p.1140–1151. 2009.

MACEDO, R. L. G. et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.701-709, 2006.

MARCHÃO, R. L. et al. Densidade de Plantas e Características Agronômicas de Híbridos de Milho sob Espaçamento Reduzido entre Linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35 (2): 93-101, 2005.

NAIR, P. K. R. Perspective: The coming of age of agroforestry. **J Sci Food Agric** 87:1613–1619. 2007.

NCGA (NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION). **World of Corn: Unlimited Possibilities**. Missouri. 2013.

OECD/FAO (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT / FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021**. OECD Publishing and FAO. 2012.

OLIVEIRA, A. C. V. **Cultivo do girassol em sistema agroflorestal na região sul do Brasil**. 2013. Dissertação. (Mestrado em Ciências). 81f. Programa de Pós Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

PENARIOL, F. G. et al. Comportamento de Cultivares de Milho Semeadas em Diferentes Espaçamentos entre Linhas e Densidades Populacionais, na Safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

QUINKENSTEIN, A. et al. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. **Environmental Science e Policy**, v.12. p.1112-1121. 2009.

ROSSI, R. O. (Ed.). **Girassol**. Rodolfo Oscar Rossi. – Curitiba: R. O. Rossi, 333p. 1998.

SANGOI, L.; SALVADOR, R.†J. Influence of plant height and leaf number on maize production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.297-306, mar. 1998.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conceitos e métodos**. 1 ed. – Itabuna: SBSAF. 308 p., 2013.

SILVA, A. G. da et al. Efeitos do espaçamento entre linhas nos caracteres agronômicos de três híbridos de girassol cultivados na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 39, n. 2, p. 105-110, abr./jun. 2009.

SIMÃO, E. de P. et al. Efeito da distância entre as linhas da cultura e o renque de eucalipto sobre o rendimento de grãos e forragem do consórcio milho mais braquiária *ruziziensis*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.

SUGAMOSTO, M. L. **Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola e avaliação da adequação de uso do centro de estações experimentais do Cangüiri, município de Pinhais - Paraná**. 2002. 149f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Biomassa em povovamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265, abr./jun. 2011.

XIAO, S. et al. Density Effects on Plant Height Growth and Inequality in Sunflower Populations. **Journal of Integrative Plant Biology Vol. 48 No. 5**. 2006.

4 CAPÍTULO II

Desempenho de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage no primeiro ano de um sistema integrado de produção agropecuária

Performance of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage in the first year of an integrated crop-livestock system

**Aline Yabusame Utima¹, Adelino Pelissari², Alessandro Camargo Angelo³,
Sebastião Brasil Campos Lustosa⁴, Vanderley Porfírio-da-Silva⁵, Edilson
Bastista de Oliveira⁵, Lizy Tank Sampaio Barros⁶**

¹Engenheira Florestal, Mestranda em Agronomia: Produção Vegetal – Programa de Pós-graduação em Agronomia: Produção Vegetal – Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR – alineyutima@gmail.com;

²Prof.º Dr.º do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo – Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR – linopeli@hotmail.com;

³Prof.º Dr.º do Departamento de Ciências Florestais – Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR – alessandrocamargo@gmail.com;

⁴Prof.º Dr.º do Departamento de Agonomia – Universidade Estadual do Centro-Oeste – Guarapuava, PR – slustosa@unicentro.br;

⁵Pesquisador Drº da Embrapa Florestas – Colombo, PR - edilson.oliveira@embrapa.br; vanderley.porfirio@embrapa.br;

⁶ Engenheira Florestal – Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR - lizysampaio@yahoo.com.br.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar características dendrométricas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage aos 12 meses de idade em dois tipos de sistemas de produção, lavoura-floresta (LF) e floresta monocultivo (Fm). Foi realizado inventário sistemático com 10% de intensidade amostral para mensurar o diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), altura do fuste (Hf) e quatro raios da copa (Rc). As variáveis de biomassa (folhas, galhos, tronco, total) e volume individuais foram obtidas com a realização de uma amostragem destrutiva baseada no histograma (distribuição de frequências) do DAP, sendo coletados 21 árvores por tratamento. Com esses dados foram estimados a biomassa por hectare e o volume por hectare, além de ter sido realizado o ajuste de cinco modelos para a biomassa total e o volume individuais. Ao serem comparados pelo teste de t para variâncias heterogêneas, teve-se para o tratamento LF médias superiores ao tratamento Fm para o DAP, H,

comprimento da copa (Cc) e área de projeção da copa (APC). A biomassa e volume individuais não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Já a biomassa total e das folhas por hectare foram maiores no tratamento Fm. O melhor ajuste do modelo para a biomassa foi o de Meyer ($R^2_{aj} = 0,9626$ e $S_{yx\%} = 14,55\%$) e o melhor ajuste para volume foi o modelo de Hohenadl e Krenn ($R^2_{aj} = 0,9788$ e $S_{yx\%} = 12,06\%$).

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais, integração lavoura-floresta, eucalipto, 12 meses.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate dendrometric characteristics of Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage with 12-month-old in two types of production systems: integrated crop-forestry (LF) and forest monoculture (Fm). It was measured the variables diameter at breast height (DAP), tree height (H), crown length (Cc) and crown radius (Rc). The biomass variables (leaves, branches, trunk, total) and individual volume were measured by a destructive sampling based on the DAP histogram, totalizing 21 trees per treatment. After measuring the individual biomass and estimating the individual volume, both variables were extrapolated per hectare, and five models were adjusted for biomass and individual volumes. When compared by t-test with heterogeneous variances, the LF treatment showed greater averages than the Fm treatment for DBH, H, crown length (Cc) and crown projection area (APC). The biomass and individual volume did not differ between treatments. The total and leaf biomass per hectare showed higher averages for Fm treatment. The best fitted model for biomass was of Meyer ($R^2_{aj} = 0.9626$ and $S_{yx\%} = 14.55\%$) and the best fitted for volume was the model of Hohenadl and Krenn ($R^2_{aj} = 0.9788$ and $S_{yx\%} = 12,06\%$).

Keywords: Agroforestry system, integrated crop-forestry, eucalyptus, 12 months.

INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade de forma sustentável é o maior desafio a ser enfrentado pelo setor agropecuário. Com a estimativa de um aumento de aproximadamente 30% da população mundial, deve-se aumentar a demanda por

produtos agrícolas em aproximadamente 60% em nível mundial e 77% nos países em desenvolvimento (OECD/FAO, 2012). Para atender à essa necessidade global tem-se destacado nos últimos anos os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), comumente conhecido como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Sistemas Agroflorestais.

Carvalho *et al.* (2014) propõem como terminologia padrão o termo ICLS (*Integrated Crop-livestock System*) da FAO (*Food and Agriculture Organization*), que traduzindo para o português fica SIPA (Sistema Integrado de Produção Agropecuária). Os autores comentam que é necessário padronizar a terminologia para evitar imprecisões na comunicação científica e que apesar de haver diversas definições e siglas para designar os sistemas de produção que envolvem o consórcio entre lavoura, pecuária e floresta, elas correspondem ao mesmo tipo de sistema (CARVALHO *et al.*, 2014).

Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) pode ser a integração dentro de uma propriedade ou também em grandes regiões. Envolve a combinação intencional entre os componentes lavoura, pecuária e floresta que resulta em sinergismo no qual “o todo é maior do que a soma das partes”. Este sinergismo quando corretamente manejado resulta em desenvolvimento social, econômico, sustentabilidade ambiental e melhoria de vida das pessoas que trabalham com o sistema (FAO, 2010).

O componente arbóreo em um sistema de produção tem grande potencial para recuperar áreas degradadas, contribuir para o sequestro de carbono, aumentar e conservar a biodiversidade, melhorar os aspectos químicos e físicos do solo, aumentar a qualidade dos recursos hídricos e do ar, além de diversificar a renda do produtor (SILVA, 2013; JOSE, 2009; QUINKENSTEIN *et al.*, 2009; NAIR, 2007).

O gênero *Eucalyptus* spp. é o mais plantado no Brasil correspondendo à 72,0% (5,47 milhões de hectares) da área de florestas plantadas. Seu maior uso é para a indústria de celulose (40,96%), seguido da lenha industrial (30,26%) e do carvão (17,02%). A madeira serrada, tratada e outros produtos sólidos representam 6,29% do consumo de madeira de eucalipto no Brasil (IBA, 2014).

Dentre as espécies de eucalipto tem-se o *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, recomendado para regiões mais frias como o Sul do Brasil por apresentar boa tolerância à geadas e crescimento normal mesmo em temperaturas médias baixas como a – 1°C a 3°C (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006). É uma espécie com

boa aptidão para fins energéticos (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2011), sendo a madeira moderadamente dura $0,47 \text{ g.cm}^{-3}$ (NISGOSKI et al., 1998), necessitando pesquisas de melhoramento genético para identificar genótipos indicados para serraria (SILVA, 2008).

Existem muitos estudos avaliando o desempenho do eucalipto em diferentes arranjos e diferentes manejos (CALIL et al., 2013; VIEIRA e SCHUMACHER, 2011; KLEINPAUL et al., 2010; MACEDO et al., 2006; MARQUES, 1990), mas ainda é escasso o número de trabalhos com *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage, em sistemas integrados de produção agropecuária, sendo necessário maior aprofundamento sobre o comportamento dessa espécie para melhorar as indicações de manejo da mesma.

Diante do contexto exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage, aos 12 meses de idade em um sistema lavoura-floresta em relação ao seu desempenho em monocultivo, além de ajustar modelos matemáticos de predição de volume e biomassa individuais para a referida idade e manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento faz parte do projeto desenvolvido pelo Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA), localizado na Fazenda Experimental Cangüiri da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no município de Pinhais – PR. As coordenadas geográficas centrais aproximadas são $25^{\circ}23'30''$ S de latitude, $49^{\circ}07'30''$ W de longitude, com altitude média de 920 m. O clima, segundo Köppen, é do tipo Cfb – Temperado Húmido com Verão Temperado, caracterizado por apresentar precipitação média anual de 1400 mm, temperaturas médias máxima de $22,5^{\circ}\text{C}$ e mínima de $12,5^{\circ}\text{C}$.

Segundo o mapeamento de solos são encontradas nesta área as classes Cambissolos, Latossolos e suas associações, além de Organossolos e Gleissolos (SUGAMOSTO, 2012).

Os tratamentos utilizados foram o sistema lavoura-floresta (LF) com metade da área semeada com milho e a outra metade com girassol, e o sistema floresta em monocultivo (Fm). As árvores no sistema lavoura-floresta foram plantadas em linhas simples com o espaçamento de $14 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ($357 \text{ árvores.ha}^{-1}$), já a lavoura para ambas

as culturas agrícolas teve o espaçamento de 0,45 x 0,20 m (111.111 plantas.ha⁻¹). A floresta em monocultivo (Fm) teve espaçamento de 3 m x 2 m (1667 árvores.ha⁻¹).

O eucalipto foi plantado em outubro de 2013, sendo que ambos tratamentos receberam o mesmo preparo de solo e adubação das árvores. Foi feito subsolagem na linha do plantio à uma profundidade de aproximadamente 40 cm, e o plantio foi manual utilizando-se um sacho para a abertura das covas. As mudas de *E. benthamii* foram de origem seminal. Para cada muda foram colocados na cova 250 ml de solução hidrogel (diluídos segundo a recomendação do fabricante) e em duas covetas laterais (a 15 cm de distância da muda e a 15 cm de profundidade) foram distribuídos 200 g da formulação 08-20-20 NPK que também continha 1% de cálcio (Ca) e 3% de enxofre (S).

No tratamento lavoura-floresta (LF), o milho e o girassol foram semeados em sistema de plantio direto, sem o uso de herbicidas ou qualquer outro tipo de agrotóxico pelo fato de que do experimento se encontrar em Área de Proteção Ambiental (APA). As lavouras de milho e girassol foram semeadas no final de setembro e começo de outubro. Anteriormente ao plantio da lavoura havia azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) com o papel de conservar o solo coberto por vegetação durante o inverno.

A adubação da lavoura para ambas as culturas foi padronizada e determinada pela equipe técnica do NITA, baseada nas análises de solos e nas demandas das culturas agrícolas. Os fertilizantes foram aplicados em três etapas, a primeira no plantio utilizando-se 450 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples, a segunda com 400 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 25:0:25 quando as plantas tinham de 4 a 6 folhas, e quinze dias depois foi aplicado 200 kg.ha⁻¹ de ureia. As parcelas da floresta em monocultivo (Fm) também receberam essas mesmas adubações da lavoura.

Foram realizadas duas roçadas semi-mecanizadas (roçadeira costal) nas linhas das árvores para o controle de plantas daninhas no ano de 2014, sendo que no tratamento LF foi roçado 1 metro para cada lado da árvore mantendo uma distância padrão da lavoura.

Para o controle de formigas foram espalhadas cascas de laranja pela área para localizar os formigueiros, e o controle foi feito de forma mecânica com a destruição dos ninhos e também com a aplicação da pasta Formifu® nas mudas que se encontravam próximas dos formigueiros localizados.

A primeira parte da coleta de dados foi a partir da realização de um inventário florestal do tipo sistemático com intensidade de amostragem de 10%, realizado no final do mês de setembro de 2014. As variáveis mensuradas foram o diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H), altura do fuste (Hf) e o comprimento de quatro raios da projeção da copa (Rc), sendo medidos dois raios no sentido da linha do plantio e dois raios perpendiculares aos anteriores. Os valores dos raios foram utilizados para o cálculo da área de projeção da copa (APC).

Foi considerado como altura do fuste (Hf) a distância da base do tronco até a inserção do primeiro galho vivo. Essa variável foi medida para se obter o comprimento da copa (Cc), que é resultado da subtração da altura total pela altura do fuste.

O DAP foi medido com um paquímetro digital sendo anotados dois diâmetros perpendiculares entre si e utilizado a sua média para o processamento dos dados. A altura total e do fuste foram obtidas por uma régua topográfica e os raios da copa por uma fita métrica.

Com os dados do inventário foram criadas sete classes diamétricas para orientar a amostragem destrutiva utilizada nas avaliações de biomassa aérea. As amplitudes das classes foram definidas conforme a equação descrita abaixo:

$$\text{Amplitude da Classe} = \frac{(DAPMáx - DAPMín)}{N^{\circ} \text{ de Classes}}$$

Em que:

DAPMáx = Diâmetro máximo à altura do peito (1,30 m do solo) (cm);

DAPMín = Diâmetro mínimo à altura do peito (1,30 m do solo) (cm);

Nº de Classes = Número de Classes.

A amostragem utilizada para a realização da coleta de biomassa foi a mesma para a cubagem, sendo coletados 1 árvore por classe diamétrica (7 classes) por tratamento (2 tratamentos) por bloco (3 blocos), resultando em 21 árvores por tratamento e 42 árvores ao total.

A biomassa aérea foi dividida em três compartimentos: a) folhas e galhos finos menores que 1 cm de diâmetro, b) galhos maiores que 1 cm de diâmetro e c) tronco. As árvores foram cortadas, separados os compartimentos e pesados no campo com uma balança digital portátil com capacidade de até 40 kg e escala de 10 g. Após a medição do peso verde foram retiradas amostras com aproximadamente 200 g por cada compartimento e levadas ao laboratório onde foram pesadas e colocadas em

uma estufa com ventilação forçada a 65 °C até atingir peso constante. A balança utilizada em laboratório foi do tipo digital com precisão de 0,01 g. A amostragem do tronco foi realizada tirando cinco fatias de aproximadamente 1,5 cm a 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% (topo) do comprimento do tronco. Sendo o topo definido pelo diâmetro igual a 1 cm.

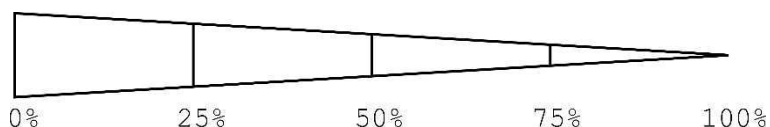


Figura 1 - Esquema de definição do comprimento das seções por Hohenadl

A cubagem foi realizada pelo método de Newton descrito por Machado e Figueiredo Filho (2006), onde os comprimentos das seções foram os mesmos determinados para a amostragem do tronco (biomassa), sendo medidos dois diâmetros em cada ponto de amostragem e dois diâmetros no meio de cada seção (partição da tora), totalizando quatro seções e nove pontos medidos. Os diâmetros foram medidos com um paquímetro digital e o comprimento do fuste foi medido utilizando-se uma trena. Com os dados da cubagem foram calculados os volumes com casca para cada árvore ao aplicar a equação descrita abaixo:

$$v = \sum_{i=1}^n \left(\frac{g_i + 4g_{mi} + g_{i+1}}{6} \right) l_i + v_p$$

Onde:

$$g = \frac{\pi d^2}{40000}$$

$$v_p = \frac{g_n * l_p}{3}$$

Em que:

v = volume individual (m³);

g = área transversal (m²);

l = comprimento da tora (m);

d = diâmetro (cm);

m = meio da seção (tora);

p = ponta da seção (tora)

A partir dos dados obtidos de biomassa e volume individuais foram ajustados cinco modelos (Tabela 1) descritos por Figueiredo Filho *et al.* (2014), que foram comparados pelas estatísticas de ajuste e precisão: coeficiente de determinação

ajustado (R^2_{aj}) e erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx\%}$) além do gráfico de resíduos.

Tabela 1 – Modelos individuais para volume e biomassa.

Modelo	Denominação
$v = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 H + \varepsilon_i$	Spurr (variável combinada)
$Ln(v) = \beta_0 + \beta_1 Ln(DAP) + \varepsilon_i$	Husch
$v = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon_i$	Hohenadl e Krenn
$Ln(v) = \beta_0 + \beta_1 Ln(DAP) + \beta_2 Ln(H) + \varepsilon_i$	Schumacher e Hall (linearizado)
$v = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAPH + \beta_4 DAP^2 H + \beta_5 H + \varepsilon_i$	Meyer

O eucalipto ocupa efetivamente 14% de um hectare no tratamento lavoura-floresta (LF), assim, as variáveis extrapoladas para hectare do tratamento LF foram calculadas considerando essa proporção. Ou seja, a área com árvores em LF é menor do que em Fm para 1 hectare.

A comparação das variáveis entre os tratamentos lavoura-floresta (LF) e floresta monocultivo (Fm) foi feita pelo teste de t para variâncias heterogêneas, pois as parcelas dos tratamentos não se encontram adjacentes formando um bloco contínuo.

Os cálculos foram realizados no Software R (versão 3.1.1, 2014). Os ajustes dos modelos de volume individual e biomassa total individual foram feitos usando o software Excel® 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema lavoura-floresta (LF) apresentou valores maiores para o DAP, H, Cc e APC do que a floresta em monocultivo. Apesar do melhor desenvolvimento individual dos eucaliptos em consórcio, a taxa de sobrevivência em LF foi menor do que em monocultivo (Fm) com 80% e 88%, respectivamente (Tabela 2). Essas porcentagens são menores do que o encontrado por Coutinho *et al.* (2004) de 97% aos 12 meses, e do que o encontrado por Macedo *et al.* (2006) de 98% de sobrevivência ao avaliarem quatro clones de eucaliptos aos 28 meses em um sistema lavoura-floresta com milho.

A maior mortalidade observada neste trabalho em relação à literatura deve-se, provavelmente, ao fato de não ter sido usado herbicidas para o controle de plantas daninhas.

Tabela 2 - Resultados do inventário florestal sistemático com 10% de intensidade amostral de *E. benthamii* aos 12 meses de idade em sistema lavoura-floresta (LF) e em monocultivo (Fm) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

Variáveis	Tratamentos		p-valor
	Fm	LF	
DAP (cm)	2,2	3,2 ***	$6,17 \times 10^{-12}$
H (m)	2,7	3,1 ***	$1,70 \times 10^{-8}$
Cc (m)	2,2	2,6 ***	$4,68 \times 10^{-5}$
APC (m ²)	2,46	3,31 ***	$1,43 \times 10^{-7}$
Sobrevivência (%)	87,8	79,9	

Médias com asteriscos se diferem da floresta em monocultivo pelo teste de t. Tratamento Fm = floresta monocultivo. ^{ns} Não significativo. * Significativo a 10%. ** Significativo a 5%. *** Significativo a 1%.

Marques (1990) observou que o eucalipto aos 12 meses de idade não apresentava diferenças nas médias de DAP, H e sobrevivência entre o sistema consorciado e o monocultivo, entretanto aos 24 e 36 meses o sistema consorciado apresentou a maior altura. Este autor também comenta que a menor sobrevivência das espécies florestais em consórcio pode ter sido ocasionada por danos causados durante as roçadas e colheita do milho, hipótese esta que também é considerada neste trabalho.

Benin et al. (2014) ao avaliarem o *E. benthamii* em diferentes espaçamentos aos 2 e 3 anos de idade, verificaram que com o maior espaçamento a árvore possui menores efeitos de competição entre plantas, fazendo o melhor uso da água, nutrientes e luz, resultando assim em maiores diâmetros. Já o comportamento de haver menor altura média em povoamentos mais adensados é facilmente compreendido pelo efeito causado pela competição, que influencia o número de árvores dominadas, refletindo na menor média.

Oliveira (2005) verificou maiores alturas em espaçamentos menores até o terceiro ano de idade do eucalipto, no quarto ano as maiores alturas foram nos maiores espaçamentos, devido ao aumento da competição por água e nutrientes nos arranjos com menor área útil por árvore.

O comprimento e a área de projeção da copa foram maiores para o tratamento LF com valores iguais a 2,6 m e 3,31 m² do que para o tratamento Fm (Cc = 2,2 m e APC = 2,46 m²) (Tabela 2). Quanto maior a área útil por planta maior é o desenvolvimento da copa, também constatado por Magalhães (2008) e Oliveira (2005).

A biomassa individual dos compartimentos não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. Apenas o compartimento das folhas foi superior em LF em relação ao Fm ao nível de significância de 10%, assim como o volume individual.

A biomassa e o volume por área foram maiores no tratamento Fm em relação ao LF, exceto para o compartimento galhos. Lembrando que 1 hectare no tratamento LF tem apenas 14% da área coberta por árvores. Neste experimento, aos 12 meses de idade, o monocultivo de eucalipto tem 90% a mais de volume por área do que no sistema integrado de produção agropecuária. Por outro lado, o sistema integrado de produção possui 86% de sua área ocupada por lavoura.

Tabela 3 - Biomassa total, biomassa por compartimento e volume por indivíduo e por hectare de *E. benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

		Tratamentos		p-valor
		Fm	LF	
Compartimentos	Individual	Folhas (kg)	0,96 (49,7%) 1,43 * (51,6%)	0,0771
		Galhos (kg)	0,16 (8,4%) 0,21 ns (7,6%)	0,6279
		Tronco (kg)	0,80 (41,9%) 1,13 ns (40,8%)	0,1601
		Total (kg)	1,92 (100%) 2,77 ns (100%)	0,1250
		Volume (m ³)	0,0019 0,0030 *	0,0861
	Por Área	Folhas (kg.ha ⁻¹)	1.144 (50,6%) 112 *** (53,7%)	0,0004
		Galhos (kg.ha ⁻¹)	188 (8,3%) 14 ns (6,7%)	0,1450
		Tronco (kg.ha ⁻¹)	929 (41,1%) 83 ** (39,5%)	0,0139
		Total (kg.ha ⁻¹)	2.262 (100%) 209 *** (100%)	0,0009
		Volume (m ³ .ha ⁻¹)	2,164 0,217	0,0080

Médias com asteriscos se diferem da floresta em monocultivo pelo teste de t. Tratamento Fm = floresta monocultivo. ns Não significativo. * Significativo a 10%. ** Significativo a 5%. *** Significativo a 1%.

Ao avaliar o crescimento de dois clones de *E. grandis* e um seminal do híbrido *E. urograndis* em diferentes espaçamentos, Vieira (2011) constatou que aos 6 e 12 meses de idade a biomassa por hectare diminuía conforme se aumentava o espaçamento, porém, esse comportamento se inverteu aos 24 e 36 meses apresentando o valor máximo de biomassa no espaçamento intermediário.

Paulino (2012) observou que o aumento do espaçamento reflete no aumento do diâmetro médio individual, mas mesmo assim reduz o volume por hectare. Entretanto, com o aumento da idade, os maiores diâmetros nos maiores espaçamentos tendem a equilibrar as diferenças de volume por área em relação aos espaçamentos menores.

O mesmo comportamento de haver maiores diâmetros individuais e menores volumes por área em maiores espaçamentos foi observado por Benin et al. (2014), Paula (2011) e Kruschewsky et al. (2007).

Os modelos ajustados para volume foram ligeiramente melhores do que os de biomassa, sendo que o melhor modelo para biomassa foi o de Meyer com $R^2_{aj} = 0,9626$ e $S_{yx\%} = 14,55\%$ e o melhor para volume foi o de Hohenadl e Krenn com $R^2_{aj} = 0,9788$ e $S_{yx\%} = 12,06\%$ (Tabela 4). Mesmo assim, a qualidade do ajuste dos modelos para volume deste trabalho foi inferior aos encontrados por Paula (2011) e Müller et al. (2009) que avaliaram espécies de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris aos 4 e 10 anos de idade, respectivamente.

Tabela 4 - Ajuste de modelos para biomassa total e volume individual de *E. benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

Modelos	Equações	R²aj	Syx%
Ajuste para a biomassa total individual			
Meyer	$v = - 0,76836 + 0,17682 * DAP + 0,31443 * DAP^2 - 0,21219 * DAP * H - 0,00467 * DAP^2 * H + 0,59535 * H$	0,9626	14,55%
Husch	$v = - 0,66479 + 1,39335 * \text{Ln}(DAP)$	0,9395	18,52%
Schumacher e Hall	$\text{Ln}(v) = - 1,0695 + 1,16648 * \text{Ln}(DAP) - 0.54375 * \text{Ln}(H)$	0,9345	19,26%
Hohenadl e Krenn	$v = - 0,67015 + 0,94131 * DAP + 0,05441 * DAP^2$	0,9272	20,30%
Spurr	$v = 0,73381 + 0,04418 * DAP^2 * H$	0,9098	22,62%
Ajuste para a o volume individual			
Hohenadl e Krenn	$v = 0,000183 - 0,000002 * DAP + 0,000240 * DAP^2$	0,9788	12,06%
Meyer	$v = - 0,000598 - 0,000134 * DAP + 0,00036 * DAP^2 - 0,000172 * DAP * H - 0,000003 * DAP^2 * H + 0,000554 * H$	0,9784	12,16%
Spurr	$v = 0,000557 + 0,000051 * DAP^2 * H$	0,9473	19,02%
Schumacher e Hall	$\text{Ln}(v) = - 8,206986 + 1,295791 * \text{Ln}(DAP) + 0,617851 * \text{Ln}(H)$	0,9461	19,22%
Husch	$v = - 7,74713 + 1,55358 * \text{Ln}(DAP)$	0,9440	19,61%

Os três melhores ajustes para a biomassa apresentaram uma dispersão dos resíduos um pouco mais uniforme em relação ao eixo zero do que os demais ajustes, porém, alguns pontos apresentaram desvios com valores de até 72% (Figura 2). O modelo de Hohenadl e Krenn tendeu a subestimar com os desvios variando de – 54% a 296% e o de Spurr tendeu a superestimar a biomassa individual com desvios variando de – 460% a 32%.

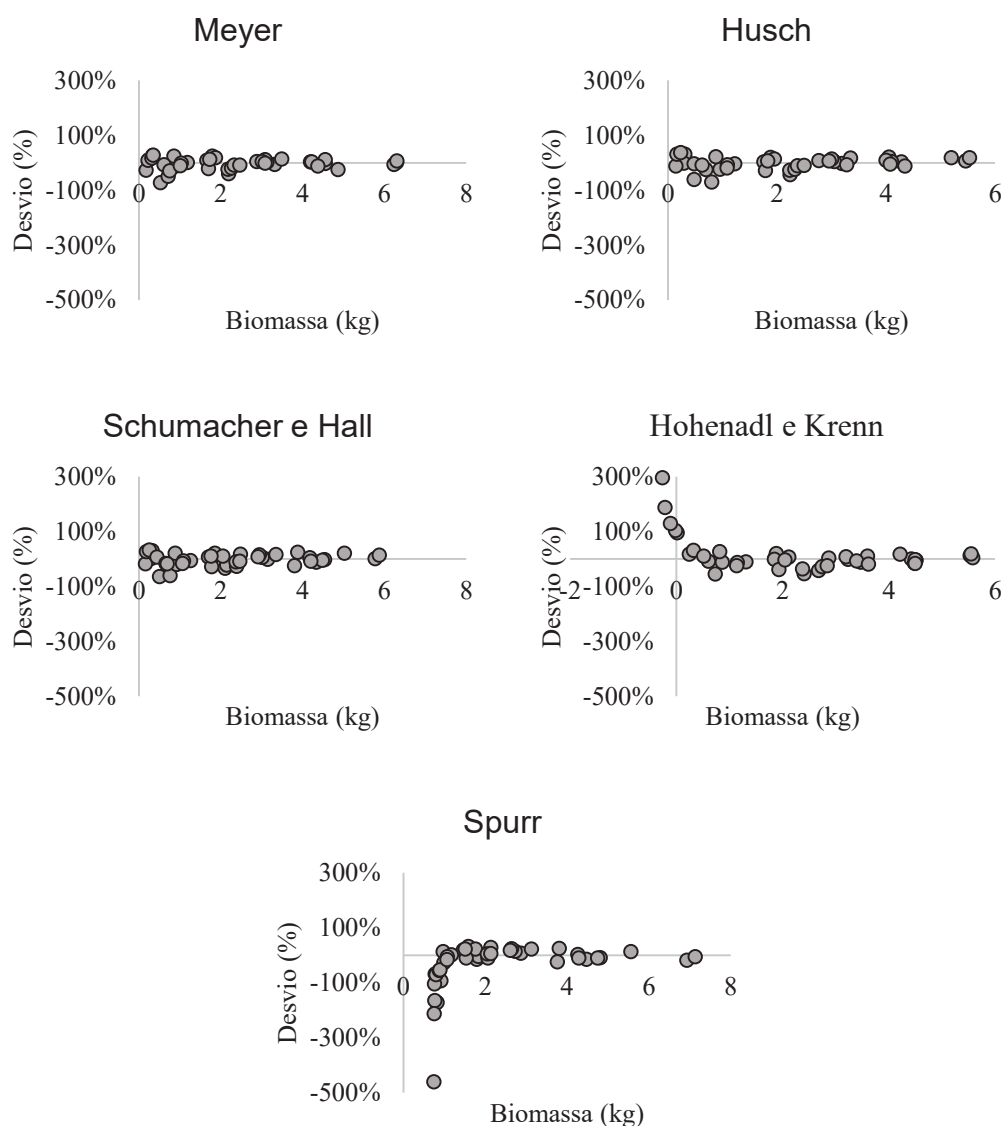


Figura 2 - Dispersão de resíduos dos modelos de biomassa total individual ajustados para o plantio de *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

A análise gráfica dos resíduos dos modelos ajustados para o volume individual mostra que, no geral, os desvios se apresentam distribuídos de forma uniforme ao longo da linha estimativa, exceto o modelo de Spurr que tende a superestimar os volumes com desvio de até – 508% (Figura 3).

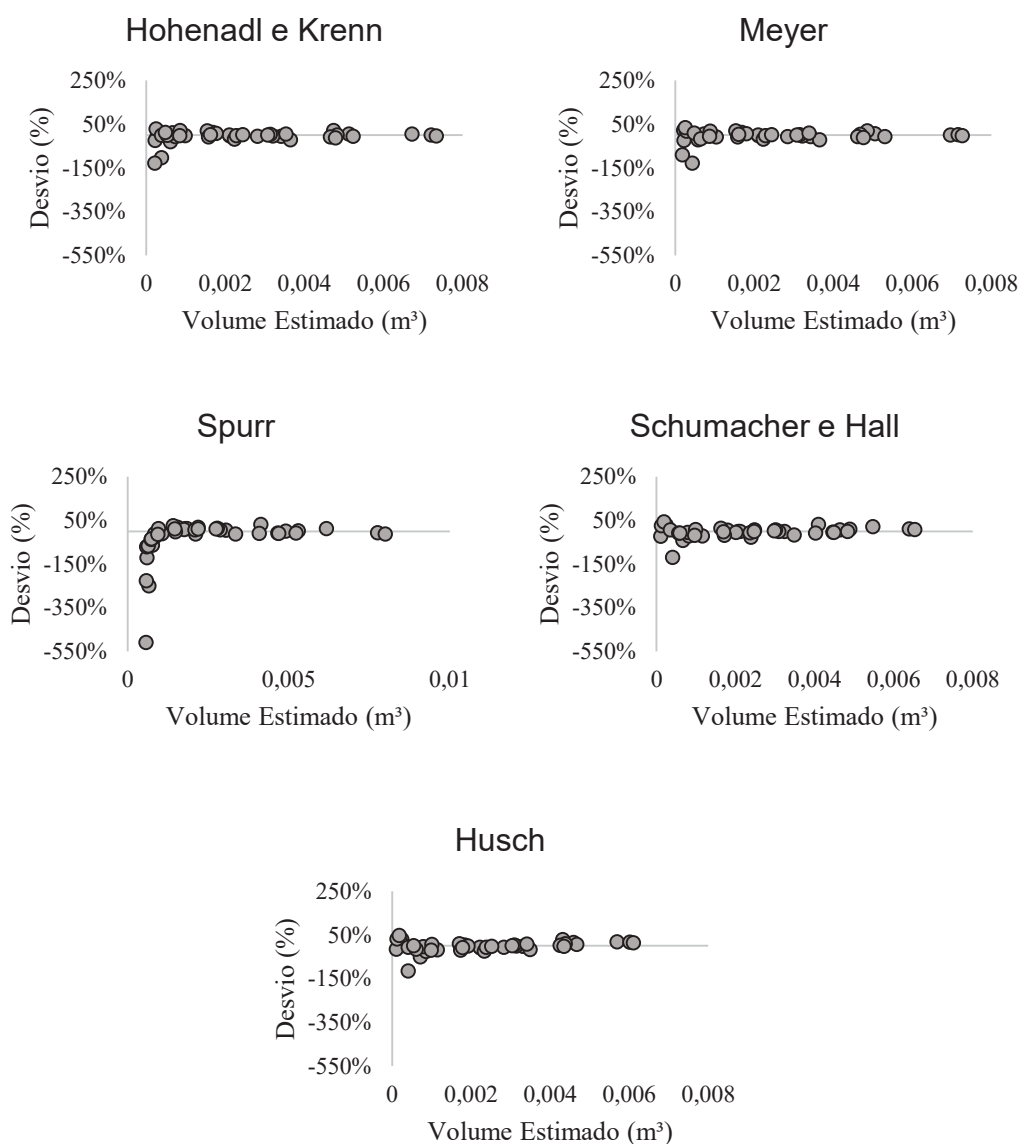


Figura 3 - Gráficos de resíduos dos modelos de volume individual ajustados para o plantio de *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

CONCLUSÕES

Aos 12 meses de idade o *Eucalyptus benthamii* apresenta maior biomassa e volume por hectare em monocultivo (Fm) do que no sistema lavoura-floresta (LF), porém o volume individual é maior no sistema lavoura-floresta (LF).

Os modelos testados apresentam melhores ajustes para o volume individual do para a biomassa individual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage deployed in different spacing. **Applied Research e Agrotecnology** v7 n1 jan/apr. 2014.

CALIL, F. N.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LOPES, V. G.; WITSCHORECK, R. Biomassa e nutrientes em sistema agrossilvicultural no extremo sul do Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.2, p.80-88, mai./ago., 2013.

COUTINHO, J. L. B.; SANTOS, V. F. dos; FERREIRA, L. C.; NASCIMENTO, J. C. B. Avaliação do comportamento de espécies de *Eucalyptus* spp. na zona da mata Pernambucana. I: Resultados do primeiro ano – 2001. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.771-775, 2004.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). An international consultation on integrated crop-livestock systems for development. **Integrated Crop Management**. Vol.13. Rome. 2010.

IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Ibá 2014**. Brasília: 100p., 2014.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforest Syst** (2009) 76:1–10. 2009.

KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; NAVROSKI, M. C. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I – Produção de biomassa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 621-627, out.-dez., 2010.

KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. K. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., em sistema agrossilvipastoril no Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 360-367, out./dez. 2007.

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

MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F. **Dendrometria**. 2 ed. – Guarapuava: UNICENTRO, 2006.

MAGALHÃES, W. M. **Sistemas agroflorestais com eucalipto, amendoim, mamona e mandioca no norte de Minas Gerais**. 58f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2008.

MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará**. 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). 73f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1990.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. de F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.11-17, dez. 2009.

NAIR, P. K. R. Perspective: The coming of age of agroforestry. **J Sci Food Agric** 87:1613–1619. 2007.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 67-76 67. 1998.

OECD/FAO (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT / FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021**. OECD Publishing and FAO. 2012.

OLIVEIRA, T. K. **Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de cerrado**. 164f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2005.

PALUDZYSZYN FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas** Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PALUDZYSZYN FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos Indicados para Plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). 71f. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2011.

PAULINO, E. J. **Influência do espaçamento e da idade na produção da biomassa e na rotação econômica em plantios de eucalipto**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal área de concentração em Manejo Florestal). 60f. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, MG. 2012.

QUINKENSTEIN, A.; WÖLLECKE, J.; BÖHM, C.; GRÜNEWALD, H.; FREESE, D.; SCHNEIDER, B. U.; HÜTTL, R. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. **Environmental Science e Policy**, v.12. p.1112-1121. 2009.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conceitos e métodos**. 1 ed. – Itabuna: SBSAF. 308 p., 2013.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). 275f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

SUGAMOSTO, M. L. **Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola e avaliação da adequação de uso do centro de estações experimentais do Cangüiri, município de Pinhais - Paraná**. 2002. 149f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná.

VIEIRA, E. H. de F. **Produção de biomassa de *Eucalyptus* spp. sob diferentes manejos e espaçamentos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). 54f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, ES. 2011.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265, abr./jun. 2011.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que é tecnicamente possível desenvolver atividades agrícolas em uma área de proteção ambiental (APA), com plantio direto e sem o uso de agroquímicos como herbicidas, fungicidas e formicidas. Sendo obtidas produtividades de milho e girassol condizentes com as médias das produtividades nacionais.

Pode-se considerar o desempenho das culturas agrícolas satisfatório e promissor tanto em consórcio quanto em monocultivo, mesmo com a alta desuniformidade da lavoura de girassol em ambos os tratamentos. Essa desuniformidade se deve por diversos fatores como a matocompetição, o acamamento por ventos fortes e a incidência do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*.

Neste trabalho observa-se que no primeiro ano do sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) não há diferença das produtividades de milho e girassol nas diferentes distâncias em relação à linha do eucalipto, apesar disso, o efeito da bordadura influencia na altura das plantas e no número de grãos por espiga e por capítulo.

Ressalta-se que no sistema lavoura-floresta (LF) a área efetiva com lavoura é de 86% e com árvores é de 14%, isso implica em uma menor área de produção para cada componente, mas não necessariamente no menor desempenho por planta, como pôde ser observado no crescimento do eucalipto.

O *Eucalyptus benthamii* tem um menor volume por hectare no sistema lavoura-floresta (LF), porém apresenta um maior volume individual. E nesta fase de desenvolvimento do eucalipto (12 meses de idade) não apenas o diâmetro respondeu com valores maiores em um espaçamento maior, mas como também a altura média foi maior em LF.

Os resultados do eucalipto sugerem a necessidade de maiores investigações sobre a influência do espaçamento, da adubação (junto com a ciclagem de nutrientes) e a interação entre ambos sobre a altura das árvores.

6 REFERÊNCIAS GERAIS

AKINNIFESI, F. K.; MAKUMBA, W.; KWESIGA, F. R. Sustainable maize production using gliricidia/maize intercropping in southern Malawi. **Experimental Agriculture**, volume 42, pp. 441–457. United Kingdom. Cambridge University Press. 2006.

ARRIAL, L. R.; CALLONI, H. Estudos pontuais sobre o conceito do método e teoria no paradigma da complexidade de Edgar Morin. **Revista Didática Sistemica**, Volume 11. p.50. 2010.

AT-THABET, S. S. Effect of Plant Spacing and Nitrogen Levels on Growth and Yield of Sunflower (*Helianthus Annus* L.). J. King Saud Univ., Vol. 19, **Agric. Sci.** (1), pp. 1-11, Riyadh. 2006.

ANPSA (AUSTRALIAN NATIVE PLANTS SOCIETY: AUSTRALIA). **Eucalyptus, Corymbia, Angophora**. Disponível em: <http://anpsa.org.au/eucalypt.html>. Acesso em: 18 de março de 2015.

BACKES, R. L.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n.1, p.41-48, 2008.

BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage deployed in different spacing. **Applied Research e Agrotecnology** v7 n1 jan/apr. 2014.

BENIN, C. C. **Efeito do espaçamento na produção, variáveis dendrométricas e propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii***. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais). 94f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, PR. 2014.

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

BERNARDI, C. A. **Avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden at Cambage na região de Guarapuava, PR.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais, Área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais). 46f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, PR. 2010.

BRASIL. Lei Nº 12.805, de 29 de abril de 2013. **Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei Nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991.** Brasília. Diário Oficial da União. 29 abril 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).** Brasília: MAPA/ACS, 173 p., 2012.

BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília. Diário Oficial da União. 19 julho 2000.

CALIL, F. N.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LOPES, V. G.; WITSCHORECK, R. Biomassa e nutrientes em sistema agrossilvicultural no extremo sul do Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.2, p.80-88, mai./ago., 2013.

CALIL, F. N. **Aspectos nutricionais de um sistema agroflorestal com eucalipto no sul do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2008. Tese (Doutorando em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura). 144f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2008.

CÂMARA SETORIAL DE SILVICULTURA. **Agenda Estratégica do Setor de Florestas Plantadas**. Brasília, 2009.

CARVALHO, P. C. de F.; MORAES, A. de; PONTES, L. da S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 45, n. 5 (Especial), p. 1040-1046, 2014.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho. **Comunicado Técnico**, n. 99. EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2004

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Séries históricas: Brasil por produto**. Disponível em: <
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>. Acesso em: 02 de abril de 2015.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. EMBRAPA. Sete Lagoas, MG. Dezembro 2006.

SULC, R. M.; TRACY, B. F. Integrated Crop–Livestock Systems in the U.S. Corn Belt. **Agronomy Journal**, vol. 99, march-april. 2007.

DAVIS, A.S.; HILL, J.D.; CHASE, C.A.; JOHANS, A.M.; LIEBMAN, M. Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health. **PLOS ONE** 7(10): e47149. doi:10.1371/journal.pone.0047149. 2012.

DEMÉTRIO, C. S.; FILHO, D. F.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, dez. 2008.

DIMITRI, C.; EFFLAND, A.; CONKLIN, N. **The 20th Century Transformation of U.S. Agriculture and Farm Policy**. USDA. Economic Information Bulletin n. 3, june, 2005.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Girassol**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>. Acesso em: 18 de março de 2015.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS). **The State of Food and Agriculture: Innovation on family farming**. Rome. 2014.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS). **Climate-Smart Agriculture: Sourcebook**. 2013.

FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS: STATISTICS DIVISION). **Download Data: Production: Crops**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Acesso em: 06 de janeiro de 2015.

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated Crop–Livestock Systems in the Southeastern USA. **Agronomy Journal**, vol. 99, march-april. 2007.

GÖKSOY, A.T.; DEMIR, A. O.; TURAN, Z. M.; DAGÜSTÜ, N. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. **Field Crops Research**. 87. 167–178. 2004.

HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. **Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group**. Island Press: Washington. 2005.

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. de O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. de. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. 24 p. Londrina: Embrapa Soja, 2012.

IAP (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ). **Planos de Manejo**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1201>. Acesso em: 19 de março de 2013.

IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Ibá 2014**. Brasília: 100p., 2014.

ICMBIO (INSTITUTO CHICO MENDES). **Relação de UCs com Plano de Manejo**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/planos-de-manejo/lista-plano-de-manejo.html?start=150>. Acesso em: 19 de março de 2015.

JAHANGIR, A. A.; MONDAL, R. K.; NADA, K.; SADIA AFROZE, R.; HAKIM, M. A. Response of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer and Plant Spacing on Growth and Yield Contributing Character of Sunflower. Bangladesh **J. Sci. Ind. Res.** 41(1-2), 33-40, 2006.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforest Syst** (2009) 76:1–10. 2009.

KHAKWANI, A. A.; NOOR, S.; MUHAMMAD, S.; AWAN, I. U.; MUNIR, M.; BALOCH, M. S.; GHAZANFARULLAH; BAKHSH, I. Impact of Plant Densities and NPK Fertilization on Growth and Optimum Economic Return of Sunflower. **Sarhad J. Agric.** Vol. 30, No. 2, 2014.

KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; NAVROSKI, M. C. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I – Produção de biomassa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 621-627, out.-dez., 2010.

LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; GONÇALVES, W. Avaliação da efetividade de manejo das unidades de conservação de proteção integral em Minas Gerais. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.647-653, 2005.

LIPPER, L.; THORNTON, P.; CAMPBELL, B. M.; BAEDEKER, T.; BRAIMOH, A.; BWALY, M.; CARON, P.; CATTANEO, A.; GARRITY, D.; HENRY, K.; HOTTLE, R.; JACKSON, L.; JARVIS, A.; KOSSAM, F.; MANN, W.; MCCARTHY, N.; MEYBECK, A.; NEUFELDT, H.; REMINGTON, T.; SEN, P. T.; SESSA, R.; SHULA, R.; TIBU, A.; TORQUEBIAU, E. F. Climate-smart agriculture for food security. **Nature Clim. Change** 4, 1068–1072. 2014.

LOTT, J. E.; ONG, C. K.; BLACK, C. R. Understorey microclimate and crop performance in a *Grevillea robusta* - based agroforestry system in semi-arid Kenya. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p.1140–1151. 2009.

LUNDGREEN, B. O.; RAIN TREE, J. B. Sustained Agroforestry. **Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia**, p.37-49. The Hague, ISNAR. The Netherlands. August 1983.

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

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. Dezembro 2002.

MELE, C.; PELS, J.; POLESE, F. A Brief Review of Systems Theories and Their Managerial Applications. **Service Science** 2(1-2): 126-135. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1287/serv.2.1_2.126. 2010.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P. da; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R. J.; NICOLETTI, M. F. Avaliação das Principais Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Floresta e Ambiente** 21(4):535-542. 2014.

NAIR, P. K. R. Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. **Journal of Environmental Quality**. Volume 40. May–June 2011.

NAIR, P. K. R. Perspective: The coming of age of agroforestry. **J Sci Food Agric** 87:1613–1619. 2007.

NCGA (NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION). **World of Corn: Unlimited Possibilities**. Missouri. 2013.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 67-76 67. 1998.

OEH (OFFICE OF ENVIRONMENT AND HERITAGE). Camden White Gum – profile. NSW Government. Disponível em: <http://www.environment.nsw.gov.au/threatenedspeciesapp/profile.aspx?id=10284>. 2013.

OLIVEIRA, A. C. V. **Cultivo do girassol em sistema agroflorestal na região sul do Brasil**. 2013. Dissertação. (Mestrado em Ciências). 81f. Programa de Pós Graduação

em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

PALUDZYSZYN FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas** Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PALUDZYSZYN FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos Indicados para Plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006.

PARANÁ. Decreto Nº 2200, de 12 de junho de 2000. **Acréscio o nome do município de Campina Grande do Sul na redação, do Decreto Estadual nº 1753, de 06/05/96 e aprova o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental do Iraí - APA DO IRAÍ**. Curitiba. Diário Oficial Nº 5763 de 14 junho 2000.

PARANÁ. Decreto Nº 1.753, de 06 de maio de 1996. **Instituída a Área de Proteção Ambiental na área de manancial da bacia hidrográfica do rio Iraí, denominada APA Estadual do Iraí**. Curitiba. Diário Oficial Nº 4.750. 06 maio 1996.

PIMENTEL, D.; HEPPEL, P.; HANSON, J.; DOUDS, D.; SEIDEL, R. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. **BioScience**, vol. 55, n. 7. July 2005.

PINGALI, P. L. Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. **PNAS**, vol. 109, n. 31. Cambridge. July, 2012.

POLITO, A. G. Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. 1 ed. [S.l.]: Melhoramentos. 2004.

QUINKENSTEIN, A.; WÖLLECKE, J.; BÖHM, C.; GRÜNEWALD, H.; FREESE, D.; SCHNEIDER, B. U.; HÜTTL, R. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry

system in sensitive regions of Europe. **Environmental Science e Policy**, v.12. p.1112-1121. 2009.

RASUL, G.; THAPA, G. B. Sustainability of ecological and conventional agricultural systems in Bangladesh: an assessment based on environmental, economic and social perspectives. **Agricultural Systems** 79, 327–351. 2004.

REYNOLDS, P. R.; SIMPSON, J. A.; THEVATHASAN, N. V.; GORDON, A. M. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, v.29, p.362-371. 2007.

ROSSI, R. O. (Ed.). **Girassol**. Rodolfo Oscar Rossi. – Curitiba: R. O. Rossi, 333p. 1998.

SANQUETTA, C. R.; MORA, A. L.; BORSATO, R.; VIDAL, M. A. S.; PEIXOTO, A. M.; CHIARANDA, R. Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos: II. *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva – PR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.1, p. 55-61, jan./mar. 2003.

SERVA, M.; DIAS, T.; ALPERSTEDT, G. D. Paradigma da complexidade e teoria das organizações: uma reflexão epistemológica. **RAE**. São Paulo, v. 50, n. 3, 276-287, jul./set. 2010.

SCHENINI, P. C.; COSTA, A. M.; CASARIN, V. W. Unidades de Conservação: Aspectos Históricos e sua Evolução. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. UFSC. Florianópolis. Outubro 2004.

SHARMA-NATU, P.; GHILDIYAL, M. C. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. **Current Science**, vol. 88, no. 12, 25 June 2005.

SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conceitos e métodos**. 1 ed. – Itabuna: SBSAF. 308 p., 2013.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**. 2008.

Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). 275f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

SILVA, H. D. da; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINI, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 49, p. 83-95, jul./dez. 2004.

SOUZA, J. T. de; MENEZES, W. M. de; BALENA, F. L. da C.; BELTRAME, R.; FILIPINI, F. R. Tratamento preservante da madeira de *Eucalyptus benthamii* pelo método de substituição de seiva. **Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)**, Pelotas, v. 05, n. 01, p. 14-24, Maio de 2014.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Biomassa em povovamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265, abr./jun. 2011.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Óleo essencial de eucalipto. **Documentos Florestais Nº 17**, ESALQ/USP. agosto de 2013.

WREGE, M. S.; GARRASTAZU, M. C.; FLORES, C. A.; RADIN, B. JÚNIOR, C. R.; SEVERO, C. R. S.; WEBER, E.; HERTER, F. G.; HASENACK, H.; ALBA, J. M. F.; HIGA, R. C. V.; STEINMETZ, S.; MATZENAUER, R.; MATTEI, V. L. **Zoneamento agroclimático do eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul – RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 87 p. 2009.

ANEXOS GERAIS

Histórico da Área do Projeto do Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA)

Projeto

O experimento de “Sistemas integrados na promoção de sustentabilidade em agroecossistemas”, financiado pelo CNPq através do projeto 481.646/2011-6, sob-responsabilidade do grupo NITA foi implantado no ano de 2012 em uma área com aproximadamente 32 hectares localizado na Fazenda Experimento Cangüiri da Universidade Federal do Paraná no município de Pinhais (PR).

Tratamentos

O delineamento utilizado é de blocos ao acaso com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos são Lavoura-Pecuária-Floresta (LPF), Lavoura-Pecuária (LP), Pecuária-Floresta (PF), Lavoura-Floresta (LF), Floresta (FM), Lavoura (LM) e Pastagem (PM). As parcelas dos tratamentos com o componente “pecuária” possuem aproximadamente 1,5 ha e as parcelas sem a pecuária têm entre 0,5 e 1,0 ha.

Preparo do solo e Implantação dos tratamentos

A primeira coleta de solos para avaliação da fertilidade foi realizado em outubro de 2011. Em maio de 2012 foi feito o nivelamento e construção de curva de nível.

O preparo do solo de forma convencional com a aração profunda com arado de aivecas e posterior gradeação em junho de 2012, pois o solo se encontrava compactado devido à utilização da área para cursos e treinamentos de tratoristas. Além disso, foi feita a correção do solo com a aplicação de $3,4 \text{ ton.ha}^{-1}$ de lodo de esgoto tratado pelo processo N VIRO® (PRNT 67%) e foi plantado aveia-preta (*Avena strigosa* cv IAPAR 61) com uma taxa de semeadura de 80 kg.ha^{-1} , aplicando-se 450 kg.ha^{-1} de superfosfato simples na linha.

Em setembro foi realizado a delimitação dos blocos e tratamentos em função da declividade e padrões de drenagem, e em novembro iniciou-se o plantio das árvores nos tratamentos com o componente “floresta”.

Para o plantio das árvores foi passado um subsolador a uma profundidade aproximada de 40 cm e foram colocados 40 g.muda^{-1} de Basacote® Plus 9M. Foram plantadas duas espécies de eucalipto, o *Eucalyptus saligna* e o *E. dunnii*. Tanto no sistema consorciado quanto em monocultivo, as espécies de eucalipto eram intercaladas entre as linhas, sendo uma linha de *E. saligna* entre duas linhas de *E. dunnii* e vice-versa.

Para o controle de formigas foram espalhadas cascas de laranja pela área para localizar os formigueiros, e o controle foi feito de forma mecânica com a destruição dos ninhos e também com a aplicação da pasta Formifu® nas mudas que se encontravam próximas dos formigueiros localizados.

Em dezembro de 2012 e janeiro de 2013 foi feito o coroamento das árvores, e em janeiro fez-se o replantio dos eucaliptos com uma taxa de aproximadamente 20,5% das 7200 mudas plantadas. Além disso, também formou-se as pastagens de verão (*Panicum maximum* cv Aries) com taxa de semeadura de 9 kg.ha^{-1} e preparo convencional do solo nos tratamentos com o componente “pecuária”, sendo aplicados 350 kg.ha^{-1} de superfosfato simples na linha mais 800 kg.ha^{-1} de cloreto de amônio em todas as parcelas de todos os tratamentos. O cloreto de amônio além de servir

como fonte de nitrogênio para as plantas, também foi utilizado com o intuito de suprimir as plantas daninhas.

No inverno de 2013 ocorreram sucessivas geadas que causou a morte da ponteira e a morte de muitas árvores de eucalipto, principalmente do *E. saligna*. Por isso, ficou decidido pela comissão técnica, retirar todas as mudas de eucalipto e realizar um novo plantio com uma espécie mais tolerante às geadas, o *E. benthamii*.

Assim, em agosto e setembro de 2013 foram retiradas as mudas por meio de um subsolador alcançando uma profundidade de 40 cm. No final de setembro foi plantado a primeira safra de milho e no começo de outubro foi plantada a primeira safra de girassol, assim como as mudas de eucalipto. As metodologias aplicadas nesses plantios estão descritas nos capítulos I e II desta dissertação.

Quadro 1 - Histórico de práticas culturais e instalação dos tratamentos do projeto de sistemas integrados coordenado pelo grupo NITA.

Tabela 1 - Análise preliminar de solos realizada em toda a área do projeto coordenado pelo NITA em outubro de 2011 à uma profundidade de 0 a 20 cm, utilizada para as recomendações de adubação (Fazenda Experimental Canguiri UFPR, 2011).

Out/2011	pH		Al ⁺³	H ⁺ Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	Argila
	CaCl ²	SMP			cmol _c /dm ³					mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	%			g.kg ⁻¹
Gleba 1	4,70	5,05	0,30	10,10	5,90	3,10	0,11	9,11	19,21	3,60	18,7	48	3	1,9	612,5
Gleba 2	4,95	5,55	0,00	6,95	5,85	3,15	0,30	9,30	16,25	19,85	16,7	57	0	1,9	525,0
Gleba 3	5,20	5,75	0,00	6,10	5,85	3,25	0,13	9,23	15,33	3,10	18,2	61	0	1,8	425,0
Gleba 4	5,15	5,55	0,00	6,95	6,05	3,40	0,11	9,56	16,51	2,55	20,2	58	0	1,8	412,5
Gleba 5	5,50	6,25	0,00	4,15	5,30	3,25	0,08	8,63	12,78	3,50	11,9	68	0	1,7	437,5
Gleba 6	5,05	5,50	0,00	7,20	5,75	3,55	0,04	9,34	16,54	2,40	18,2	57	0	1,6	562,5

Fonte: Adaptado de Lucchesi (2011).⁶

Tabela 2 - Análise de solos após a colheita das lavouras de milho e girassol, com a coleta feita no dia 28 de março de 2014 a uma profundidade de 0 a 20 cm (Fazenda Experimental Canguiri UFPR, 2011).

Sistema de Produção	pH		Al ⁺³	H ⁺ Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg
	CaCl ²	SMP			cmol _c .dm ⁻³					mg.dm ⁻³	g.d m ⁻³	%		
LF (girassol)	5,40	6,20	0,00	4,30	5,63	3,27	0,09	8,99	13,29	2,03	22,9	67	0	1,7
Lm (girassol)	5,25	6,00	0,05	5,20	5,08	2,95	0,08	8,10	13,30	1,98	21,3	61	1	1,7
LF (milho)	5,35	6,25	0,00	4,10	4,80	2,90	0,15	7,85 10,5	11,95	1,73	19,8	65	0	1,7
Lm (milho)	5,60	6,23	0,00	4,23	6,37	4,07	0,08	1	14,74	2,20	24,6	71	0	1,6
LF	5,38	6,23	0,00	4,20	5,22	3,08	0,12	8,42	12,62	1,88	21,3	66	0	1,7
Fm	5,43	6,27	0,00	4,10	4,80	2,90	0,14	7,84	11,94	1,50	21,0	66	0	1,7
Lm	5,43	6,12	0,03	4,72	5,72	3,51	0,08	9,31	14,02	2,09	22,9	66	0	1,7

⁶ LUCCHESI, L. A. C. Dados de aula. Curitiba, PR. 2011. Não publicado.

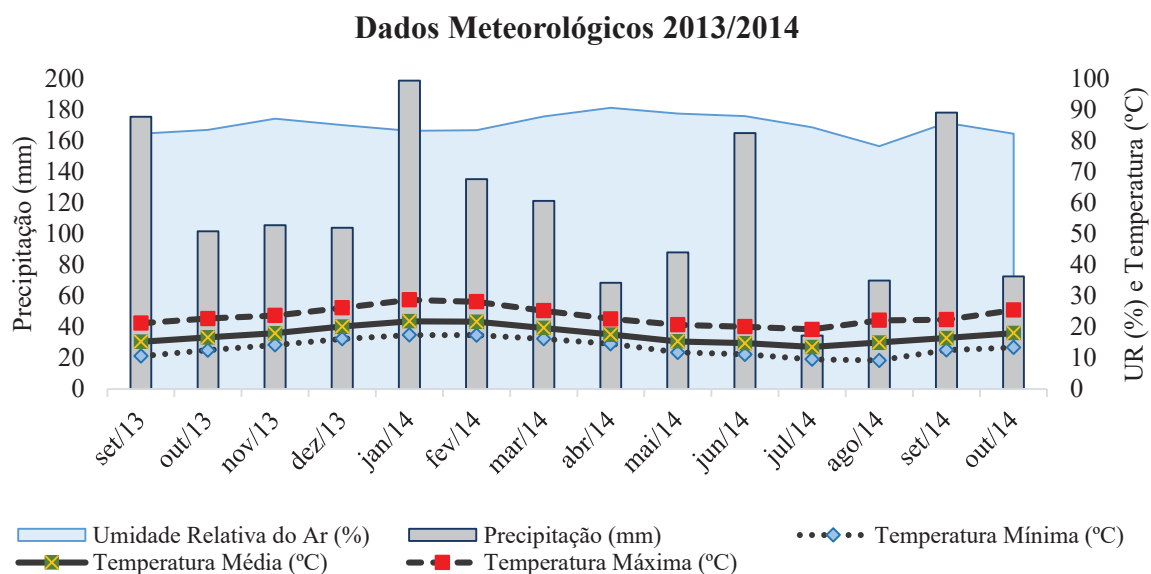


Figura 1 - Gráfico com os dados meteorológicos da estação de Pinhais - PR referente ao período do experimento de setembro de 2013 a outubro de 2014.

Fonte: Adaptado de SIMEPAR, 2015.

Tabela 3 - Tabela com os dados meteorológicos da estação de Pinhais - PR referente ao período do experimento de setembro de 2013 a outubro de 2014.

	Precipitação (mm)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
set/13	175,4	10,59	15,20	21,20	82,24
out/13	101,6	12,51	16,64	22,69	83,41
nov/13	105,6	14,17	17,95	23,65	87,11
dez/13	103,8	16,17	20,12	26,15	85,04
jan/14	198,6	17,39	21,83	28,70	83,12
fev/14	135,2	17,33	21,64	28,11	83,37
mar/14	121,2	16,13	19,67	25,22	87,76
abr/14	68,4	14,53	17,55	22,57	90,54
mai/14	88	11,78	15,34	20,69	88,73
jun/14	164,8	11,13	14,77	20,07	87,85
jul/14	34,4	9,54	13,54	19,20	84,26
ago/14	69,8	9,19	14,98	22,12	78,23
set/14	178	12,54	16,43	22,32	85,75
out/14	72,6	13,37	18,00	25,42	82,25
Soma ou Média	1617,4	13,31	17,40	23,44	84,98

Fonte: Adaptado de SIMEPAR, 2015.

Tabela 4 - Distribuição de frequências de *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade em monocultivo (Fm) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

Classe	Limite Inferior (cm)	Centro de Classe (cm)	Limite Superior (cm)	f(i) acu	f(i)	Frequência Relativa Acumulada (%)	Frequência Relativa (%)
1	0,10	0,42	0,75	23	23	15,8%	15,8%
2	0,75	1,08	1,41	43	20	29,5%	13,7%
3	1,41	1,74	2,07	63	20	43,2%	13,7%
4	2,07	2,40	2,73	100	37	68,5%	25,3%
5	2,73	3,06	3,38	119	19	81,5%	13,0%
6	3,38	3,71	4,04	141	22	96,6%	15,1%
7	4,04	4,37	4,70	146	5	100,0%	3,4%
Total				146		100%	100%

Tabela 5 - Distribuição de frequências de *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade em um sistema lavoura-floresta (LF) (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

Classe	Limite Inferior (cm)	Centro de Classe (cm)	Limite Superior (cm)	f(i) acu	f(i)	Frequência Relativa Acumulada (%)	Frequência Relativa (%)
1	0,32	0,70	1,09	11	11	9,6%	9,6%
2	1,09	1,48	1,87	19	8	16,7%	7,0%
3	1,87	2,25	2,64	35	16	30,7%	14,0%
4	2,64	3,03	3,42	60	25	52,6%	21,9%
5	3,42	3,80	4,19	96	36	84,2%	31,6%
6	4,19	4,58	4,97	107	11	93,9%	9,6%
7	4,97	5,35	5,74	114	7	100,0%	6,1%
Total				114	114	100%	100%

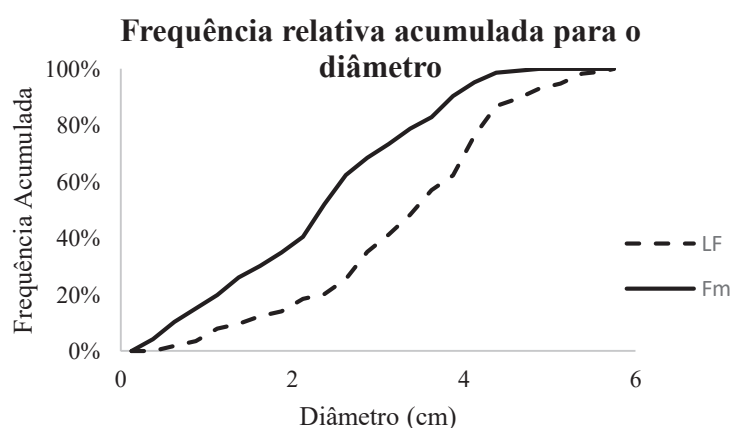


Figura 2 - Gráfico de frequência relativa acumulada para *Eucalyptus benthamii* aos 12 meses de idade em sistema lavoura-floresta e em monocultivo (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).

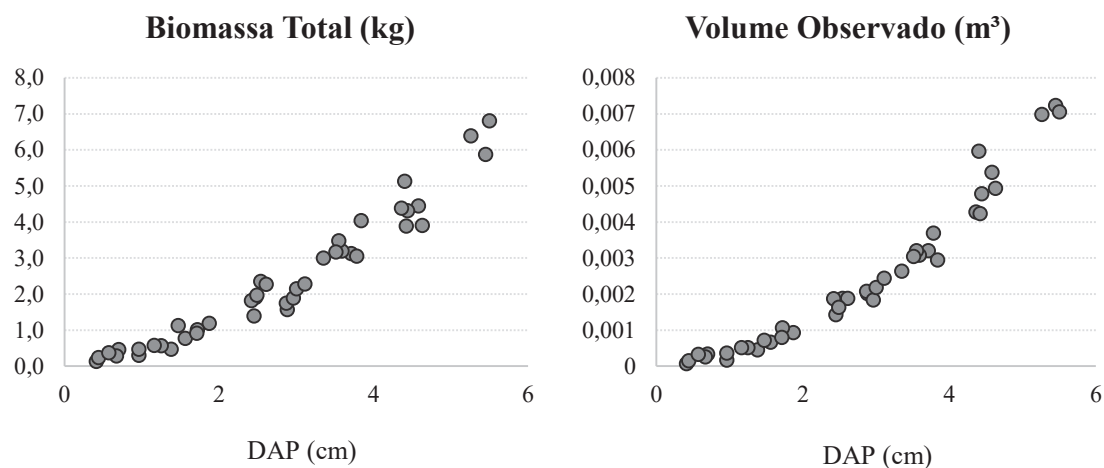


Figura 3 - Gráficos dos pontos observados da estimativa da biomassa total individual e do volume individual pela cubagem rigorosa pelo método de Newton, para *E. benthamii* aos 12 meses de idade (Fazenda Experimental Cangüiri UFPR, 2014).



Figura 4 - *Eucalyptus benthamii* em outubro de 2013 no tratamento floresta em monocultivo. Fonte: O autor (2014).



Figura 6 - Tratamento do sistema lavoura-floresta com milho em janeiro de 2014. Fonte: O autor (2014).



Figura 5 - *Eucalyptus benthamii* em sistema lavoura-floresta com milho em dezembro de 2013. Fonte: O autor (2014).



Figura 7 - Tratamento do sistema lavoura-floresta com girassol em janeiro de 2014. Fonte: o Autor (2014).



Figura 8 - Tratamento do sistema em monocultivo de milho em janeiro de 2014.
Fonte: o Autor (2014).



Figura 9 - Tratamento do sistema em monocultivo de girassol em janeiro de 2014.
Fonte: o Autor (2014).



Figura 10 - Ensacamento dos capítulos de girassol em fevereiro de 2014.
Fonte: o Autor (2014).



Figura 11 - *Eucalyptus benthamii* em sistema lavoura-floresta em agosto de 2014, com cobertura de inverno.
Fonte: o Autor (2014).



Figura 12 - Inventário sistemático com 10% de intensidade amostral no final de setembro de 2014 no tratamento lavoura-floresta com cobertura de inverno.
Fonte: Gilmar P. Triches (2014).



Figura 13 - Amostragem de biomassa e cubagem rigorosa com o auxílio dos estagiários e pós-graduandos do NITA no começo de outubro de 2014 no tratamento floresta monocultivo.
Fonte: Gilmar P. Triches (2014).