



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**OTÁVIO DOS SANTOS LIMEIRA LUZ**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE CLONES DE EUCALIPTO  
EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO NO ESTADO DO  
TOCANTINS**

**GURUPI - TO  
2017**



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**OTÁVIO DOS SANTOS LIMEIRA LUZ**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE CLONES DE EUCALIPTO  
EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO NO ESTADO DO  
TOCANTINS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. DSc. Tarcísio Castro Alves de Barros Leal

Co-orientador: Prof. DSc. Cristiano Bueno de Moraes

**GURUPI - TO  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L979c Luz, Otávio dos Santos Limeira.  
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE CLONES DE  
EUCALIPTO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO NO  
ESTADO DO TOCANTINS. / Otávio dos Santos Limeira Luz. – Gurupi,  
TO, 2017.  
76 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em  
Produção Vegetal, 2017.

Orientador: Tarcísio Castro Alves de Barros Leal

Coorientador: Cristiano Bueno de Moraes

1. Integração lavoura-pecuária-floresta. 2. Arranjos estruturais. 3.  
Interceptação luminosa. 4. Eucalyptus spp. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de  
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que  
citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime  
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da  
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO TOCANTINS

ATA nº 03/2017

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE OTÁVIO DOS SANTOS LIMEIRA LUZ, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**

Aos 15 dias do mês de Dezembro do ano de 2017, às 14:00 horas, na Sala de aula 02 do prédio da Pós Graduação em Produção Vegetal do campus de Gurupi, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador DSc. Tarcísio Castro Alves de Barros Leal do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. DSc. Saulo de Oliveira Lima do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof<sup>a</sup>. DSc. Susana Cristine Siebeneichler do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. DSc. Thiago Gledson Rios Terra do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, e Prof. DSc. Sergio José da Costa do Campus Universitário de Gurupi/ Instituto Federal do Tocantins sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de Otávio dos Santos Limeira Luz, intitulada "Caracterização morfométrica de clones de eucalipto em sistemas integrados de produção no Estado do Tocantins". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-o ao título de Doutor em Produção Vegetal.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

DSc. Saulo de Oliveira Lima  
Universidade Federal do Tocantins  
Primeiro examinador

DSc. Susana Cristine Siebeneichler  
Universidade Federal do Tocantins  
Segundo examinador

DSc. Thiago Gledson Rios Terra  
Universidade Federal do Tocantins  
Terceiro examinador

DSc. Sergio José da Costa  
Instituto Federal do Tocantins  
Quarto examinador

DSc. Tarcísio Castro Alves de Barros Leal  
Universidade Federal do Tocantins  
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 15 de Dezembro de 2017.

DSc. Rodrigo Ribeiro Fidelis  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

**A Deus meu fiel e eterno protetor.**

**À minha mãe Osvalda e avó Isaura (ambas in memória) as quais,  
mesmo não estando presentes, me oportunizaram todo o apoio necessário e  
inspiração à minha trajetória.**

**À minha Família que me apoiaram e me deram forças em toda minha  
vida, e que sempre acreditaram em mim.**

**À Minha esposa Larissa, meu filho Vincenzo e aos meus sogros que  
estiveram sempre ao meu lado me apoiando.**

**Ao meu pai e aos meus irmãos que não mediram esforços em tudo que  
necessitei.**

**Aos amigos que me deram força nesta vitória.**

**Muito obrigado!**

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus criador do céu e da Terra, que permitiu a concretização desta vitória, me dando saúde, alegria e felicidades ontem, hoje e em todo o sempre.

À minha mãe Osvalda (in memória) em que mesmo presente apenas nos primeiros cinco anos de minha vida, me ensinou a aprender o novo, respeitando o próximo como a mim mesmo tendo humildade, dando carinho e atenção resultando em amizade, confiança e aprendizagem no dia a dia em caminho ao sucesso.

À minha avó Isaura (in memória) que me educou sendo minha segunda mãe, me protegendo e ensinando os caminhos da vida;

À minha esposa Larissa, meu filho Vincenzo e seus pais que sempre me apoiaram e incentivaram no meu crescimento profissional e humano.

Ao meu pai José Gomes da Luz que diante de tantas dificuldades procurou ser presente e atencioso às minhas necessidades.

Aos meus irmãos Marcus e Mateus, e meu primo Roberto, que estiveram convivendo comigo e me apoiaram nesta conquista.

À toda minha família que sempre me apoiaram nos bons e maus momentos da minha vida, ensinando, ouvindo e aconselhando em especial às minhas tias Maria do Carmo e Maria da Paz.

Ao meu orientador DSc. Tarcísio Castro Alves de Barros Leal e ao co-orientador DSc. Cristiano Bueno de Moraes que me ensinaram e ajudaram durante o Mestrado e Doutorado, me orientando na vida profissional e humana de forma ética, cidadã e com respeito, tendo como princípio a humildade e a busca pelo crescimento científico e profissional.

Aos professores componentes da banca de defesa que estiveram colaborando com o processo de qualificação e defesa de tese, prestando-me a mais singela e completa contribuição neste trabalho.

Aos grandes mestres docentes de Carolina-MA e da Universidade Federal do Tocantins/Campus de Gurupi, pelos quais, contribuíram para minha formação profissional e humana, em especial aos docentes do programa de pós graduação em produção vegetal da UFT/Campus de Gurupi.

À Empresa Aliança Florestal e a todos os funcionários que me apoiaram neste trabalho, em especial ao Jozimar, Irivan e Sueli.

A toda equipe que participou da minha trajetória na pesquisa e desenvolvimento de trabalhos na UFT, e que fizeram possível a conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal do Tocantins, especialmente ao Campus Universitário de Gurupi pela oportunidade de concluir várias das formações que obtive.

A todos servidores da Universidade Federal do Tocantins pela dedicação, amizade e colaboração, nos quais guardarei lembranças de cada um.

Às eternas amigadas que fiz nesta jornada em Gurupi, especialmente à minha turma e a todos não mencionados aqui que, de alguma forma, contribuíram nessa minha importante vitória.

À Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins, que me oportunizaram através da flexibilização de horário e apoio para o andamento e conclusão deste Curso, em especial aos profissionais lotados em Aliança do Tocantins, Crixás do Tocantins e Gurupi, que compreenderam e apoiaram este Estudo.

À todos os irmãos da Terceira Igreja Batista de Gurupi, pelo cuidado, amor, orações e força suficientemente necessária à mim e minha família ao longo dos 10 anos que estive morando em Gurupi.

## RESUMO

Com o objetivo de caracterizar a morfometria de copa e seus parâmetros de luminosidades em clones de eucaliptos para quatro arranjos estruturais em sistemas integrados de produção, foi instalado um experimento com dois clones híbridos de *Eucalyptus* spp. na fazenda Aliança, de propriedade da empresa Aliança Florestal, no município de Aliança do Tocantins-TO. Foi realizado um fatorial 4 x 2 (Quatro arranjos estruturais A1= Fileira tripla (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88m; A2= Fileira dupla (3,5 x 3,5) + 44m; A3= Fileira simples 4 x 22; e A4= Fileira simples 4 x 11) e dois clones (clones de *Eucalyptus* spp. AEC-1528 e MA-2015) no delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições. Foram avaliadas e mensuradas aos três anos de idade as características: altura total da árvore (ALT) em metros; diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros, volume cilíndrico de madeira (VOL) em  $m^3 ha^{-1}$ ; área de copa (AC) em  $m^2$ ; proporção de copa (PC) em %; grau de esbeltez (GE); índice de saliência (IS); índice de abrangência (IA); e formal de copa (FC). Foram avaliadas também as características de luminosidade através do aparelho imageador CI-110 e determinado: índice de área foliar (IAF); o ângulo médio foliar (AMF) em graus; coeficiente de transmissão (CT); sunflecks (SFK) em %; e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ . Em posse dos dados foram realizadas as análises de variância e comparadas as médias dos valores das características pelo teste de Tukey a 5 %. Para o clone AEC-1528, os valores negativos do coeficiente de correlação de Pearson foram obtidos para: AMF x ALT (-0,97 a 5%); AMF x AC (-0,99 a 1%); AMF x IA (-0,99 a 1%); AMF x FC (-0,99 a 1%); CT x VOL (-0,96 a 5%); CT x IAF (-0,99 a 1%); e RFA x IS (-0,97 a 1%), e os valores positivos foram para: AC x ALT (0,98 a 5%); IA x AC (0,98 a 5%); FC x ALT (0,98 a 5%); FC x AC (0,99 a 1%); FC x IA (0,97 a 5%); e IAF x VOL (0,95 a 5%). Para o clone MA-2015 os valores negativos existentes apenas para: RFA x VOL (-0,97 a 5%); e AMF x PC (-0,99 a 1%) e os valores positivos para: PC x ALT (0,97 a 5%); AC x DAP (0,96 a 5%); SFK x DAP (0,96 a 5%) SFK x AC (0,99 a 1%); IA x VOL (0,95 a 5%); e FC x VOL (0,96 a 5%). O arranjo triplo A1 promove o maior valor de radiação fotossinteticamente ativa. O arranjo duplo A2 promove o maior valor de proporção de copa. O arranjo simples A3 é caracterizado por promover o maior valor de área de copa. O arranjo simples A4 promove o maior índice de saliência.

**Palavras-chaves:** Integração lavoura-pecuária-floresta, arranjos estruturais, interceptação luminosa, *Eucalyptus* spp,

## ABSTRACT

With the objective to characterize crown morphometry and its luminosity parameters in eucalyptus clones for four structural arrangements in integrated production systems, an experiment with two hybrid clones of *Eucalyptus* spp. on the Aliança farm, owned by the company Aliança Florestal, in the municipality of Aliança do Tocantins-TO. Was performed factorial 4 x 2 (Four structural arrangements A1 = Triple row (3.5 x 3.5 x 3.5) + 88m; A2 = Double row (3.5 x 3.5) + 44m; A3 = Row (*Eucalyptus* sp. AEC-1528 and MA-2015) in design a randomized complete block with five replicates. Were evaluated and measured the characteristics at the of three age: total height of the tree (HT) in meters; diameter at breast height (DBH) in centimeters; cylindrical volume of wood (VOL) in m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; crown área (CA) in m<sup>2</sup>; crown ratio (CR) in %; degree of slenderness (DS); index of overhang (IO); coverage index (CI); formal cup (FC). It was also evaluated the luminosity characteristics through the imager CI-110 and determined: index of leaf area (LAI); the average leaf angle (ALA) in degrees; coefficient of transmission (CT); sunflecks (SFK) in %; and photosynthetically active radiation (RFA) in  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Data were analyzed by variance analysis and the means of the characteristic values were compared by the Tukey test at 5%. For clone AEC-1528, the negative values of the Pearson correlation coefficient were obtained for: ALA x HT (-0,97 a 5%); ALA x CA (-0,99 a 1%); ALA x CI (-0,99 a 1%); AMF x FC (-0,99 a 1%); CT x VOL (-0,96 a 5%); CT x LAI (-0,99 a 1%); e PAR x IO (-0,97 a 1%), and the positive values were for: AC x HT (0.98 to 5%); CI x CA (0.98 to 5%); FC x HT (0.98 to 5%); FC x CA (0.99 to 1%); FC x CI (0.97 to 5%); and LAI x VOL (0.95 to 5%). For the MA-2015 clone the negative values exist only for: PAR x VOL (-0.97 to 5%); and ALA x PC (-0.99 to 1%) and positive values for: CR x HT (0.97 to 5%); CA x DBH (0.96 to 5%); SFK x DBH (0.96 to 5%) SFK x CA (0.99 to 1%); CI x VOL (0.95 to 5%); and FC x VOL (0.96 to 5%). The triple arrangement A1 promotes the highest value of photosynthetically active radiation. The double arrangement A2 promotes the highest crown ratio value. The simple arrangement A3 promotes the highest value crown area. The simple arrangement A4 is promotes the highest index of protrusion.

**Keywords:** Integration crop-livestock-forest, structural arrangements, light interception, *Eucalyptus* spp.

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>PÁGINA DE DEDICATÓRIA</b> .....   | i   |
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....  | ii  |
| <b>RESUMO (+ PALAVRAS-CHAVE)</b> .....   | iii |
| <b>ABSTRACT (+ KEY WORDS)</b> .....  | iv  |
| <b>SUMÁRIO</b> .....   | v   |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....  | vi  |
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....  | vii |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 11  |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | 13  |
| 2.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO - SIP.....   | 14  |
| 2.1.1 Integração lavoura-pecuária – iLP.....   | 14  |
| 2.1.2 Integração pecuária-floresta – iPF.....  | 16  |
| 2.1.3 Integração lavoura-pecuária-florestal – iLPF.....                                    | 17  |
| 2.2 COMPONENTES DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.....                                   | 18  |
| 2.2.1 Componente Lavoura.....  | 19  |
| 2.2.2 Componente da Pecuária/Forrageiras para animais.....                                 | 21  |
| 2.2.3 Componente Arbóreo/Florestal.....  | 22  |
| 2.3 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.....                                    | 24  |
| 2.3.1 Ambiental e Sociocultural.....   | 25  |
| 2.3.2 Atributos Físicos do Solo.....   | 25  |
| 2.3.3 Atributos Químicos do Solo.....  | 26  |
| 2.3.4 Atributos Biológicas do Solo.....  | 26  |
| 2.4 PERSPECTIVAS FUTURAS DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.....                          | 27  |
| 2.5 ARRANJOS ESTRUTURAIS DE COMPONENTES ARBÓREOS PARA SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO..... | 29  |
| 2.6 PARÂMETROS INTERDIMENSIONAIS DE ÁRVORES.....   | 30  |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 33  |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 39  |
| <b>5 CONCLUSÕES</b> .....  | 68  |
| <b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....  | 69  |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Espécies arbóreas potenciais para plantio em sistemas agrossilvipastoris e seus principais usos.....   | 23 |
| Tabela 2 - Características morfométricas de um indivíduo arbóreo.....   | 32 |
| Tabela 3 - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2, dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção para oito características avaliadas.....   | 41 |
| Tabela 4 - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2, dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção para seis características avaliadas.....   | 41 |
| Tabela 5 - Valores médios para as características altura total da planta (ALT) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....  | 42 |
| Tabela 6 - Valores médios para as características diâmetro à altura do peito (DAP) e volume cilíndrico de madeira (VOL) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....   | 44 |
| Tabela 7 - Valores médios para as características área de copa (AC) e proporção de copa (PC) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....  | 46 |
| Tabela 8 - Valores médios para as características grau de esbeltez (GE) e índice de saliência (IS) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....  | 48 |
| Tabela 9 - Valores médios para as características índice de abrangência (IA) e formal de copa (FC) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....  | 51 |
| Tabela 10 - Valores médios para as características índice de área foliar (IAF) e ângulo médio foliar (AMF) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....  | 54 |
| Tabela 11 - Valores médios para a característica coeficiente de transmissão (CT) dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção de produção.....  | 57 |
| Tabela 12 - Valores médios para a característica radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.....   | 59 |
| Tabela 13 - Valores de correlações de Pearson entre 14 caracteres morfofisiológicos de clones de <i>Eucalyptus</i> avaliados em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção, sendo na diagonal superior clone AEC-1528 e na diagonal inferior clone MA-2015, Aliança do Tocantins, 2017..... | 65 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Arranjos estruturais adotados para caracterização morfológica de clones de <i>Eucalyptus</i> spp. AEC-1528 = Originado a partir do cruzamento <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> pertencente à empresa ArcelorMittal; MA-2015= Originado a partir do cruzamento <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> pertencente à empresa SUZANO; A1= fileira tripla (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88m; A2= fileira dupla (3,5 x 3,5) + 44m; A3= fileira simples 4 x 22m; A4= fileira simples 4 x 11..... | 34 |
| Figura 2 - Características morfológicas de um indivíduo arbóreo, como sendo: comprimento de copa em metros= <b>Cc</b> ; altura total em metros= <b>h</b> ; diâmetro de Copa em metros= <b>Dc</b> ; área de copa em m <sup>2</sup> ; diâmetro à altura do peito em metros avaliado a 1,30 m = <b>DAP</b> .....   | 36 |
| Figura 3 – Posição de coleta de imagens hemisférica em arranjos estruturais de <i>Eucalyptus</i> para sistemas integrados de produção.....  | 37 |
| Figura 4 - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fração Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha <sup>-1</sup> (9,5% da área).....   | 61 |
| Figura 5 - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fração Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados no arranjo A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha <sup>-1</sup> (11,6% da área).....  | 61 |
| Figura 6 - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fração Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados no arranjo A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha <sup>-1</sup> (9,1% da área).....   | 62 |
| Figura 7 - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de <i>Eucalyptus</i> AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fração Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados no arranjo A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha <sup>-1</sup> (18,2% da área).....  | 63 |

## LISTA DE ABREVIações

AC - Área de Copa  
AF - Altura do fuste  
AF - Altura do fuste  
ALT - Altura total  
AMF - Ângulo Médio Foliar  
C/N - Relação Carbono/Nitrogênio  
Cc - Comprimento da copa  
CT - Coeficiente de Transmissão  
CTC - capacidade de troca catiônica  
DAP - Diâmetro à altura do peito  
Dc - diâmetro médio de copa  
DMS - densidade máxima do solo  
DR - densidade relativa  
Ds - Densidade do solo  
FC - Formas de copa  
GE - Grau de esbeltez  
h - altura total para morfometria de copa  
IA - Índice de abrangência  
IAF - Índice de Área Foliar  
iLPF - Integração lavoura-pecuária-floresta  
iPF - Integração pecuária-floresta  
IS - Índice de saliência  
Map - Macroporosidade  
Mip - Microporosidade  
MOS - Matéria orgânica do solo  
PC - Proporção de copa  
Pt - Porosidade total  
qCO<sub>2</sub> - Quociente metabólico do solo  
RBS - Respiração basal do solo  
RFA - Radiação Fotossinteticamente Ativa  
RP - Resistência a penetração  
SB - Soma de bases  
SFK - Sunflecks  
SIP - Sistemas integrados de produção  
SPD - Sistema de plantio direto  
V % - Percentagem de saturação por bases

## 1 INTRODUÇÃO

A integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) tem como objetivo a intensificação do uso da terra, através da integração espacial e temporal dos componentes do sistema produtivo, para que atinjam patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade, aliando aumento da produtividade à conservação dos recursos naturais (BALBINO et al., 2011).

No Brasil a estimativa baseada nos últimos dados publicado pelo PROBIO I (BRASIL, 2010), as áreas de culturas agrícolas, pastagens e agropecuária perfazem um total de 224,9 milhões de hectares, sendo destes 67.850,161 de hectares de área potencial de iLPF, na qual o Tocantins possui 1.145.891 de hectares de áreas com potencial para implantação de iLPF, sendo portanto o 11º estado no ranking nacional com área potencial de iLPF e com uso de apenas 5.000 ha, sendo muito abaixo do potencial (BALBINO et al., 2011).

A iLPF contempla quatro modalidades: a integração lavoura-pecuária (agropastoril); a integração lavoura-pecuária-floresta (agrossilvipastoril); a integração pecuária-floresta (silvipastoril); e a integração lavoura-floresta (silviagrícola). Nesses sistemas, adota-se a prática de consórcio, rotação ou sucessão, podendo ser em fases ou ciclos de cultivo, integrando de forma eficiente culturas perenes e anuais na mesma área ou no mesmo ano por múltiplos anos, como também a utilização de animais.

Em função da necessidade de uma agricultura de baixo carbono, atualmente incentivada através do programa ABC, mais especificamente o ABC Cerrado, um dos principais desafios consiste em conservar os estoques de carbono no solo. Dessa forma os sistemas iLPF manejados de forma eficiente poderá ser o carro chefe desse grande objetivo.

Para isso Farias Neto et al. (2011), ressaltam que as espécies utilizadas precisam apresentar características agronômicas que viabilizem e otimizem o manejo nesse novo sistema proposto. No entanto, a maioria dos programas de melhoramento genético de plantas, não desenvolvem genótipos diretamente

voltados para esses sistemas, não permitindo portanto, um melhor potencial produtivo através de novas variedades.

Para o componente florestal, recomenda-se a seleção e melhoramento de genótipos com copas menores e menos densas, e alta taxa de crescimento inicial, pois quanto maior for essa taxa, mais cedo os animais poderão ser introduzidos no sistema (FARIAS-NETO et al., 2011).

No Brasil, dentre os principais estudos que relacionaram variáveis morfométricas das árvores com variáveis de fácil obtenção, como o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (ALT), destacam-se os de Durlo e Denardi (1998), Spathelf et al. (2000), Durlo (2001), Nutto (2001), Nutto et al. (2001), Tonini e Arco-Verde (2005), Roman et al. (2009), Wink et al., (2012) e Santos et al. (2014).

A morfometria de uma árvore e as variáveis dela derivada, são usadas para transmitir uma ideia das relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, julgar o grau de concorrência de um povoamento, inferir sobre a estabilidade, a vitalidade e a produtividade de cada indivíduo (DURLO; DENARDI, 1998) podendo também, caracterizar a capacidade de sombreamento ou interceptação luminosa para manejo sistemas integrados.

Assim, o presente estudo tem como objetivo caracterizar quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção, quanto a morfometria de copa e variáveis silviculturais e de luminosidade em dois clones de *Eucalyptus* spp. no Estado do Tocantins.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O clima do planeta está em transformação e as mudanças poderão reduzir a produtividade de culturas de grãos como feijão, milho, soja e café em até 60%, segundo estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), mostrando que o futuro da produção agrícola depende da adoção imediata de sistemas agropecuários que conciliem conservação e produção de alimentos (EMBRAPA, 2009).

Alternativas que viabilizem o contorno e correção das ações degradantes de origem antrópicas e preconizem a sustentabilidade ambiental, devem ser implementadas, principalmente, em áreas agrícolas em algum estágio de degradação ou com potenciais riscos de emissões de gases do efeito estufa.

A intensificação do uso da terra em áreas já antropizadas é uma das alternativas mais aceitas pelos diferentes agentes envolvidos com a questão do desenvolvimento sustentável da agricultura, pois, um sistema de produção intensificado não deve ser sinônimo de uso excessivo ou indiscriminado de recursos produtivos, e sim de uso eficiente e racional, com o emprego de tecnologia compatível para otimizar a relação benefício/custo (BALBINO et al., 2011).

O Brasil quando comparado a outros países, possui um dos maiores potenciais de expansão de área para atender a demanda crescente de alimentos e biocombustíveis (BROWN, 2004).

Para manter o equilíbrio desse crescimento, há necessidade de pesquisas em sistemas integrados que exigem a avaliação das inter-relações entre seus componentes (sinergia e complementaridade), e que podem demandar o desenvolvimento de cultivares e de recomendações específicas para tais sistemas, como adubação e calagem para o sistema de produção, densidade dos cultivos e espécies arbóreas, arranjos espaciais, ciclagem de nutrientes, irrigação, manejo de insetos-praga, doenças e plantas daninhas, capacidade de suporte e manejo animal (BALBINO et al., 2011).

Com isso, surgem as alternativas de sistemas que preconizam a produção integrada, como uma alternativa para amenizar diversas situações negativas, como a emissão de gases de efeito estufa e as baixas produtividades por unidade de área.

## 2.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO - SIP

No Brasil diferentes modalidades de produção agrícola são utilizadas, dentre elas, o cultivo convencional através do monocultivo, seja da pecuária, da lavoura ou da floresta, podendo existir para algumas destas, um determinado grau de degradação, com conseqüente perda de produtividade.

Para contornar tais efeitos, práticas agrícolas que preconizam o uso racional do solo e da água devem ser implementadas, tendo como referência, a integração de componentes forrageiros, agrícolas e arbóreos.

Para isso, o sucesso de um sistema de produção integrada depende de alguns conceitos básicos que precisam ser priorizados como: o plantio direto, a rotação de culturas, o uso de insumos e genótipos melhorados, o uso de máquinas, de equipamentos e de mão-de-obra de forma eficiente, o manejo correto das pastagens e a produção animal intensiva em pastejo (MORAES et al., 2002).

Segundo Wilkins (2008), os sistemas mistos de produção agrícola são mais sustentáveis do que os sistemas especializados em produção de grãos e fibra. Entretanto, suas modalidades, dependerão dos objetivos e da infraestrutura disponível de cada produtor, aliada à disponibilidade de genótipos melhores adaptados às suas condições edafoclimáticas.

### 2.1.1 Integração lavoura-pecuária – iLP

Uma das alternativas para melhorar as condições edáficas de uma região, consiste em regenerar a estrutura do solo, melhorando os percentuais de matéria orgânica do solo (MOS) e conseqüentemente sua capacidade de troca catiônica (CTC). De acordo com Sousa e Lobato (2004), 75 a 93% da CTC dos solos de Cerrado se originam da MOS.

Os trabalhos com iLP nas décadas de 1980 e 1990, iniciaram-se com a utilização de variações/adaptações dos sistemas Barreirão e Santa Fé (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Além do mais, Lynch e Bragg (1985), ressaltam

que a inclusão de espécies forrageiras nos sistemas de produção é o método mais prático de manejar a estrutura do solo.

No cerrado, podem ser utilizados os Sistemas Barreirão e Santa Fé, bem como sistemas mistos, ou seja, consórcios de grãos com forrageiras tropicais (Braquiária, Panicum, Andropogon e leguminosas forrageiras), além de milho, aveia e sorgo (CRUSCIOL et al., 2011)

O “Sistema Barreirão”, é composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de áreas degradadas ou improdutivas, dentre elas, as embasadas no consórcio arroz-pastagem (KLUTHCOUSKI et al., 1991). Além do mais, essa técnica permite a recuperação ou renovação de pastagens degradadas através da inserção de outras culturas de grãos, de modo que, a correção e fertilização destas, melhorará as condições para a nova formação da forrageira que pode ser feita simultânea ao plantio da cultura de grão, durante o ciclo desta ou após a sua colheita.

O “Sistema Santa Fé”, se fundamenta na produção consorciada de culturas de grãos (especialmente milho, sorgo, milho e arroz) com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa* spp. (Syn. *Brachiaria* spp.), em áreas de lavoura com solo parcial ou totalmente corrigido, tendo como objetivos principais: a produção de forragem para a entressafra; produção de palhada em quantidade e qualidade para o sistema de plantio direto (SPD) (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003); e, produção de grãos (BALBINO et al., 2011b).

Nesta integração potencial para recuperação/renovação de pastagens degradadas, a espécie forrageira é implantada juntamente com a cultura agrícola, podendo, inclusive, compor uma estratégia de manejo rotacionado (KLUTHCOUSKI et al., 2007).

De acordo com Vilela et al. (2011) três modalidades de integração se destacam no cerrado: fazendas de pecuária, em que culturas de grãos (arroz, soja, milho e sorgo) são introduzidas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos; fazendas especializadas em lavouras de grãos, que utilizam gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo em SPD, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos ("safrinha de boi"); e fazendas que, sistematicamente, adotam a rotação de pasto e lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas

atividades. Esses sistemas podem ser praticados por parcerias entre lavoureiros e pecuaristas.

Com isso, surgiu o interesse de formação de palhada para o SPD em áreas agrícolas, dando início ao sistema iLP, onde o uso da pastagem permite a rotação ou consórcio com culturas de grãos, reduzindo a incidência de doenças e pragas, e, aumentando o retorno socioeconômico, principalmente com a utilização de animais. Entretanto, Moraes et al. (2007), relatam que introduzir uma forrageira apenas como cobertura de solo para o plantio direto não é o mais rentável, pois a produção animal aumenta a rentabilidade como no sistema soja verão-pastagem outono-inverno.

Segundo Vilela et al. (2011) uma das vantagens de se utilizar manejos de cultivo integrado com pecuária no Cerrado, ocorre por exemplo em período da seca, onde além da palhada e dos subprodutos de colheita, os pastos recém-estabelecidos permanecem verdes e com qualidade e quantidade para conferir ganhos de peso positivos ao invés de perda de peso, comum neste período do ano, na maioria das fazendas da região.

Assim, a iLP confere-se como a principal modalidade a ganhar destaque em sistemas integrados de produção, pois, promove a melhoria tanto de pecuarista que procuram recuperar pastagens degradadas, quanto lavoureiros que objetivam a produção de palhada para SPD.

### 2.1.2 Integração pecuária-floresta – iPF

O sistema silvipastoril, uma modalidade dos sistemas agroflorestais, se refere à técnica de produção na qual intencionalmente se integram numa mesma área árvores, pasto e animais que realizam o pastejo, (GARCIA; COUTO, 1997), onde sua implantação em áreas anteriormente destinadas exclusivamente a pastagens ou silvicultura pode ser uma opção bastante promissora para o uso múltiplo da terra (GARCIA et al., 2010), propiciando aos agricultores e pecuaristas a vantagem de diversificação de culturas, produção de madeira e alimento, controle da erosão e maior fertilidade do solo (BELSKY et al., 1993).

Além do mais, os sistemas silvipastoris contribuem para a proteção da biodiversidade local, melhoram a qualidade da água e do solo e sequestram maiores quantidades de carbono (MCGREGOR et al., 1999).

Nesse sentido, a integração de árvores e pastagens ocupando o mesmo espaço, estabelece portanto, uma modalidade viável e promissora, uma vez que a produção de forragens para alimentação de animais e o incremento anual de madeira, favorece um maior giro de capital e retorno econômico ao produtor a curto, médio e longo prazo.

### 2.1.3 Integração lavoura-pecuária-florestal – iLPF

A iLPF constitui-se como uma das modalidades mais completas dos sistemas de produção integradas, pois, permite numa mesma área, a produção de forrageiras, carne, grãos e madeira.

Apresenta como objetivo a intensificação do uso da terra, através da integração espacial e temporal dos componentes do sistema produtivo, para que atinjam patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade aliando aumento da produtividade à conservação dos recursos naturais (BALBINO et al., 2011).

A utilização da iLPF permite a implantação de um sistema agrícola sustentável, com uso dos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre graníferas, forrageiras e espécies arbóreas, de forma a produzir, na mesma propriedade, grãos, carne ou leite e produtos madeireiros e não-madeireiros durante todo ano (BALBINO et al., 2011).

Segundo Romano (2010), os ganhos mais evidentes dos sistemas iLPF são: o sequestro de carbono, com redução da emissão de gases de efeito estufa, a eliminação da necessidade de desmatamento e consequente proteção da biodiversidade, a recuperação da qualidade e da capacidade produtiva do solo, a maior infiltração da água das chuvas, reduzindo a erosão do solo, diminuição da evapotranspiração da água do solo, menor incidência de pragas e doenças, diversificação da produção e minimização dos riscos climáticos e de mercado e aumento do bem-estar animal pelo micro clima gerado pelo componente florestal.

Conforme relatado por Dias Filho (2007), a implantação de sistemas iLPF é apontada como uma das opções promissoras para a recuperação da produtividade de pastagens, diversificação das atividades econômicas, promoção de melhorias ambientais e que incorporem áreas já alteradas ao processo produtivo com incremento em biodiversidade e sequestro de carbono.

Esse sistema traz também como benefício, a implantação do SPD, o qual, reduz as perdas de solo por erosão hídrica e eólica, reduz o assoreamento e a eutrofização de represas, rios e riachos, melhora as características físicas do solo, elevando sua capacidade de infiltração, retenção de água e os teores de matéria orgânica, beneficiando o produtor através da redução do uso de máquinas e do intervalo entre a colheita de uma cultura e o plantio da cultura seguinte, ganhando, com isto, o tempo que seria necessário para arar e gradear o terreno (FREITAS et al. 2010).

Assim, a iLPF poderá se tornar a modalidade de produção integrada mais completa e atrativa do ponto de vista, ambiental, social, cultura e econômico, promovendo ao produtor rural, a diversificação de produção e o uso de práticas e manejo racionais da água e do solo.

## 2.2 COMPONENTES DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Em um sistema dinâmico como os agrossilvipastoris, a escolha dos componentes arbóreo, agrícola, forrageiro e animal deve ser bastante criteriosa, pois os efeitos interativos de convivência aparecem com o tempo e podem ser cumulativos (VENTURIM et al., 2010).

Para a escolha de variedades de diferentes espécies para o cultivo, é de suma importância o conhecimento de sua adaptação ou recomendação edafoclimática. Este conceito enfatiza a importância tanto do comportamento de genótipos desenvolvidos para diferentes sistemas, quanto também do melhoramento genético ou seleção de espécies direcionadas ao conjunto de especificidades dos sistemas de produção integrada, aliado ao manejo cultural de cada componente, à nutrição mineral e às práticas sustentáveis de manejo e uso da água e do solo.

No entanto, a maioria dos programas de melhoramento genético de plantas, não desenvolvem essas espécies diretamente voltadas para esses sistemas, não permitindo portanto, um maior potencial produtivo destas novas variedades.

Assim, o conhecimento da resposta de cada componente para diferentes modalidades de sistemas integrados de produção, se torna importante para tomadas de decisões e escolha de genótipos melhores adaptados.

### 2.2.1 Componente Lavoura

A escolha da cultura agrícola a ser implantada no sistema de iLPF depende de fatores, pelos quais, exigem para a lavoura, condições diversificadas quando comparadas a sistemas convencionais. Freitas et al. (2010) citam como características para adoção desses componentes: adaptação às condições ambientais (clima, solo e manejo); características da propriedade (tradição de cultivo, nível tecnológico, assistência técnica, disponibilidade de maquinários, galpões de armazenamento e mão-de-obra, etc); mercado (escoamento da produção e preço) e adaptação ao cultivo consorciado com espécies arbóreas e com forrageiras, para formação de pastagens.

Dentre as diversas culturas anuais, o milho tem sido a espécie mais utilizada no consórcio com cultivos arbóreos (MACEDO et al., 2006; FERREIRA et al., 2007) e com forrageiras para formação de pastagens (JAKELAITIS et al., 2004, FREITAS et al., 2005), principalmente por sua tradição de cultivo, disponibilidade de genótipos comerciais adaptados às diferentes regiões ecológicas do Brasil, e suas inúmeras utilidades na propriedade rural (FREITAS et al. 2010).

Para o cultivo do milho em sistemas de integração em consórcio com gramíneas forrageiras, características importantes são a altura de inserção da espiga e a tolerância a seca (DURÃES et al., 2004).

Freitas et al. (2010) citam também a soja como uma cultura promissora em sistema de iLPF, devido sua adaptação a solos de baixa fertilidade, e como uma cultura para anteceder a pastagem, em sistema de rotação, que apresenta rápida decomposição de sua palhada, liberando os nutrientes no solo, em especial o nitrogênio, sendo o seu cultivo mais indicado no primeiro ano de implantação do sistema, uma vez que em consorciação com forrageiras, tem como fator limitante a dificuldade de colheita mecanizada.

A utilização de cultivares de soja de ciclo de maturação precoce, visa diminuir a necessidade de pulverizações com fungicidas para o controle da ferrugem asiática e também para permitir um segundo cultivo durante o período chuvoso, em safrinha (SOUZA et al., 2006), utilizando as culturas de milho ou algodão ou em menor escala com pastagens (FARIAS NETO et al., 2011). Os

mesmos autores relatam a importância de selecionar genótipos de soja com resistência à chuva na colheita para o cultivo de cultivares de ciclo precoce, pois tais cultivares atingem o ponto de colheita em épocas de intensa precipitação, estando sujeitas a perdas devido à queda na qualidade (grãos ardidos, mofados e afins).

Guimarães et al. (2001) citam o arroz de terras altas que deixou de ser apenas a cultura de áreas recém-desmatadas, com baixo nível de tecnologia, para participar de sistemas de produção mais tecnificados, como em rotação com a cultura da soja. Para os sistemas de iLPF, o estabelecimento desta cultura em áreas de plantio direto (FARIAS NETO et al., 2011), seleção de variedades com maior capacidade de perfilhamento (CRUSCIOL et al., 1999), e o desenvolvimento de cultivares com maior tolerância à seca (BRESEGHELLO, 1998; TERRA et al., 2013), estão como objetivos de programas de melhoramento genético para o arroz.

O sorgo que também é citado para produção de etanol, pode ser uma alternativa em sistemas integrados de cultivo no cerrado, com genótipos de alta produção de biomassa para a produção de etanol de segunda geração e uma melhor composição da parede celular (EMBRAPA, 2011).

Nesse contexto de diferentes espécies que compõem a lavoura, torna-se importante o conhecimento da resposta de suas cultivares quando em consórcio com espécies forrageiras, para fins de manejo e condição que não prejudique a cultura principal. Como exemplo, as culturas do feijão (SILVA et al., 2006) e do milho (JAKELAITIS et al., 2004; FREITAS et al., 2005) são boas competidoras com forrageiras do gênero *Brachiaria*, por fecharem rapidamente o solo, causando redução da luz disponível para a forrageira e diminuindo sua taxa de crescimento.

Segundo Freitas et al. (2010) o feijão, assim como a soja, também pode anteceder o pasto em sistema de rotação de culturas, uma vez que seus restos culturais decompõem-se rapidamente, liberando os nutrientes para a forrageira.

Diversas outras culturas podem fazer parte do sistema iLPF, conforme adaptação às condições edafoclimáticas de cada região, do potencial de consorciação, da plasticidade fenotípica, do interesse e poder econômico do produtor e do mercado consumidor para os produtos, como é o caso de

culturas como arroz, mandioca, algodão, girassol e outras (FREITAS et al., 2010).

Com isso, verifica-se a importância da caracterização e utilização correta de culturas agrícolas em sistemas integrados de produção, uma vez que, quando em consórcio, rotação ou sucessão, estas apresentam diferentes respostas quando comparado a cultivos solteiros.

### 2.2.2 Componente da Pecuária/Forageiras para animais

No Brasil, vários programas de melhoramento genético de plantas, têm voltado seus objetivos para o desenvolvimento de cultivares tolerantes e resistente a estresses abióticos e bióticos respectivamente. Farias Neto et al. (2011) citam como exemplo, o melhoramento de forrageiras para o aumento da produtividade e da qualidade, a resistência a pragas e doenças, a produção de sementes de boa qualidade, o uso eficiente de fertilizantes e a adaptação a estresses edáficos e climáticos.

Para sistemas de iLPF, um dos principais objetivos, consiste na seleção de materiais tolerantes ao sombreamento, uma vez que à medida que cresce o componente arbóreo, a taxa de luminosidade para os demais componentes é reduzida.

Quando analisada sob duas camadas de sombreamento, sendo a primeira, referente ao componente arbóreo, e a segunda, ao componente lavoura, as forrageiras apresentam o seu desenvolvimento e produtividade afetados em sistemas integrados de produção. Nesse sentido Costa et al. (2004) ressaltam que a produção de forragem em sistemas de iLPF só é viável, desde que sejam selecionadas gramíneas e leguminosas forrageiras tolerantes ao sombreamento. No entanto, Meirelles e Mochiutti (2011) relatam que os programas de melhoramento das plantas forrageiras normalmente são desenvolvidos em condições de plena luz e, portanto, as espécies selecionadas podem não ser tolerantes a sombra.

Segundo Wong (1991) o uso de espécies forrageiras tolerantes às condições resultantes da presença de árvores, como o sombreamento, requer capacidade da espécie em crescer à sombra em relação ao crescimento a pleno sol, e sob a influência de desfolhações regulares. Porém, a tolerância das forrageiras à sombra deve ser caracterizada não só pela sobrevivência,

mas também pela adaptação ao manejo, às condições edafoclimáticas da região e produção satisfatória de matéria seca (GARCIA; ANDRADE, 2001).

Além da tolerância ao sombreamento, características como capacidade de formação de palhada, facilidade em dessecação e controle, e produtividade também são preconizadas para os sistemas integrados de produção - SIP.

Nesse sentido, Farias Neto et al. (2011) ressaltam que a maioria das forrageiras tropicais de importância econômica possuem uma grande variabilidade genética que pode ser explorada na seleção de novas cultivares com características desejáveis.

Assim, a caracterização do ambiente sombreado e da tolerância destas forrageiras ao sombreamento, tornam-se importantes para o conhecimento e sucesso deste componente em SIP.

### 2.2.3 Componente Arbóreo/Florestal

Para a escolha da espécie arbórea, deve-se conciliar a finalidade do componente florestal e adaptabilidade de sua genética às condições edafoclimáticas em que será cultivado. Diante disso, Farias Neto et al. (2011) enfatizam que para a escolha do componente arbóreo para iLPF, deve-se levar em consideração aspectos relacionados com a silvicultura da espécie, a produção de bens e serviços, a presença de efeitos alelopáticos e de toxidez e, também, relacionados com a morfologia da copa e do sistema radicular das árvores, sendo importante, inicialmente, definir o uso que será dado ao componente arbóreo, seja ele para produção de carvão, celulose, postes, mourões, madeira serrada, óleos essenciais, frutos, dentre outros.

Nesse aspecto, Oliveira Neto e Paiva (2010), citam diferentes funções do componente arbóreo em um sistema agrossilvipastoril ou iLPF, tais como produção de madeira, frutos, sementes, resina, látex, óleos e também promover o incremento da diversidade, da ciclagem de nutrientes, melhoria do microclima para criação animal, proteção do solo, entre outros serviços ambientais.

Os mesmos autores ressaltam a importância da condição edáfica para a escolha da espécie do componente arbóreo, quando a finalidade for a produção de madeira, a profundidade efetiva do solo passa a ter relevância, devendo-se escolher locais com profundidade efetiva do solo superior a 50 cm,

em locais de boa drenagem, e superior a 100 cm, em locais de drenagem deficiente, caso contrário, o componente arbóreo deve ter outra (s) finalidade (s), tais como produção de frutos, pasto apícola, dentre outros.

Nesse sentido, é importante o conhecimento das principais espécies utilizadas em SIP, com suas respectivas finalidades de usos. Paiva e Vital (2003) citam espécies florestais em relação às finalidades de uso como sendo: para lenha e carvão; papel e celulose; móveis; postes, dormentes e moirões; estrutura e construção civil; e taninos (Tabela 1).

**Tabela 1** – Espécies arbóreas potenciais para plantio em sistemas agrossilvipastoris e seus principais usos

| <b>Usos</b>                  | <b>Espécies mais recomendadas</b>  |
|------------------------------|--|
| Lenha e carvão vegetal       | <i>Mimosa scabrella</i> (bracatinga), <i>Anadenanthera peregrina</i> (angico-vermelho) <i>Piptadenia gonoacantha</i> (pau-jacaré), <i>Machaerium nictitans</i> (bico-de-pato), <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>Corymbia citriodora</i> , <i>E. cloeziana</i> , <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. tereticornis</i> , <i>E. urophylla</i> , e híbridos urograndis ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) |
| Papel e celulose             | <i>E. grandis</i> , <i>E. saligna</i> , <i>E. dunni</i> , <i>E. viminalis</i> , <i>E. urophylla</i> e híbridos urograndis ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) e <i>Gmelina arborea</i>   |
| Móveis                       | <i>Coriniana legalis</i> (jequitibá-rosa), <i>Tooma ciliata</i> (cedro-australiano), <i>Tectona grandis</i> , <i>E. grandis</i> , <i>E. saligna</i> , <i>E. urophylla</i> , <i>E. dunni</i> e híbridos urograndis ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )  |
| Postes, dormentes, moirões   | <i>C. citriodora</i> , <i>E. tereticornis</i> , <i>E. pilularis</i> , <i>E. Microcorys</i> , <i>E. cloeziana</i> , <i>e. urophylla</i> , <i>E. paniculata</i> e <i>E. grandis</i>  |
| Estrutura e construção civil | <i>Anadenanthera peregrina</i> (angico-vermelho), <i>Plathymenia foliosa</i> (vinhático), <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>C. citriodora</i> , <i>E. paniculata</i> , <i>E urophylla</i> e <i>E. cloeziana</i>   |
| Taninos                      | <i>Anadenanthera peregrina</i> (angico-vermelho), <i>Acacia mearnsii</i> (acácia-negra), <i>Lecythis pisonis</i> (sapucaia), <i>Casuarina equisetifolia</i> (casuarina) <i>E. camaldulensis</i> , <i>C citriodora</i> e <i>E. smithii</i>  |

Fonte: (PAIVA; VIDAL, 2003).

O conhecimento dos diferentes usos e finalidades que as espécies do componente arbóreo possuem, é importante para a orientação da escolha das mais favoráveis. No entanto, além da finalidade, o manejo e a resposta dentro de diferentes modalidades de SIP, são importantes, pois trarão efeitos diretos aos demais componentes do sistema.

Como exemplo, Garcia et al. (2010) citam a altura mínima das árvores para entrada de animais como sendo de 2,5 m, de modo que não haja danos mais severos.

Assim, a caracterização deste componente dentro das diferentes modalidades de SIP, corresponde como a principal escolha para o sucesso, pois através deste, será possível, incluir os variados componentes agrícolas e forrageiros dentro da condição imposta pelo componente arbóreo, velocidade de crescimento, nível de sombreamento, alelopatia, dentre outros.

### 2.3 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Quando se fala em agricultura moderna, sustentável e produtiva, vem o conceito de sistemas que preconizam o uso intensivo do solo através de práticas e manejos conservacionistas ao mesmo, e a água. Para isso, o conhecimento dos atributos físicos, químicos e biológicos, é de fundamental importância para o monitoramento do efeito das alterações agrícolas estabelecidas no solo, através das práticas a ele aplicadas.

Balbino et al. (2012), ressaltam que as diferentes modalidades e sistemas de iLPF podem contribuir significativamente para o estabelecimento de uma agricultura dentro dos preceitos da sustentabilidade, pois contorna e corrige os desequilíbrios impostos pelos sistemas simplificados de produção, cujo manejo de solos e culturas não priorizam adequadamente a conservação da água e do solo.

A associação de espécies e seus genótipos adaptados edafoclimaticamente em sistemas integrados, juntamente com o uso de práticas conservacionistas se torna a opção mais promissora para a recuperação de áreas degradadas, ganho econômico sustentável e de possibilidade de melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo como também contribuir para uma menor incidências de emissão de gases do efeito estufa.

### 2.3.1 Ambiental e Sociocultural

O desenvolvimento agrícola sustentável depende da formulação de uma agenda que contemple os seguintes aspectos: a) conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais; b) redução da poluição/contaminação do ambiente e do homem; c) conservação e melhoria da qualidade do solo e da água; d) manejo integrado de insetos-praga, doenças e plantas daninhas; e) valorização dos sistemas tradicionais de manejo dos recursos; f) redução da pressão antrópica na ocupação e uso de ecossistemas e ambientes frágeis; e g) adequação às novas exigências do mercado (BALBINO et al., 2011).

De acordo com Wilkins (2008), a ecoeficiência, seria o elemento-chave para a sustentabilidade dos sistemas de produção. O termo sustentabilidade só será verificado se o sistema preconizado for: (i) tecnicamente eficiente; (ii) ambientalmente adequado; (iii) economicamente viável; e (iv) socialmente aceito (BALBINO et al., 2011).

Assim, a seleção de genótipos de espécies vegetais para o desenvolvimento de agroecossistemas com características de ecossistemas naturais, tornando-os mais estáveis e diversificado, se torna portanto, uma estratégia promissora capaz de conciliar ecoeficiência com desenvolvimento socioeconômico.

Desta forma o conceito da prática de iLPF engloba todos os princípios considerados socialmente correto e ecologicamente viável de forma a estabelecer a interrelacionalidade ambiental, social e cultural.

### 2.3.2 Atributos Físicos do Solo

A princípio vale ressaltar que as diferentes modalidades de iLPF (silvipastoril, silviagrícola, agropastoril e agrossilvipastoril), implantadas em agroecossistemas com diferentes tipos de solos (diferentes textura, fertilidade, estrutura, etc.), merecem especial atenção e estudos, especificamente sobre: física dos solos (densidade, compactação, resistência à penetração, estabilidade de agregados, porosidade, dinâmica e retenção hídrica, etc.); atividade biológica (macro, meso e microbiologia); e fertilidade do solo e reciclagem de nutrientes (BALBINO et al., 2011).

Assim, dentre os principais atributos físicos a serem considerados na implantação e monitoramento de um sistema de iLPF, são citados: 1 - a densidade do solo (Ds); 2 - a densidade máxima do solo (DMS); 3 - a densidade relativa (DR); 4 - a porosidade total (Pt); 5 - a macroporosidade (Map); 6 - a microporosidade (Mip); e 7 - a resistência a penetração (RP).

### 2.3.3 Atributos Químicos do Solo

Os atributos químicos do solo refletem de forma mais imediata ao efeito causado pelo manejo que é adotado, além de permitirem uma melhor compreensão da dinâmica dos elementos considerados nutrientes para as plantas e organismos do solo (GONÇALO-FILHO, 2015).

Dentre os principais atributos químicos a se considerar na implantação e monitoramento de um sistema de iLPF, podem ser citados os que têm sido empregado para avaliar a intensidade dos impactos de uso e manejo das terras na qualidade do solo e do ambiente como um todo, onde Menezes (2008) apresenta: 1 - o conteúdo da matéria orgânica do solo (MOS) e seus compartimentos; 2 - estoque de carbono; 3 - valores de pH; 4 - alumínio; 5 - cálcio; 6 - magnésio; 7 - potássio; 8 - fósforo; 9 - soma de bases (valor SB); 10 - capacidade de troca de cátions (valor CTC); e 11 - percentagem de saturação por bases (valor V).

Nesse sentido, dentre os atributos químicos mais estudado em sistema integrados, a matéria orgânica do solo se constitui como a que mais se relaciona com os demais atributos químicos, como também os físicos e biológicos do solo.

O teor de matéria orgânica não é propriamente um indicador de qualidade física do solo, mas influencia direta e indiretamente várias propriedades que estabelecem a sua qualidade física (CHRISTENSEN; JOHNSTON, 1997).

### 2.3.4 Atributos Biológicas do Solo

As propriedades da biologia do solo, são importantes indicadores a serem utilizados no monitoramento das alterações ambientais decorrentes do uso agrícola (ARAUJO; MONTEIRO, 2007). Dentre as propriedades biológicas Silva et al. (2010) apontam a respiração basal, ou atividade microbiana que

assim como outros processos metabólicos, é dependente do estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo, como: a umidade, a temperatura, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a relação C/N e presença de resíduos orgânicos.

Dentre os principais atributos biológicos a serem considerados na implantação e monitoramento de um sistema de iLPF, podem ser citados os que têm sido empregados para avaliar de forma direta e indireta a qualidade do solo como: 1 - respiração basal do solo (RBS) ou atividade microbiana; 2 - a biomassa microbiana; 3 – quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ ); 4 - carbono da biomassa microbiana do solo; 5 - macrofauna invertebrada do solo (diâmetro corporal acima de 2 mm); 6 - relação C/N; e 7 - a atividade de enzimas (urease e arginase).

Uma das razões biológicas de interesse pela adoção de sistemas integrados é o fato das árvores aproveitarem porções da biosfera que as plantas agrícolas ou os animais geralmente não utilizam, resultando portanto em maior produção de biomassa total (MACEDO et al., 2010).

Os resíduos vegetais são importantes na estrutura do solo em razão da maior formação e estabilidade de agregados devido à intensa atividade biológica favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas (ALBURQUERQUE et al., 2001; JORDAN et al., 2010; CUNHA et al., 2011).

## 2.4 PERSPECTIVAS FUTURAS DOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

O Brasil possui o maior plano em termos de escala e financiamento de redução de gases do efeito estufa do mundo, com 15 milhões de hectares de pastos, 4 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária, 5 milhões de hectares de fixação biológica de nitrogênio, sendo previsto no futuro que o país terá bilhões de toneladas de carbono sequestrado passível de compensação através da negociação com países emissores, gerando renda ao país e produtores (ROQUE, 2013).

Para o Cerrado, as perspectivas consistem em incorporar sistemas agropastoris (50%), silvipastoris (20%) e agrossilvipastoris (20%), e os 10% restantes ficam para o sistema silviagrícola, de modo que estas já estão

acontecendo, e continuará, em áreas de pastagens degradadas correspondente a cerca de 50 milhões de hectares (EMBRAPA, 2009).

Segundo estimativa baseada nos últimos dados do PROBIO (BRASIL, 2010), as áreas de culturas agrícolas, pastagens e agropecuária (áreas cujos polígonos não permitiram distinguir entre cultura e pastagem pelas imagens de satélite) perfazem um total de 224,9 milhões de hectares, sendo destes 67.850.161 de hectares de área potencial de iLPF, na qual o Tocantins possui 1.145.891 de hectares de áreas com potencial para implantação de iLPF, sendo portanto o 11º estado no ranking nacional com Área potencial de iLPF.

De acordo com Balbino et al. (2011), deste total de área potencial de iLPF no Brasil, pressupõe-se uma taxa média de incorporação de 2% ao ano, com estimativa de atingir 20 milhões de hectares nos próximos 20 anos. Os autores consideram para essa estimativa, a existência de políticas públicas de crédito e de fomento direcionadas à implantação da estratégia da iLPF, tanto em nível de pesquisa quanto em nível de incentivo ao produtor rural.

Para isso, há a disponibilização de crédito do programa ABC, dentre outros, para recuperação de 15 milhões de hectares com pastagens degradadas e para implantação de 4 milhões de hectares com sistemas de iLPF, até 2020 (Brasil, 2010). De acordo com Zimmer et al. (2012), a disponibilização de crédito para implantação de sistemas de iLP e iLPF, desde 2008, com o Produsa e, mais recentemente, com o Programa ABC, tem aumentado o interesse dos produtores rurais na adoção destas tecnologias, no entanto, a demanda por pessoal qualificado para elaboração e execução dos projetos é um ponto que deve ser observado, assim como, a necessidade de estímulo às Universidades em implantarem disciplinas específicas com esta temática, tanto na graduação como na pós-graduação.

Nesse aspecto, Roque (2013) relatam que o Brasil pode ter dificuldades em atingir a meta de redução das emissões de gases do efeito estufa do setor agropecuário até 2020, assumida por meio de acordo firmado na CoP-15 (Conferência das Partes sobre o Clima), realizada em 2009, em Copenhague, caso o programa ABC, não seja aderido por grande parte dos produtores e o por meio das linhas de crédito do plano.

Com isso, a iLPF tem potencial econômico, e oferece oportunidade para instituições públicas e privadas e aos profissionais que aderirem aos diferentes

sistemas, contribuindo, portanto, para: reduzir as limitações de sua adoção; ausência de assistência técnica especializada e de mão de obra capacitada; falta de incentivo público e financeiro; ausência de pesquisas destinadas à seleção de espécies e seus genótipos adaptados às condições edafoclimáticas dos sistemas integrado de produção.

## 2.5 ARRANJOS ESTRUTURAIS DE COMPONENTES ARBÓREOS PARA SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

O grande sucesso da atividade agropecuária em sistemas de iLPF se amplificará com as pesquisas em desenvolvimento genético de variedades de plantas e de tecnologias de produção. De acordo com Macedo et al. (2010), as inúmeras possibilidades de combinações de espécies, cultivares e clones, e de arranjos estruturais, determinam interações entre os componentes e o manejo que necessitam ser melhor compreendidas para estabelecer sistemas agrossilvipastoris mais produtivos e adaptados às diferentes regiões do Brasil.

Para estes sistemas, características das árvores como copa de menor tamanho e densidade, boa desrama natural, são requeridas como forma de favorecer a transmissão de radiação solar até o dossel inferior e, conseqüentemente, o crescimento e produção das espécies agrícolas e forrageiras (OLIVEIRA NETO; PAIVA, 2010).

Segundo Oliveira Neto e Paiva (2010), dentro do mesmo gênero *Eucalyptus*, há variações na densidade de copa entre e dentro de diferentes espécies dependendo do espaçamento, indicando que tanto a escolha da espécie, quanto o espaçamento para sistemas de iLPF, devem ser realizados com o intuito de se obter menores densidade de copa, como também, para a busca de oportunidades de mercado, na qual, dependerá da finalidade da madeira.

Enquanto que em sistemas de monocultivo o espaçamento de plantio é definido levando-se em consideração informações de apenas uma espécie e o conjunto de variáveis dependentes do espaçamento, no sistema de iLPF a escolha do espaçamento de plantio é mais complexa, uma vez que diferentes componentes (árvores, espécies agrícolas e forrageiras e, ou, animais) irão dividir um determinado espaço (OLIVEIRA NETO; PAIVA, 2010).

Nesse sentido, deve-se adotar o arranjo capaz de promover incrementos anuais de madeira, satisfatório para o número de árvores por hectare, como também, favorecer a entrada de luz para os demais componentes, de modo, que as suas produtividades não sejam afetadas.

Para isso, o aumento de espaçamento é de fundamental importância para que o sombreamento não comprometa a produção agrícola e da pastagem (REIFSNYDER, 1989; OLIVEIRA et al., 2007).

Além disso, a largura das linhas e distâncias entre as árvores também podem ser selecionadas com base no consórcio realizado, como também pela comodidade e disponibilidade de mão de obra e maquinário disponíveis para as operações de campo (DIAS, 2014).

Enquanto espaçamentos menores (3-6m) podem ser utilizados para consórcio com culturas forrageiras, os espaçamentos maiores (7-11m) são mais aconselháveis para culturas de grãos, como o feijão caupi, sendo interessante a utilização de linhas duplas e triplas do componente florestal (PRASAD et al., 2010).

Assim, o arranjo espacial mais simples e eficaz é o de “aléias” (ou renques), em que as árvores são plantadas em faixas (linhas simples ou múltiplas), com espaçamentos amplos (BALBINO et al., 2012).

Os produtores que desejam privilegiar a produção de madeira podem utilizar aléias mais estreitas ou maior número de linhas em cada faixa (maior número de árvores por hectare); enquanto os que preferem a atividade agrícola e/ou pecuária podem utilizar espaçamentos maiores, ou seja, aléias mais largas (menos linhas em cada faixa) (SHARROW, 1998; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006, 2007; PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2008).

Porém, é de fundamental importância ampliar os estudos científicos sobre os arranjos espaciais e seus efeitos na produtividade florestal de diferentes espécies arbóreas em consórcio com diferentes culturas anuais (BALBINO, et al., 2011b).

## 2.6 PARÂMETROS INTERDIMENSIONAIS DE ÁRVORES

Quando se trabalha com sistemas integrados de produção, o sombreamento refere-se a um dos principais fatores que limitam o crescimento dos diferentes componentes, como as culturas de grãos e as forrageiras. Essa

limitação, se diferencia conforme a espécie do componente arbóreo que for utilizada, como também os espaçamentos utilizados dentro dos sistemas, pelo qual é definido como arranjo estrutural.

Nesse aspecto, o componente arbóreo pode desenvolver diferentes morfometrias silviculturais do ponto de vista do fuste e da copa, revelando, portanto, o efeito causado pelo sistema adotado. O conhecimento destes efeitos pode ser verificado através de variáveis morfométricas.

A morfometria de uma árvore e as variáveis daí derivadas são usadas para transmitir uma ideia das relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, julgar o grau de concorrência de um povoamento e permitir, ainda, inferências sobre a estabilidade, a vitalidade e a produtividade de cada indivíduo (DURLO; DENARDI, 1998).

Nesse aspecto, ao se conhecer tais relações, a altura-meta (DURLO; DENARDI, 1998) ou o diâmetro-meta (REINNINGER, 1987; DURLO; DENARDI, 1998) das árvores-F, podem ser usados como indicativos de intervenções silviculturais, pois permitem antever o número adequado de árvores por unidade de área durante o desenvolvimento das árvores, liberando as demais para eventuais desbastes (DURLO, 2001).

Dentre as variáveis interdimensionais mais utilizadas em estudos de morfometria de copa de árvores, derivadas a partir das características: altura total, altura do fuste, comprimento da copa, diâmetro médio de copa e diâmetro à altura do peito, citam-se: Área de Copa; Proporção de Copa; Grau de Esbeltez; Índice de Saliência; Índice de Abrangência; e Formal de Copa (BURGER, 1939; DURLO; DENARDI, 1998; TONINI; ARCO-VERDE, 2005; SANTOS et al., 2015) descritas na Tabela 2.

Essas variáveis são modificadas pela concorrência, sendo a luz e o vento os principais fatores responsáveis por essas modificações, onde quanto mais denso o povoamento, menos luz atinge as camadas mais baixas do dossel, o que faz com que os galhos nessas posições morram (NUTO, 2001).

Nesse sentido, como a fonte de energia de uma árvore é a luz do sol, que é transformada pelo processo de fotossíntese em energia química, e a copa é o órgão responsável por esse processo, as variáveis como superfície, diâmetro e comprimento da copa estão diretamente relacionadas com o crescimento e a produção de uma árvore (TONINI; ARCO-VERDE, 2005).

**Tabela 2** - Características morfométricas de um indivíduo arbóreo

| <b>Características</b>           | <b>Unidade</b> | <b>Descrição/Fórmula</b>  |
|----------------------------------|----------------|---|
| Diâmetro da copa (Dc)            | Metro          | <i>Média dos diâmetros Norte-Sul e Leste-Oeste</i>  |
| Área de Copa                     | m <sup>2</sup> | $AC = Dc^2 \times \frac{\pi}{4}$  |
| Comprimento da copa (Cc)         | Metro          | $Cc$<br><i>Distância entre a inserção do primeiro galho vivo do fuste até o ápice da Copa</i> |
| Altura total da árvore (h)       | Metro          | $h = \sum$ <i>Distância da base do fuste no solo até o ápice da Copa</i>                      |
| Diâmetro à altura do peito (DAP) | Metro          | $DAP = \frac{\text{Circunferência a 1,30m}}{\pi}$   |
| Proporção de copa (PC)           | %              | $PC = \frac{Cc}{h}$   |
| Grau de esbeltez (GE)            | Sem unidade    | $GE = \frac{h}{DAP}$  |
| Índice de saliência (IS)         | Sem unidade    | $IS = \frac{Dc}{DAP}$   |
| Índice de abrangência (IA)       | Sem unidade    | $IA = \frac{Dc}{h}$   |
| Formal de copa (FC)              | Sem unidade    | $FC = \frac{Dc}{Cc}$  |

Em sistemas integrados como o de iLPF, a desrama é realizada visando, elevar a transmissão de radiação solar (REIS et al., 2007; FONTAN, 2007), de modo a favorecer a produção das culturas agrícolas e, principalmente, forrageiras, diante de suas exigências de luminosidades específicas (CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2004; BARRO et al., 2008) e de sua permanência no sistema em idades mais avançadas através de desbastes, quando as árvores apresentam maior desenvolvimento de copa (OLIVEIRA NETO e PAIVA, 2010).

Assim, o conhecimento também dos parâmetros de luminosidade sobre os parâmetros interdimensionais de uma árvore, pode revelar os efeitos dos arranjos estruturais promovidos nas diferentes modalidades de integração submetidas, como também as relações entre os caracteres avaliados.

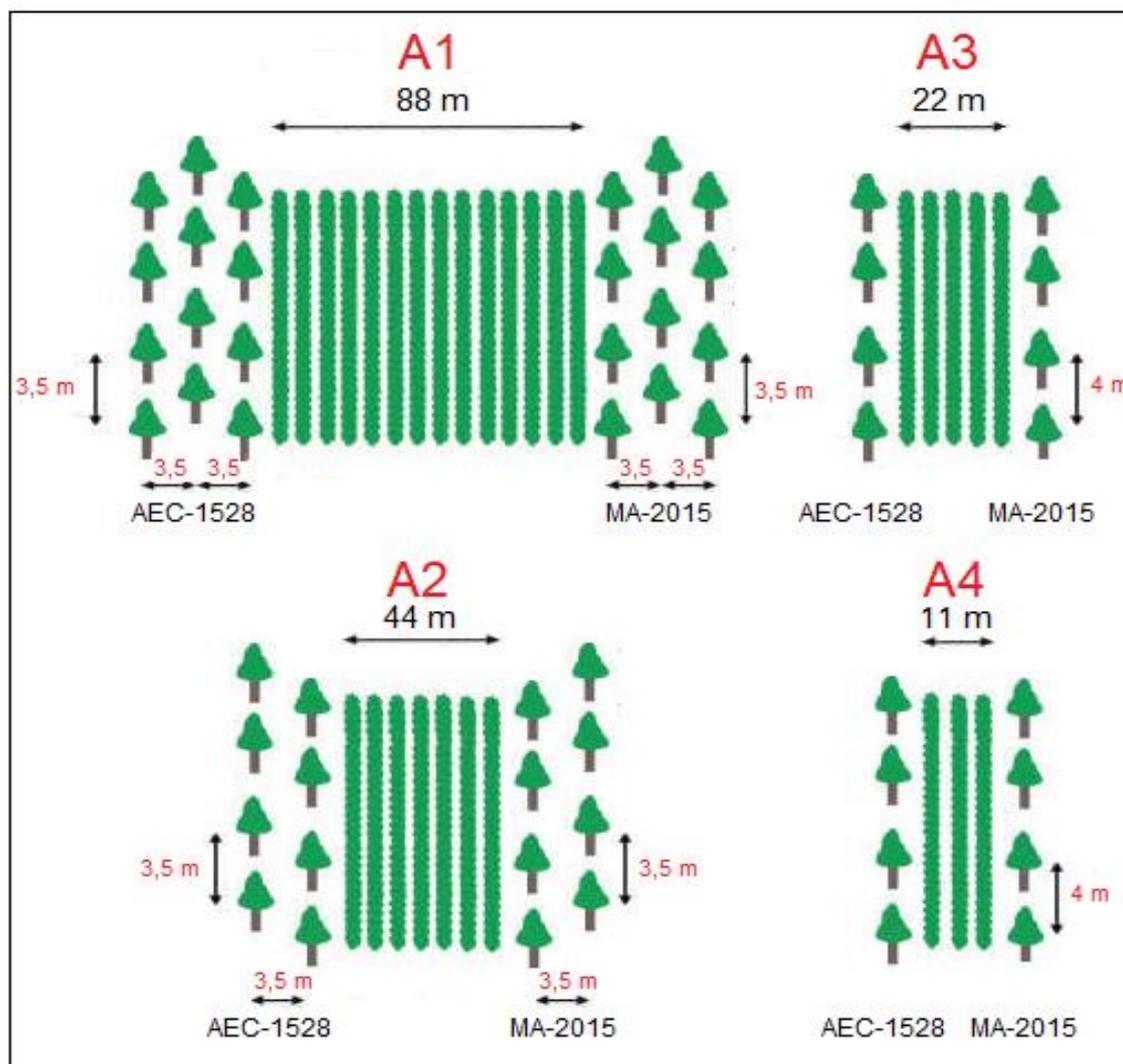
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi implantado um experimento com dois clones híbridos de *Eucalyptus* spp. na fazenda Aliança, de propriedade da empresa Aliança Florestal, no município de Aliança do Tocantins. O clima é tropical classificado segundo Koppen como Aw, com mais pluviosidade no verão que no inverno. A temperatura média é de 21 °C e pluviosidade média anual de 1617 mm. O solo do local de estudo é classificado como um Latossolo Amarelo distrófico de textura média (EMBRAPA, 2013).

A escolha da área para plantio, cujo tamanho foi de 6 ha, foi realizada levando-se em consideração a homogeneidade do solo e a representatividade da mesma para que as extrapolações pudessem ser efetuadas com sucesso para as demais áreas da propriedade.

As mudas foram adquiridas do viveiro Marka Florestal localizada em Carolina-MA. No preparo do solo foi realizado em área total, o controle químico de plantas daninhas, 10 dias antes do plantio, com o herbicida glifosato, sendo posteriormente realizado subsolagem a 50 cm de profundidade na distância conforme os arranjos, formando assim as linhas de plantio para os renques simples, duplos e triplos.

O experimento foi instalado em fevereiro de 2014 nas coordenadas (-11° 20' 12,3" S; -48° 49' 57,7" O) e altitude 261,6 m, no delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 2 [Quatro arranjos estruturais A1= fileira tripla (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88m como modelo quincôncio adaptado o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= fileira dupla (3,5 x 3,5) + 44m como modelo quincôncio adaptado o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup> (11,6% da área); A3= fileira simples 4 x 22m o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= fileira simples 4 x 11m o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área)] e dois (clones de híbridos de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015) conforme apresentado na Figura 1, o modelo de arranjo estrutural adotado, sendo em cada bloco avaliadas 15 árvores para cada tratamento.



**Figura 1** – Arranjos estruturais adotados para caracterização morfológica de clones de *Eucalyptus* spp. AEC-1528 = Originado a partir do cruzamento *E. urophylla* x *E. grandis* pertencente à empresa ArcelorMittal; MA-2015= Originado a partir do cruzamento *E. urophylla* x *E. grandis* pertencente à empresa SUZANO; A1= fileira tripla (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88m; A2= fileira dupla (3,5 x 3,5) + 44m; A3= fileira simples 4 x 22m; A4= fileira simples 4 x 11.

Realizou-se a adubação com 300 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural Carolina do Norte com 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 44% de solubilidade em ácido cítrico, distribuído no momento da subsolagem e 100g por cova (82 kg ha<sup>-1</sup>) do formulado de NPK 06:30:12 incorporado no plantio conforme Silveira e Gava (2004) e de acordo com a análise do solo. Foi realizado cobertura 90 dias após o plantio com aplicação de nitrogênio e potássio na dose de 100g (82 kg ha<sup>-1</sup>) em torno de cada cova com o formulado 20:00:20.

Devido à incidência de formiga foi realizado um controle antes da subsolagem, três ao longo do plantio e rondas de monitoramento anuais. Foram realizadas limpezas de coroamento de cada planta e roçadas a cada 10

meses após cada estação de chuva, o que ocorreram entre os meses de julho à setembro.

As avaliações foram realizadas aos três anos de idade, avaliando-se inicialmente a altura total (ALT) em metro, e o diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetro, e em metros para o cálculo de volume e das correlações entre caracteres. A partir destes dados, também foram realizados os cálculos das características morfométricas das árvores, e o volume cilíndrico em  $m^{-3} ha^{-1}$  conforme Equação 1, considerando o número de árvores por hectare ocupado em cada arranjo. As mensurações dos diâmetros foram efetuadas com fita métrica, e as de altura com o clinômetro EC II (Haglof, Sweden).

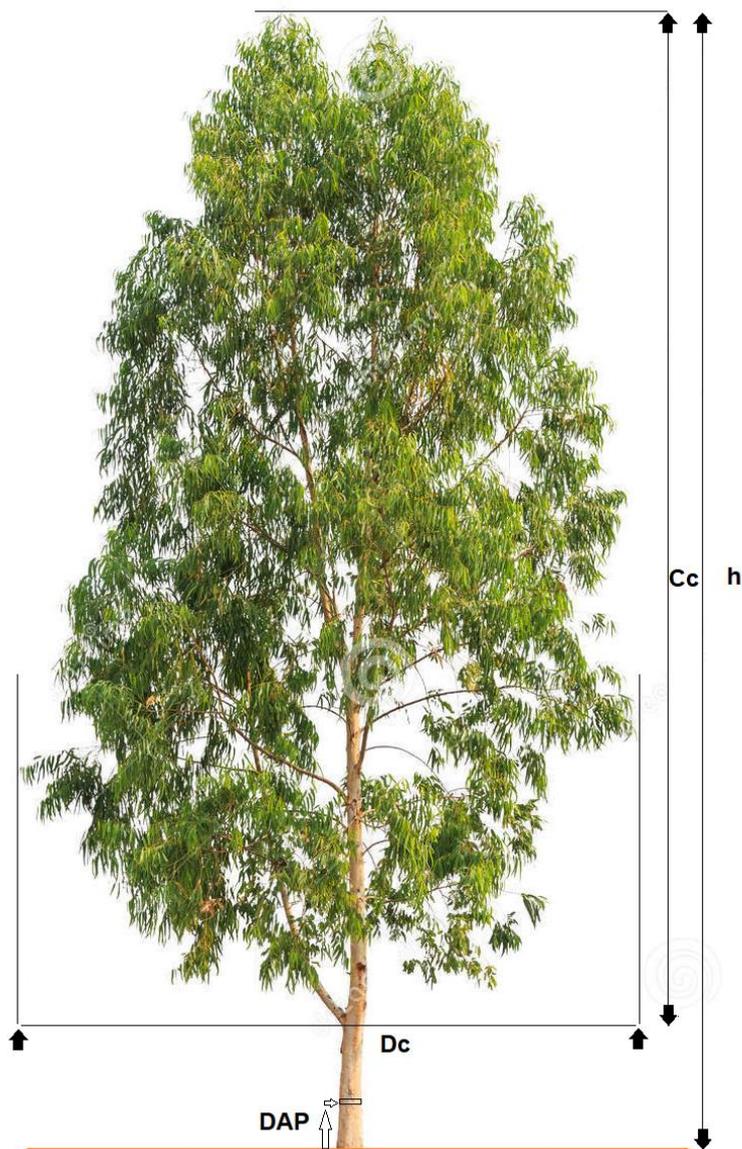
Equação 1:

$$\text{Volume}(m^3) = \frac{(\pi \times (DAP^2))}{10000} \times \frac{ALT}{4} \times ff$$

Sendo: Volume = volume da árvore em metro cúbico; DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo) em centímetro; ALT = altura total da árvore em metro; ff = fator de forma 0,45

Para o estudo da copa, foram mensurados: a altura do fuste (AF) em metro; o comprimento da copa (CC) em metro, sendo realizado através de quatro raios da copa da árvore-amostra, conforme a orientação norte-leste-sul-oeste, obtendo o diâmetro médio de copa (dc) (BURGER, 1939; TONINI; ARCO-VERDE, 2005).

Em posse dos dados foram mensuradas as características conforme descrição na Figura 2, como sendo: Área de Copa (AC) em  $m^2$ ; Proporção de Copa (PC) em %; Grau de Esbeltez (GE); Índice de Saliência (IS); Índice de Abrangência (IA); Formal de Copa (FC) (DURLO; DENARDI, 1998; TONINI; ARCO-VERDE, 2005; SANTOS et al., 2015).

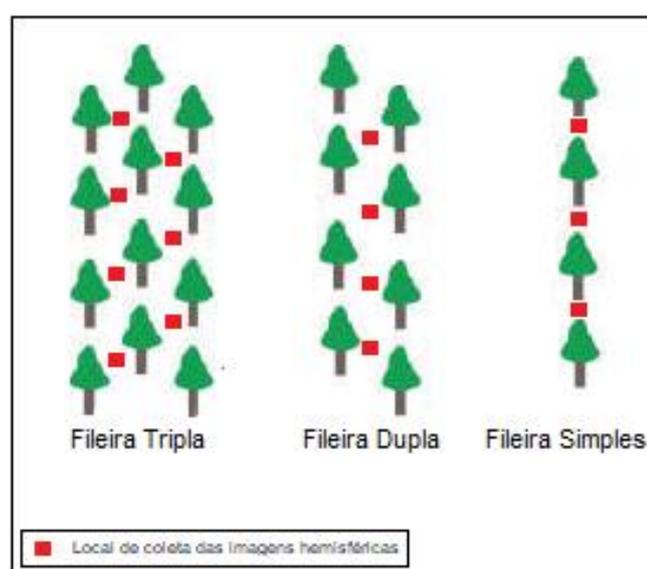


**Figura 2** - Características morfológicas de um indivíduo arbóreo, como sendo: comprimento de copa em metros= $Cc$ ; altura total em metros= $h$ ; diâmetro de Copa em metros= $Dc$ ; área de copa em  $m^2$ ; diâmetro à altura do peito em metros avaliado a 1,30 m = $DAP$ .

Para a coleta das imagens hemisférica digitais, foi utilizado o aparelho imageador CI-110 composto por uma haste contendo 24 sensores para determinar a intensidade da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Na ponta da haste, foi fixada a câmera com lente tipo “olho de peixe” com ângulo de até  $180^\circ$ , que pelo processo de inversão da fração de luz permitiu estimar: Índice de Área Foliar (IAF); Ângulo Médio Foliar (AMF) em graus; Coeficiente de Transmissão (CT); Sunflecks (%) e a Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

O equipamento imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer é um sensor passivo terrestre, utilizado para medir a quantidade de radiação solar incidente no espectro visível abaixo da copa no sub-bosque. Pode ser utilizado com um GPS acoplado e em todas as condições do céu (mesmo em diferentes condições de iluminação), devido ao filtro óptico acoplado integrado, pelo qual, garante que a radiação dispersa não afete o sensor através da restrição de radiação superior a 490 nm. Isto minimiza o efeito da luz difundida pela folha e permite que as medições sejam conduzidas na parte inferior ou interior da cobertura vegetal, com variadas condições de iluminação (SCHAEFER et al., 2014).

Assim, dentro de cada unidade experimental representadas por 15 árvores, foram realizadas 10 amostragens de imagens hemisféricas aleatórias, com apoio de um suporte de 1,70 m orientado em direção ao norte, utilizando-se uma bússola digital acoplada ao software, para mensurações dos dados relativos à interceptação luminosa das características morfométricas dos clones nos diferentes arranjos estruturais. As imagens foram coletadas sempre entre as 08:00 e 16:00 horas, de maneira aleatória dentro dos renques de fileiras triplas, no centro dos renques duplas e entre cada árvore nas linhas dos renques de fileiras simples, sendo para ambas, coletadas 10 imagens para cada parcela composta de 15 árvores conforme Figura 3.



**Figura 3** – Posição de coleta de imagens hemisférica em arranjos estruturais de *Eucalyptus* para sistemas integrados de produção.

Para a captura das imagens foi utilizada o ângulo de 150° no olho de peixe da cúpula, sendo as imagens processadas em divisões de zênites e azimutes de maneira a concentrar em partes específicas a área de estudo do dossel.

O software CI-110 calcula os coeficientes de transmissão de feixes solares, ou a fração do céu visível por debaixo da copa das plantas, utilizando o procedimento de Gap Fraction Inversion (NORMAN; CAMPBELL, 1989).

A fração do céu (coeficiente de transmissão dos raios solares) é analisada através da divisão do céu e pelos pixels da imagem, onde são atribuídos valores de 0 a 1, o qual 0 significa que o céu não é visível abaixo do dossel da planta, e 1 quando toda área é composta por céu, ou seja, não ocorre nenhuma cobertura de folhagem.

As frações de clareiras são obtidas dividindo o número de pixels branco, que representam o céu, pelo número total de pixel (pretos + brancos), de uma superfície definida sobre o plano da imagem, considerando as dimensões da grade de análise e resolução em pixels, empregada no instante de obtenção da imagem (CARREIRE, 2009).

Em posse dos dados foram realizadas as análises de variância e comparadas as médias dos valores das características pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do software ASSISTAT 7.7, conforme Silva e Azevedo (2016). Foram realizadas análise de correlação simples de Pearson, utilizando o Programa Computacional GENES, versão 1990.2017. 53 (CRUZ, 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as análises de variância das 14 características avaliadas para dois clones de *Eucalyptus*, são descritos nas Tabelas 3 e 4 mostrando que houve valores significativos a 1% ( $p < 0,01$ ) e 5% ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) pelo teste F tanto em nível de arranjos (A), clones (C) e interação A x C para diferentes variáveis avaliadas, como também, não significância ( $p \geq 0,05$ ) obtida para outras, o que evidencia que, para as características significativa, existe pelo menos uma diferença entre os fatores avaliados, tanto a nível, arranjo, clones, interação, tratamentos e blocos.

Observa-se também que para as características em que o teste F de interação não foi significativo, não foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey a 5% ( $0,01 \leq p < 0,05$ ), o que ocorreu para as características DAP, VOL, AC, e SUNFLECKS (Tabelas 3 e 4).

Pela análise de variância, observa-se que, para as Tabelas 3 e 4, o coeficiente de variação (CV %) variou entre 2,51% para a variável proporção de copa (PC) (Tabela 3) e 54,81% para a variável ângulo médio foliar (AMF), descrevendo que houve valores considerados, baixos, médios, altos e muito altos, para análise dos dados, mostrando boa condução do experimento e coleta dos dados, e que apesar de valores como AC (45,75%), IS (39,24%), IA (37,97%) e AMF serem classificados como muito alto, tornam-se aceitáveis por se tratar de dados morfofisiológicos.

Observa-se também que houve valores significativos a 1% ( $p < 0,01$ ) pelo teste F para todos os tratamentos com exceção da variável Sunflecks que não apresentou significância ( $p \geq 0,05$ ) (Tabelas 3 e 4). Para efeito de blocos, houve efeito significativo pelo teste F a 1% ( $p < 0,01$ ) apenas à característica IA, seguida dos efeitos a 5% ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) apenas para as características ALT, VOL, IAF, e RFA, mostrando que existe pelo menos uma diferença significativa nestas variáveis ocasionadas a nível de bloco.

Verifica-se também que para a característica Sunflecks, não houve efeito significativo para nenhuma fonte de variação na análise de variância (Tabela 4). Entretanto, essa variável descreve a porcentagem das áreas brilhantes sob o dossel onde a radiação direta do feixe solar penetra sem interceptação pelo

dossel, causados por movimentos de vento nas folhas no dossel ou pelo movimento do sol ao longo do dia. Essa característica, torna-se portanto, de difícil verificação, dos efeitos significativos entre as variáveis avaliadas para as fontes de variações em sistemas integrados, distribuídos em linhas simples, dupla e tripla, devido ao vento causar grande interferência no que diz respeito, aos feixes de luz percentuais que adentram a copas em direção ao sub-bosque.

No entanto, os valores de Sunflecks lidos abaixo da copa podem ser úteis para investigadores por determinar a quantidade de copa, podendo ser diretamente relacionado com as demais características da estrutura do dossel em diferentes arranjos de sistema integrado que contemple mais árvores e linhas em renques por hectare.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2, dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção para oito características avaliadas

| F.V.                   | GL | Quadrado Médio         |                       |                       |                        |                        |                       |                          |                       |
|------------------------|----|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
|                        |    | ALT                    | DAP <sup>#</sup>      | VOL <sup>#</sup>      | AC                     | PC                     | GE <sup>#</sup>       | IS                       | IA                    |
| <b>Arranjos (A)</b>    | 3  | 1,42616 <sup>ns</sup>  | 0,15496 <sup>ns</sup> | 0,06623 <sup>ns</sup> | 13,74721 <sup>*</sup>  | 31,57855 <sup>**</sup> | 0,00083 <sup>**</sup> | 1656,96249 <sup>**</sup> | 0,14980 <sup>**</sup> |
| <b>Clones (C)</b>      | 1  | 52,67901 <sup>**</sup> | 0,08572 <sup>ns</sup> | 0,13689 <sup>ns</sup> | 24,94953 <sup>**</sup> | 15,64681 <sup>ns</sup> | 0,00679 <sup>**</sup> | 2307,77905 <sup>**</sup> | 0,06354 <sup>ns</sup> |
| <b>Interação A x C</b> | 3  | 6,59822 <sup>**</sup>  | 0,13347 <sup>ns</sup> | 0,66737 <sup>ns</sup> | 4,50505 <sup>ns</sup>  | 19,45858 <sup>*</sup>  | 0,00085 <sup>*</sup>  | 1119,36584 <sup>**</sup> | 0,08291 <sup>*</sup>  |
| <b>Tratamentos</b>     | 7  | 10,96459 <sup>**</sup> | 0,06609               | 0,14033               | 11,24376 <sup>**</sup> | 24,10831 <sup>**</sup> | 0,00003               | 1519,53772 <sup>**</sup> | 0,10881 <sup>**</sup> |
| <b>Blocos</b>          | 4  | 2,42022 <sup>*</sup>   | 0,09825               | 0,09628               | 4,36673 <sup>ns</sup>  | 2,41227 <sup>ns</sup>  | 0,00013               | 6,98050 <sup>ns</sup>    | 0,00746 <sup>**</sup> |
| <b>Resíduo</b>         | 28 | 0,69999                | 0,38831               | 0,49377               | 309,850                | 4,28480                | 0,0001                | 5,64994                  | 0,02674               |
| <b>Média Geral</b>     |    | 11,21                  | 15,88                 | 16,56                 | 3,85                   | 82,37                  | 0,74                  | 0,32                     | 0,43                  |
| <b>CV (%)</b>          |    | 7,46                   | 7,92                  | 19,93                 | 45,75                  | 2,51                   | 13,25                 | 39,24                    | 37,97                 |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade \* significativo ao nível de 5% de probabilidade <sup>ns</sup> não significativo # Dados transformados por Log x por não ter apresentado distribuição normal segundo o teste de Shapiro-Wilk. Altura Total (ALT) em metros; Diâmetro à Altura do Peito (DAP) em cm; Volume cilíndrico de madeira (VOL) em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; Área de Copa (AC) em m<sup>2</sup>; Proporção de Copa (PC) em %; Grau de Esbeltez (GE); Índice de Saliência (IS); e Índice de Abrangência (IA).

**Tabela 4** - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2, dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção para seis características avaliadas

| F.V.                   | GL | Quadrado Médio        |                       |                          |                       |                         |                           |
|------------------------|----|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
|                        |    | FC                    | IAF                   | AMF                      | CT                    | SUNFLECKS               | RFA                       |
| <b>Arranjos (A)</b>    | 3  | 0,14460 <sup>**</sup> | 0,19418 <sup>**</sup> | 729,24644 <sup>**</sup>  | 0,05149 <sup>**</sup> | 118,24292 <sup>ns</sup> | 68361,50178 <sup>**</sup> |
| <b>Clones (C)</b>      | 1  | 0,00707 <sup>ns</sup> | 0,43264 <sup>**</sup> | 48,37800 <sup>ns</sup>   | 0,09997 <sup>**</sup> | 39,40225 <sup>ns</sup>  | 4996,56609 <sup>ns</sup>  |
| <b>Interação A x C</b> | 3  | 0,07305 <sup>*</sup>  | 0,39702 <sup>**</sup> | 1514,76915 <sup>**</sup> | 0,07847 <sup>**</sup> | 56,17492 <sup>ns</sup>  | 20857,91382 <sup>**</sup> |
| <b>Tratamentos</b>     | 7  | 0,09429 <sup>**</sup> | 0,31518 <sup>**</sup> | 968,63211 <sup>**</sup>  | 0,06998 <sup>**</sup> | 80,37939 <sup>ns</sup>  | 38950,68755 <sup>**</sup> |
| <b>Blocos</b>          | 4  | 0,00861 <sup>ns</sup> | 0,31518 <sup>*</sup>  | 187,92017 <sup>ns</sup>  | 0,00069 <sup>ns</sup> | 51,88900 <sup>ns</sup>  | 158,52985 <sup>*</sup>    |
| <b>Resíduo</b>         | 28 | 0,01776               | 0,00061               | 14182,288                | 0,0015                | 5424,314                | 3025,89131                |
| <b>Média Geral</b>     |    | 0,49                  | 0,41                  | 21,73                    | 0,67                  | 28,65                   | 290,66                    |
| <b>CV (%)</b>          |    | 27,47                 | 19,41                 | 54,81                    | 5,76                  | 9,55                    | 18,93                     |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade \* significativo ao nível de 5% de probabilidade <sup>ns</sup> não significativo. Formal de Copa (FC); Índice de Área Foliar (IAF); Ângulo Médio Foliar (AMF) em graus; Coeficiente de Transmissão (CT); Sunflecks em %; e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Os resultados para as características morfométricas dos clones são apresentados nas Tabelas de 5 a 12 com os seus respectivos valores médios para os dois clones de *Eucalyptus* avaliados nos quatro arranjos estruturais, de modo que em sistemas integrados, o componente florestal ocupa um percentual da área, o que varia, conforme o número de árvores e o espaçamento ocupado entre e dentro dos renques.

Nesse sentido, o espaço restante da área em cada arranjo estrutural, poderá ser ocupada de maneira consorciada e/ou rotacionada com dos componentes da pecuária (forrageiras/animais) e da lavoura (culturas de grãos ou de interesse agrícola), o que corresponde à 90,5% para o arranjo A1, 88,4% para o arranjo A2, 90,9% para o arranjo A3 e 81,8% para o arranjo A4.

A Tabela 5 apresenta os valores médios para a característica altura total (ALT) em metros dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 avaliados em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção. Observa-se que houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos, tanto entre arranjos quanto entre clones, sendo o maior valor de ALT em 13,35 m obtido pelo clone MA-2015 no arranjo triplo A1 sendo 31,84% superior ao clone AEC-1528 com 9,10 m no mesmo arranjo.

**Tabela 5** - Valores médios para as características altura total da planta (ALT) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICA   |              |              |
|--------------|------------------|--------------|--------------|
|              | Altura Total (m) |              |              |
|              | AEC-1528         | MA-2015      | Média        |
| A1           | 9,10bB           | 13,35aA      | <b>11,23</b> |
| A2           | 9,63abB          | 12,13abA     | <b>10,88</b> |
| A3           | 10,67aB          | 12,80aA      | <b>11,74</b> |
| A4           | 10,86aA          | 11,15bA      | <b>11,01</b> |
| <b>Média</b> | <b>10,07</b>     | <b>12,36</b> |              |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% sendo no arranjo A1 o menor valor obtido com 9,10 m se diferenciando dos demais arranjos que apresentaram semelhança

estatística, sendo neste, o arranjo A4 o que promoveu o maior valor de altura total com 10,86 m (Tabela 5).

Já o clone MA-2015 apresentou resposta inversa, sendo o arranjo A1 o que promoveu maior valor de altura total com 13,35 m se diferenciando dos demais arranjos que foram semelhantes entre si a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 5).

Entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferença nos diferentes arranjos com exceção do arranjo A4 a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 5).

Ferreira et al. (2014) avaliando o crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos em Avaré-SP, obtiveram valores de ALT na idade de três anos entre 9,9 m e 11,2 m, semelhantes aos obtidos no presente estudo.

Arco-Verde e Schwengber (2017) estudando o desempenho de plantios florestais experimentais no Estado de Roraima, constataram para híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* no espaçamento de 3 x 4 m, valores de ALT aos três anos e meio entre 10,88 e 20,70 m, valores estes também próximos ao do presente estudo

Santos et al. (2014) avaliando a correlação dos principais índices morfométricos da copa na Região Semiárido de Lagarto-SE, identificaram para a ALT de três clones de *Eucalyptus* sp. implantados em sistema silvipastoril aos quatro anos e meio, valores entre 9 e 24 m, corroborando com os encontrados no presente estudo.

Wink et al. (2012) determinando os parâmetros da copa em diferentes posições em plantações florestais de *Eucalyptus* sp. em Santa Maria-RS, identificaram aos 3,7 anos para a ALT, valores entre 8,8 e 16,4 m.

Assim, verifica-se que essas diferenças de alturas não existentes entre os arranjos mais competitivos A1, A2 e A3, caracteriza que nesta condição as árvores crescem mais em busca de luz do que quando comparado ao arranjo simples A4 entre os dois clones, considerando também que na região do presente estudo, altas taxas de radiação fotossinteticamente ativa, podem promover um maior crescimento em altura total, quando comparado às regiões do Sul do Brasil (Tabela 5).

A Tabela 6 apresenta os valores médios para as características diâmetro a altura do peito (DAP) em cm e volume cilíndrico de madeira (VOL) em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.

**Tabela 6** - Valores médios para as características diâmetro à altura do peito (DAP) e volume cilíndrico de madeira (VOL) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICAS |              |              |  |              |              |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|--|--------------|--------------|
|              | DAP (cm)        |              |              | VOL (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) |              |              |
|              | AEC-1528        | MA-2015      | Média        | AEC-1528                               | MA-2015      | Média        |
| A1           | 14,29           | 13,44        | <b>13,87</b> | 6,66                                   | 9,61         | <b>8,14</b>  |
| A2           | 15,2            | 15,22        | <b>15,21</b> | 10,88                                  | 14,19        | <b>12,54</b> |
| A3           | 19,03           | 17,39        | <b>18,21</b> | 18,44                                  | 18,24        | <b>18,34</b> |
| A4           | 16,59           | 15,86        | <b>16,22</b> | 27,85                                  | 26,59        | <b>27,22</b> |
| <b>Média</b> | <b>16,28</b>    | <b>15,48</b> |              | <b>15,96</b>                           | <b>17,16</b> |              |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Observa-se que para ambas as características, não houve diferenças significativas para interação entre arranjos x clones, como também entre clones e entre arranjos pelo teste F, na ANOVA, não sendo também obtido efeito significativo para o tratamento arranjos, o que não permite diferenciá-los através do teste de média independentemente dos clones utilizados (Tabelas 3 e 6).

No entanto, demonstram-se que dentre os arranjos avaliados, os clones aumentam em DAP, naqueles que diminuem a competição entre ou dentro de renques para linhas duplas e triplas, como também maior DAP em arranjos simples espaçados a 22 m quando comparado aos espaçados a 11 m.

Para esta característica, resultados comparativos mostram que Ferreira et al. (2014), obtiveram valores entre 7,4 m e 9,3 m, inferiores ao do presente estudo. Arco-Verde e Schwengber (2017) constataram valores entre 7,58 e 12,54 cm, também inferiores ao do presente estudo. Já Wink et al. (2012) identificaram valores entre 6,8 e 14,8 cm, corroborando com os resultados do presente estudo.

Já para a característica VOL, considerada uma variável muito importante pelo ponto de vista produtivo e econômico em um povoamento florestal, verifica-se que nesta idade de três anos, verifica-se que o maior número de árvores por hectare, associado com uma menor competição entre renque, permitem com que os clones aumentem também em VOL nos arranjos de linhas simples dentro de renques espaçado a 11 m, o que pode estar relacionado, com a maior capacidade de crescimento em altura, devido o fator competitivo nas menores distâncias de aleias (espaçamento entre renques), associado ao maior número de árvores obtida nestes arranjos (Tabela 6).

Para esta característica, resultados comparativos mostram que Arco-Verde e Schwengber (2017) constataram valores entre 55,03 e 292,27 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, valores estes maiores do que o presente estudo, por se tratar de áreas completamente plantadas pelo componente arbóreo, tendo o total de 833 árvores por hectare.

Apesar do VOL de madeira obtido dentro destes arranjos serem menores quando comparado com sistemas de monocultivo, é possível incrementar outros rendimentos por área conforme percentual restante no respectivo arranjo utilizado, para os componentes de pecuária e lavoura, rentabilizando, portanto, o produtor, tanto em espaço geográfico, quanto em espaço temporal.

A Tabela 7 apresenta os valores médios para as características área de copa (AC) e proporção de copa (PC) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.

Observa-se que para a característica AC, houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos, sendo o maior valor de AC em 6,76 m<sup>2</sup> obtido pelo clone MA-2015 no arranjo simples A3, sendo, 93,14 % superior ao clone AEC-1528 no mesmo arranjo.

Já o menor valor de AC foi de 2,38 m<sup>2</sup> obtido pelo clone AEC-1528 no arranjo triplo A1 sem diferença estatística a 5% do clone MA-2015 pelo teste de Tukey, tanto entre os demais arranjos para o mesmo clone, quanto para o clone MA-2015 no mesmo arranjo. Independentemente do clone, o arranjo que proporcionou o maior valor de AC foi o de fileira simples A3 com valor médio de 5,13 m<sup>2</sup>. Independentemente do arranjo, o clone que proporcionou o maior valor de AC foi o MA-2015 com valor médio de 4,62 m<sup>2</sup> (Tabela 7).

**Tabela 7** - Valores médios para as características área de copa (AC) e proporção de copa (PC) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICAS                |             |             |                       |              |              |
|--------------|--------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|
|              | Área de Copa (m <sup>2</sup> ) |             |             | Proporção de Copa (%) |              |              |
|              | AEC-1528                       | MA-2015     | Média       | AEC-1528              | MA-2015      | Média        |
| A1           | 2,38 aA                        | 2,69 bA     | <b>2,53</b> | 80,95 bA              | 83,55 aA     | <b>82,25</b> |
| A2           | 2,92 aA                        | 3,59 bA     | <b>3,25</b> | 84,88 aA              | 81,51        | <b>83,20</b> |
| A3           | 3,50 aB                        | 6,76 aA     | <b>5,13</b> | 84,60 aA              | 83,58 aA     | <b>84,09</b> |
| A4           | 3,50 aA                        | 5,45 abA    | <b>4,47</b> | 81,57 abA             | 78,35 bB     | <b>79,96</b> |
| <b>Média</b> | <b>3,07</b>                    | <b>4,62</b> |             | <b>83,00</b>          | <b>81,75</b> |              |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Para o clone AEC-1528 os arranjos não apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5%. Já o clone MA-2015 apresentou diferença estatística entre os arranjos, sendo o A3 o que promoveu maior valor de área de copa com 6,76 m<sup>2</sup>, não se diferenciando portanto, apenas do também arranjo simples A4 a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 7).

Entre os arranjos avaliados, os dois clones não apresentaram diferença nos diferentes arranjos avaliados pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 maior valor neste arranjo (Tabela 7).

Observa-se que para característica área de copa, os clones tendem a formar menores áreas de copa priorizando mais o crescimento em altura, em arranjos com linhas triplas, duplas e simples com renques menos espaçados como o de 11 metros, do que em linha simples com renque espaçado a 22 metros, como no arranjo A3, apesar dos clones apresentarem resposta diferentes entre si, em alguns arranjos (Tabela 7).

Para a característica PC, observa-se que também houve diferença significativa a 5 % pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos, sendo o maior valor de PC em 84,88 % obtido pelo clone AEC-1528 no arranjo duplo A2 (Tabela 7). Além do mais, verifica-se que independentemente do clone, o arranjo que proporcionou o maior valor de PC foi o de fileira simples A3 com porcentagem média de 84,09 % mostrando ser mais produtiva e vital para os clones.

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% sendo no arranjo A1 o menor valor obtido com 80,95% de PC se diferenciando dos demais arranjos que apresentaram semelhança estatística entre si, sendo entre estes, no arranjo A2 o que promoveu o maior valor de proporção de copa com 84,88% (Tabela 7).

O clone MA-2015 apresentou também diferenças estatísticas entre os arranjos avaliados, sendo o arranjo A3 o que promoveu maior valor de PC com 83,58% se diferenciando apenas do arranjo A4 (78,35%) a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 7).

Entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferença apenas nos arranjos A2 e A4 a 5% pelo teste de Tukey sendo o clone AEC-1528 o que obteve maiores médias nestes arranjos (Tabela 7).

A característica proporção de copa (PC) que corresponde à relação entre o comprimento da copa e altura total da árvore, Mitscherlich (1978) ressalta que apesar das dificuldades de determinação do ponto de inserção da copa, esta variável (juntamente com características qualitativas da copa), é um indicador da vitalidade das árvores, onde quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais vital e produtiva é a árvore.

Em sistema integrados, busca-se árvores com menores copas e maiores volumes cúbico de madeira, de modo a permitir a entrada de luz para os componentes abaixo, como também, compensar economicamente a produção de madeira. Nesse sentido, é possível verificar que os clones apresentam maiores proporção de copa em arranjos triplo, duplo e simples espaçado a 22 metros, o que pode estar relacionado ao crescimento em altura da árvore, permitindo portanto, copas mais compridas em relação à altura total da árvore, o que foi menos evidente no arranjo simples espaçado a 11 metros (Tabela 7).

Para esta característica, resultados comparativos mostram que Santos et al. (2014) identificaram valores entre 27,2% e 76,2%, sendo estes inferiores aos obtidos no presente estudo. Já Wink et al. (2012) valores entre 45,59 e 64,63% também inferiores ao do presente estudo. Assim, arranjos que promoveram maiores PC e menores AC ou vice-versa, demonstram que à medida que seus indivíduos reduzem sua proporção da copa ao longo do seu fuste, os mesmos tendem a apresentarem uma maior área de copa, mostrando o seu aumento em raios da copa de forma a compensarem uma menor PC.

A Tabela 8 apresenta os valores médios para as características grau de esbeltez (GE) e o índice de saliência (IS) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.

Para a característica GE, houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos, sendo o maior valor médio em 99,35 obtido pelo clone MA-2015 no arranjo triplo A1, sendo 35,92% superior ao clone AEC-1528 no mesmo arranjo (Tabela 8). O menor valor de GE foi obtido pelo clone AEC-1528 no arranjo simples A3 com 56,11 indicando terem maior DAP em função do menor GE (Tabela 8).

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% sendo no arranjo A3 o menor valor obtido (56,11) se diferenciando dos demais que foram semelhantes entre si, onde neste o maior GE obtido foi de 65,95 no arranjo A4. O clone MA-2015 também apresentou diferença estatística entre os arranjos, sendo no A1 o que promoveu maior valor de grau de esbeltez com 99,35, se diferenciando portanto, dos demais arranjos avaliados pelo teste de Tukey. Entre os arranjos avaliados, os dois clones não apresentaram diferença significativa apenas no arranjo A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 maiores valores para esta GE (Tabela 8).

**Tabela 8** - Valores médios para as características grau de esbeltez (GE) e índice de saliência (IS) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICAS  |              |              |                     |              |              |
|--------------|------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|
|              | Grau de Esbeltez |              |              | Índice de Saliência |              |              |
|              | AEC-1528         | MA-2015      | Média        | AEC-1528            | MA-2015      | Média        |
| A1           | 63,66 aB         | 99,35 aA     | <b>81,51</b> | 21,21 bB            | 25,54 cA     | <b>23,34</b> |
| A2           | 63,20 abB        | 79,95 bA     | <b>71,57</b> | 24,76 abB           | 30,50 bA     | <b>27,62</b> |
| A3           | 56,11 bB         | 73,57 bcA    | <b>64,84</b> | 23,65 abB           | 27,45 bcA    | <b>25,55</b> |
| A4           | 65,95 aA         | 70,37 cA     | <b>68,16</b> | 27,57 aB            | 74,48 aA     | <b>51,03</b> |
| <b>Média</b> | <b>62,23</b>     | <b>80,81</b> |              | <b>24,30</b>        | <b>39,49</b> |              |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Por ser a característica GE, também conhecida como relação h/DAP ambos em metros, e ser uma variável que caracteriza a estabilidade das árvores, na qual quanto mais alto o seu valor, tanto mais instável é a árvore, ela também pode servir de indicativo de instabilidade contra o vento, e de desbastes em atraso, especialmente em povoamentos puros e equiâneos (DURLO; DENARDI, 1998).

Além do mais, Durlo (2001) ressalta que a diminuição do grau de esbeltez com o aumento da altura das árvores, significa que estas, a cada metro que crescem em altura, crescem mais que um centímetro em DAP, tornando-se mais robustas e estáveis.

Verifica-se nesse estudo que os clones de *Eucalyptus* aumentam o seu GE à medida que há maior competição dentro dos renques, sendo o seu maior valor em renques de linha tripla, mostrando que há maior crescimento em altura do que em DAP nestes arranjos (Tabela 8).

Durlo (2001) avaliando relações morfométricas para *Cabralea canjerana* verificou uma diminuição do grau de esbeltez e do índice de saliência, à medida que as árvores se tornam mais grossas.

De acordo com Tonini e Arco-Verde (2005) quanto mais alto o GE, mais instável é a árvore e a diminuição deste índice indica que as árvores estão crescendo mais em diâmetro do que em altura.

Verifica-se ainda que o arranjo simples A3 promove maior crescimento dos clones em DAP do que em altura, sendo portanto um fator desfavorável para o componente florestal em sistemas integrados, que requer rápido crescimento nos primeiros anos para permitir a entrada de animais (Tabela 8).

Demais resultados comparativos para esta característica, mostram que Santos et al. (2014) obtiveram valores entre 29,7 e 131,4, semelhantes ao do presente estudo. Já Wink et al. (2012) identificaram valores entre 110,07 e 138,89%, superiores ao do presente estudo.

Com isso, os arranjos A2 e A4 podem ser considerados os mais indicados para sistemas integrados por atribuírem maiores estabilidades das árvores, valores intermediários em DAP e em altura, podendo promover portanto, maior produtividade e entrada de animais mais cedo (Tabela 8).

Para a característica IS, o maior valor foi obtido pelo clone MA-2015 no arranjo simples A4 com valor de 74,48 tendo, portanto, uma copa em média 75

vezes maior que seu DAP, e 62,98% superior ao clone AEC-1528 no mesmo arranjo, e 71,52% maior que o menor valor de IS obtida também pelo clone AEC-1528 porém, no arranjo triplo A1 (Tabela 8).

Para o clone AEC-1528 apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% sendo no arranjo obtido o menor valor de IS com 21,21 se diferenciando portanto, dos demais arranjos que não apresentaram diferença entre si, cujo maior valor, foi de 27,57 no arranjo A4. O clone MA-2015 também apresentou diferença estatística entre os arranjos, sendo o A4 o que promoveu maior valor de índice de saliência com 74,48, se diferenciando portanto, dos demais arranjos a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 8).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferença em todos os arranjos avaliados pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 os maiores valores para cada arranjo (Tabela 8).

Por ser a relação entre o diâmetro de copa e o DAP, o índice de saliência expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP, sendo portanto, uma característica de manejo de povoamentos através do diâmetro, definindo o número máximo de árvores por unidade de área, à medida em que as árvores crescem (DURLO; DENARDI, 1998).

Um menor valor do índice de saliência significa que a árvore possui mais área de superfície de copa, ou área de assimilação, ocupando mais eficientemente o espaço, considerando para isto uma dada área de projeção de copa (STERBA, 1992). O mesmo autor coloca que o índice de saliência é melhor quanto mais próximo de zero, indicando uma maior área basal e volume por hectare na floresta.

Nesse sentido, o melhor índice de saliência foi observado no arranjo triplo A1 para o clone AEC-1528 com valor de 21,21, sendo, portanto, o menor valor. De acordo com Andrae, (1983) o índice de saliência diminui com o aumento da idade das florestas para árvores da mesma posição sociológica.

No estudo realizado por Durlo (2001) foi observado que o índice de saliência decresce, à medida que a árvore engrossa, sendo essa relação decrescente, uma característica desejável, pois quanto mais grossas as árvores, para cada centímetro de crescimento do tronco, relativamente menor se torna o incremento da área de projeção da copa.

Em resultados comparativos para esta característica mostram que Santos et al. (2014) identificaram valores entre 7,8 e 60,9, valores estes semelhantes ao do presente estudo. Já Wink et al. (2012) constataram valores entre 20,13 e 30,15, corroborando com os resultados do presente estudo.

Com isso, verifica-se que nos diferentes arranjos avaliados, o IS aumenta à medida que diminui o número de linhas em renques, de modo que, o arranjo simples A4 cujo espaçamento entre renques foi apenas de 11 metros, permitiu maior IS independentemente dos clones avaliados (Tabela 8).

A Tabela 9 apresenta os valores médios para as características índice de abrangência (IA) e formal de copa (FC) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.

**Tabela 9** - Valores médios para as características índice de abrangência (IA) e formal de copa (FC) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICAS       |             |             |                |             |             |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
|              | Índice de Abrangência |             |             | Formal de Copa |             |             |
|              | AEC-1528              | MA-2015     | Média       | AEC-1528       | MA-2015     | Média       |
| A1           | 0,34 aA               | 0,26 bA     | <b>0,30</b> | 0,42 aA        | 0,31 bA     | <b>0,36</b> |
| A2           | 0,39 aA               | 0,37 bA     | <b>0,38</b> | 0,46 aA        | 0,45 bA     | <b>0,46</b> |
| A3           | 0,42 aA               | 0,50 abA    | <b>0,46</b> | 0,50 aA        | 0,45 bA     | <b>0,47</b> |
| A4           | 0,42 aB               | 0,75 aA     | <b>0,58</b> | 0,51 aB        | 0,79 aA     | <b>0,65</b> |
| <b>Média</b> | <b>0,39</b>           | <b>0,47</b> |             | <b>0,47</b>    | <b>0,50</b> |             |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Observa-se que para a característica IA, houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados apenas no arranjo A4. Para o clone MA-2015 houve diferença entre os dois arranjos simples A3 e A4 com os arranjos duplos e triplos respectivamente com valores de IA em 0,50 e 0,75 os maiores para esta característica. Para o clone AEC-1528 não houve diferença entre os arranjos, não sendo portanto, um indicador de desbaste para o mesmo (Tabela 9).

Para o clone AEC-1528 os arranjos não apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5%. Já o clone MA-2015 apresentou diferença

estatística entre os arranjos, sendo o A4 o que promoveu maior valor de índice de abrangência com 0,75 não se diferenciando portanto, apenas do também arranjo simples A3 a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 9).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferença significativa apenas no arranjo A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 também maior valor neste arranjo (Tabela 9).

Por se referir à relação entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore, o índice de abrangência pode ser um indicador de desbaste ao longo da vida do povoamento, quando houver correlação com a altura das árvores, em situações onde não há manejo pela idade ou diâmetro-objetivo, e sim por manejo pela altura das árvores (altura-objetiva) (DURLO; DENARDI, 1998).

Indica porém, quantas vezes o diâmetro da copa é maior que a altura, podendo servir, portanto, de índice de desbaste para componentes florestais em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, uma vez, que é recomendável, o corte de árvores para permitir a entrada de luz e reduzir a competição entre e dentro de linhas.

Para esta característica, resultados comparativos mostram que Ferreira et al. (2014), Santos et al. (2014) obtiveram valores entre 0,1 e 0,5, sendo estes semelhantes aos obtidos no presente estudo. Já Wink et al. (2012) identificaram valores médios entre 0,18 e 0,23, sendo estes inferiores aos obtidos no presente estudo.

Com isso, é possível constatar que, à medida que se reduz o número de linhas nos renques, há um aumento no índice de abrangência, indicando que independentemente dos clones de eucaliptos avaliados, há mais crescimento em diâmetro da copa do que em altura total da árvore (Tabela 9). Esta variável pode ser utilizada para controle de competição dentro dos renques, como também, determinar o limite de fechamento de copa que o arranjo pode promover numa determinada altura objetiva de corte, ou seja, se o objetivo de corte for com maiores alturas, será necessário utilizar arranjos mais espaçados, ou realizar desbastes, de modo a permitir, o número mínimo de árvores dentro da linha nos respectivos renques.

Para a característica formal de copa (FC), o maior valor foi obtido pelo clone MA-2015 no arranjo simples A4 com 0,79 sendo, portanto, superior

35,44% ao clone AEC-1528 no mesmo arranjo, e 60,76% superior que o menor valor de FC obtida por ele, no arranjo triplo A1 (Tabela 9).

Para o clone AEC-1528 os arranjos também não apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5%. Já o clone MA-2015 também apresentou diferença estatística entre os arranjos avaliados, sendo o A4 o que promoveu maior valor de formal de copa com 0,79 m<sup>2</sup>, se diferenciando portanto, dos demais arranjo avaliados a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 9).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferença significativa apenas no arranjo A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 maior valor neste arranjo (Tabela 9).

A característica formal de copa (FC), que refere-se à relação entre o diâmetro de copa e a altura da mesma indica que para uma mesma espécie e sítio, quanto menor o seu valor, melhor é a produtividade da árvore, devido unicamente à relação entre o manto de copa e a área de projeção de copa (DURLO; DENARDI, 1998).

Assim, os maiores e menores valores de FC (0,31 a 0,79 clone MA-2015) demonstram que existem grandes diferenças dentro dos clones avaliados para os diferentes arranjos estruturais, existindo arranjo que proporciona ao clone copas esbeltas (formal de copa baixo) e outras com copa achatadas, com diâmetro de copa superior a 0,79 vezes o seu comprimento (Tabela 9).

Nesse sentido se os dois clones avaliados tiverem o mesmo diâmetro de copa, produzirá mais por unidade de projeção de copa aquele que tiver um menor formal, ou seja, aquela que tiver copa mais esbelta, pois terá maior manto de copa, para uma mesma área de projeção. O formal de copa serve também como critério para a marcação de desbastes (DURLO; DENARDI, 1998).

Assim, verifica-se que para sistemas integrados que exigem copas menos densas e mais esbeltas, o arranjo A1 foi o proporcionou valores adequados (0,42; 0,31) respectivamente para os clones AEC-1528 e MA-2015, por ser considerados os menores entre os valores médios obtidos (Tabela 9).

Para esta característica, resultados comparativos mostram que Santos et al. (2014) obtiveram valores entre 0,1 e 1,3 sendo, portanto, semelhantes

aos obtidos no presente estudo. Wink et al. (2012) identificaram valores entre 0,28 e 0,50 sendo também, semelhantes aos obtidos no presente estudo.

A Tabela 10 inicia os resultados referentes aos estudos de interceptação luminosa e radiações, que pode ser interferida pelas características morfológicas e morfofisiológicas, apresentando os valores médios para as características índice de área foliar (IAF) e ângulo médio foliar (AMF) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.

**Tabela 10** - Valores médios para as características índice de área foliar (IAF) e ângulo médio foliar (AMF) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICAS       |             |             |                         |              |              |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|--------------|
|              | Índice de Área Foliar |             |             | Ângulo Médio Foliar (°) |              |              |
|              | AEC-1528              | MA-2015     | Média       | AEC-1528                | MA-2015      | Média        |
| A1           | 0,30 cA               | 0,31 bA     | <b>0,31</b> | 41,71 aA                | 15,14 bB     | <b>28,43</b> |
| A2           | 0,31 cA               | 0,25 bcA    | <b>0,28</b> | 21,28 abA               | 23,06 abA    | <b>22,17</b> |
| A3           | 0,49 bA               | 0,50 aA     | <b>0,50</b> | 9,55 bA                 | 9,55 bA      | <b>9,55</b>  |
| A4           | 0,96 aA               | 0,16 cB     | <b>0,56</b> | 9,55 bB                 | 43,56 aA     | <b>26,77</b> |
| <b>Média</b> | <b>0,51</b>           | <b>0,31</b> |             | <b>20,63</b>            | <b>22,83</b> |              |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Observa-se que para a característica IAF, houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos, onde os valores variaram entre 0,16 para o clone MA-2015 e 0,96 para o clone AEC-1528 ambos no arranjo simples A4, o que representou uma diferença de 83,33%, não havendo diferença entre os clones nos demais arranjos (Tabela 10).

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% sendo no arranjo A4 obtido o maior valor de IAF, se diferenciando estatisticamente dos demais arranjos. Já o clone MA-2015 apresentou resposta inversa entre os arranjos quando comparado ao clone AEC-1528, com diferença estatística entre os arranjos, sendo no A4 o que promoveu menor valor de índice de área foliar com 0,16 m<sup>2</sup>, se diferenciando portanto, dos demais arranjos avaliados a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 10).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferença estatística apenas no arranjo A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone AEC-1528 obtido os maiores valores nestes arranjos com exceção do arranjo A1 (Tabela 10).

Nota-se que os clones apresentaram diferenças estatísticas a 5 % entre os valores de IAF para os diferentes arranjos, embora com pouca variação entre os mesmos dentro de cada arranjo com exceção do arranjo simples A4 que proporciona uma menor densidade dos indivíduos nos renques e entre renques.

O IAF é definido por Watson (1947) como a área foliar total de uma face das folhas dividida pela área total do solo ocupada pela árvore, sendo portanto, um parâmetro sem unidade (relação) cujo valores interpretados são de 0 (solo nú/exposto) à 6 ou 7 (florestas tropicais densas/solo não visível).

De acordo com Jonckheere et al. (2004) o valor do IAF para florestas varia de 0,40 para uma baixa densidade de indivíduos para 16,9 em povoamentos antigos, sendo os maiores relatados para coníferas, com valores máximos entre 6 e 8, para florestas decíduas

Schulze (1982) considera que o índice de área foliar para a maioria dos biomas (com exceção do deserto) varia de 3 a 19, apresentando os valores mais altos em florestas de coníferas boreais.

Já em floresta de transição Amazônia Cerrado o índice de área foliar gerado através de fotografias hemisféricas varia de 0,52 a 4,12 (SANCHES et al., 2008).

Apesar da variação existente entre os clones dentro dos arranjos, é possível constatar com essa metodologia de estimativa do IAF, que ele é menor em renques que contempla maiores números de linhas com maiores espaçamentos entre renques, quando comparados a renques com menores aléias (espaços entre renques), o que pode estar relacionado com o maior crescimento em altura do que em copa (Tabela 10).

Juárez et al. (2009) utilizando o mesmo equipamento utilizado no presente estudo, para estimar o índice de área foliar em dois diferentes ecossistemas, consideraram a metodologia satisfatória, pois o erro entre os valores observados e estimados foi de apenas 6%. Portanto, os valores de IAF do presente estudo estão de acordo com a literatura mostrando que associado

a outras características permitem a escolha do melhor arranjo e clone, sendo recomendado, arranjos que promova menores IAF, portanto, com maiores alturas e produtividade de madeira.

Para a características AMF, os valores apresentaram variações entre  $9,55^\circ$  e  $43,56^\circ$  com diferenças significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos e independentemente dos arranjos (Tabela 10).

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% tendo no arranjo A1 obtido o maior valor de AMF com  $41,71^\circ$  não se diferenciando portanto, apenas do arranjo A2. Já o clone MA-2015 apresentou resposta inversa em relação ao clone AEC-1528, com diferença estatística entre os arranjos, sendo o arranjo A4 o que promoveu maior valor de ângulo médio foliar com  $43,56^\circ$ , não se diferenciando portanto, apenas do arranjo A2 a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 10).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferenças significativas apenas nos arranjos A1 e A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 obtido o maior valor no arranjo triplo e o clone AEC-1528 o maior valor no arranjo simples (Tabela 10).

Assim, verifica-se que o maior valor de AMF foi obtido pelo clone MA-2015 no arranjo simples A4, mostrando que há maior capacidade em interceptar a luz quando comparado aos demais arranjos para o mesmo clone. O contrário ocorreu para o clone AEC-1528 que apresentou maior AMF no arranjo triplo A1 com  $41,71^\circ$  mostrando que em arranjos que promovem maiores competições, com conseqüente aumento de altura das árvores, e redução de copa, há aumento no AMF para se obter uma maior interceptação luminosa.

Essa característica é importante uma vez que está relacionada com a projeção horizontal da folhagem e o ângulo de distribuição das folhas, influenciando, portanto, a entrada de luz pelo dossel e copa das árvores.

De acordo com Ong e Huxley (1996) o ângulo foliar e a distribuição de folhas influenciam na penetração de luz no dossel e, conseqüentemente, no coeficiente de extinção.

Nesse sentido, o arranjo simples A3 foi o que promoveu o menor AMF com  $9,55^\circ$  independentemente do clone avaliado, mostrando uma menor

capacidade de interceptar a luz para os demais componentes a se instalarem nesse sistema aos três anos de idade (Tabela 10).

A Tabela 11 apresenta os valores médios para a característica coeficiente de transmissão (CT) dos clones de *Eucalyptus* spp. AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção.

Verifica-se que houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey para os dois clones avaliados nos quatro arranjos, onde os valores variaram entre 0,40 para o clone AEC-1528 e 0,76 para o clone MA-2015 ambos no arranjo simples A4, o que representou uma diferença de 47,37%, não havendo diferença significativa entre os clones nos demais arranjos (Tabela 11).

**Tabela 11** - Valores médios para a característica coeficiente de transmissão (CT) dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICA             |             |             |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------|
|              | Coeficiente de Transmissão |             |             |
|              | AEC-1528                   | MA-2015     | Média       |
| A1           | 0,72 aA                    | 0,72 abA    | <b>0,72</b> |
| A2           | 0,72 aA                    | 0,74 aA     | <b>0,73</b> |
| A3           | 0,64 bA                    | 0,67 bA     | <b>0,65</b> |
| A4           | 0,40 cB                    | 0,76 aA     | <b>0,57</b> |
| <b>Média</b> | <b>0,62</b>                | <b>0,72</b> |             |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup>; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% tendo o arranjo A1 e A2 promovido os maiores valores de CT, ambos com 0,72. Já o clone MA-2015 apresentou mesma resposta e com diferenças estatísticas entre os arranjos, sendo o A4 o que promoveu maior valor de coeficiente de transmissão com 0,76 não se diferenciando portanto, dos arranjos A1 e A2 a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 11).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferenças significativas apenas no arranjo A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 obtido os maiores valores nestes arranjos (Tabela 11).

As Imagens do dossel da planta são divididas em divisões zênite e azimute, pelas quais, a fração de céu (coeficiente de transmissão de feixe

solar) visível em cada divisão é analisado através da contagem do céu pelas porções dos pixels da imagem, na qual, um valor entre 0 e 1 é atribuído, onde considera-se 0 nenhuma fração de céu visível abaixo da copa das plantas, e 1 toda a fração de área do céu é visível, ou seja, não há nenhuma cobertura de folhagem (NORMAN; CAMPBELL, 1989).

Essa característica se torna importante, pois serve de referência sobre qual arranjo, pode exercer limitação de luminosidade para componentes como lavoura e/ou pastagens que crescem abaixo da copa entre os renques. Nesse sentido, nota-se que para os diferentes arranjos avaliados o CT indica pouca variação entre os clones, sem diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey entre os arranjos triplo e duplo e entre os clones, mostrando alta fração de céu visível nas diferentes combinações de arranjos e clones avaliados, mostrando que há menos interceptação de luz pelas copas independentemente dos clones (Tabela 11).

Verifica-se que o arranjo que proporciona a maior visibilidade de céu é o A4 para o clone MA-2015, por obter o maior valor médio (0,76). Já o menor CT obtido que indica pouca visibilidade de céu abaixo da copa, foi obtido também no arranjo A4 pelo clone AEC-1528 (Tabela 11). Isso demonstra a importância de se utilizar o clone certo para cada arranjo estrutural utilizado em sistemas integrado, de modo, a reduzir os efeitos de sombreamento das culturas que crescerão abaixo do dossel das copas.

A Tabela 12 apresenta a característica radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que designa a gama espectral da radiação solar (400-700 nm) analisadas pelo filtro óptico CI-110 e cuja leitura permite medições precisas abaixo ou dentro do dossel sob variadas condições de luz, devido a radiação dispersa não afetar o sensor.

Verifica-se que para a RFA, houve diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey entre os dois clones avaliados apenas nos arranjos A1 e A4, apresentando variação apenas ao clone AEC-1528 nos quatro arranjos avaliados, sendo o maior valor de  $450,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  obtido no arranjo triplo A1, superior em 68,75% ao menor RFA ( $140,93 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), obtido no arranjo simples A4 (Tabela 12).

Para o clone AEC-1528 os arranjos apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% sendo o arranjo A1 o que promoveu o maior valor de

RFA lida abaixo da copa com  $450,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se diferenciando portanto, dos demais arranjos avaliados. Já o clone MA-2015 não apresentou diferenças estatísticas entre os arranjos avaliados a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 7).

Já entre os arranjos avaliados, os dois clones apresentaram diferenças estatísticas apenas nos arranjos A1 e A4 pelo teste de Tukey a 5% tendo o clone MA-2015 obtido maior valor nestes arranjos (Tabela 12).

Isso demonstra que o adensamento de árvores ou redução das distâncias entre renques contribuem para a redução da RFA para ambos os clones abaixo da copa, o que pode promover um efeito prejudicial para os componentes de pecuária/lavoura devido à restrição de luz.

**Tabela 12** - Valores médios para a característica radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 e MA-2015 em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção

| ARRANJOS     | CARACTERÍSTICA  |               |                |
|--------------|---|---------------|----------------|
|              | Radiação Fotossinteticamente Ativa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) |               |                |
|              | AEC-1528  | MA-2015       | Média          |
| A1           | 450,98 aA   | 348,94 aB     | <b>399,96</b>  |
| A2           | 255,83 bA   | 305,69 aA     | <b>280,763</b> |
| A3           | 270,17 bA   | 295,65 aA     | <b>282,91</b>  |
| A4           | 140,93 cB   | 257,04 aA     | <b>198,99</b>  |
| <b>Média</b> | <b>279,48</b>   | <b>301,83</b> |                |

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores  $\text{ha}^{-1}$  (9,5% da área); A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores  $\text{ha}^{-1}$ ; (11,6% da área); A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores  $\text{ha}^{-1}$  (9,1% da área); e A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores  $\text{ha}^{-1}$  (18,2% da área).

Além do mais, essa característica se torna importante, por ser parte do espectro da fração da Radiação Global (Rg) compreendida na faixa espectral de 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ , sendo também importante no crescimento e desenvolvimento das plantas, servindo como uma das variáveis de entrada em modelos que simulam o acúmulo de matéria seca durante o ciclo das culturas (TEI et al., 1996).

De acordo com Alados e Alados-Arboledas (1999), o termo “radiação fotossinteticamente ativa” engloba não apenas o conceito de fótons fotossintéticos mas também o de energia. Para fins fisiológicos, as unidades de RFA são expressas em termos de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Assim, quanto maior a RFA analisada abaixo do dossel dos clones, menor será a sua interceptação pelos componentes morfométricos das árvores.

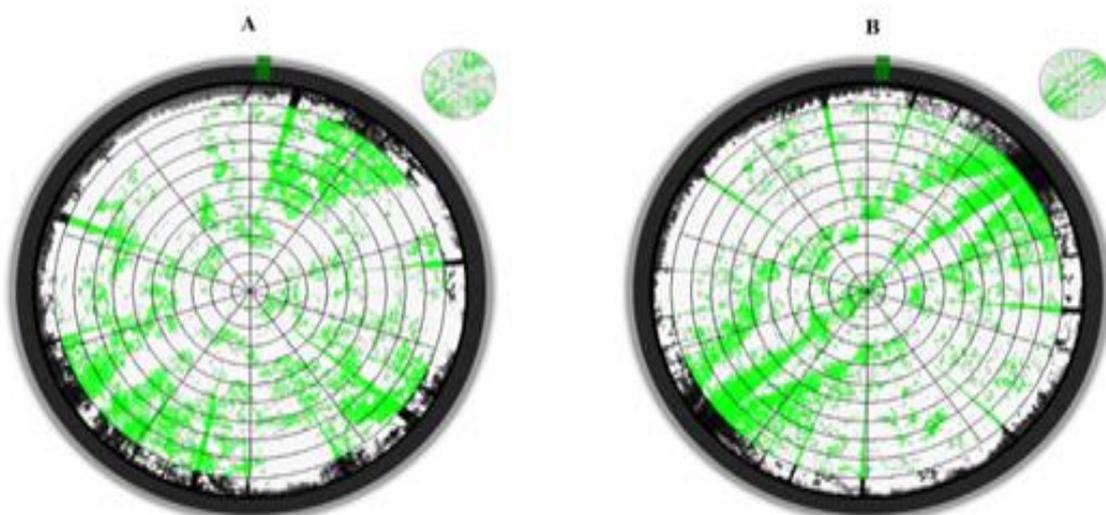
Nesse sentido, é possível verificar que a RFA lida abaixo da copa na altura fixa de 1,75m no presente estudo, reduz-se em renques que apresentam menores números de linhas independentemente dos clones avaliados, mostrando que as árvores crescem mais em copa do que em altura, em condições menos competitivas.

Assim, a RFA lida abaixo da copa associada com características de produtividade do componente florestal e da tolerância dos demais componentes em sistemas integrados, permitiu a escolha do arranjo ideal, sendo para este estudo recomendado os valores intermediários obtido nos arranjos A2 e A3 por permitirem uma passagem de RFA média pelo dossel das copas (Tabela 12).

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam respectivamente as imagens hemisféricas obtidas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fracção Gap de Norman e Campbell, (1989) nos arranjos estruturais para sistemas integrados A1, A2, A3 e A4 para os dois clones estudados. Nota-se que entre os arranjos, há diferentes acúmulos de folhagem para a formação de copa os quais contribuem para a diferenciação dos parâmetros morfométricos de acordo com os tratamentos avaliados.

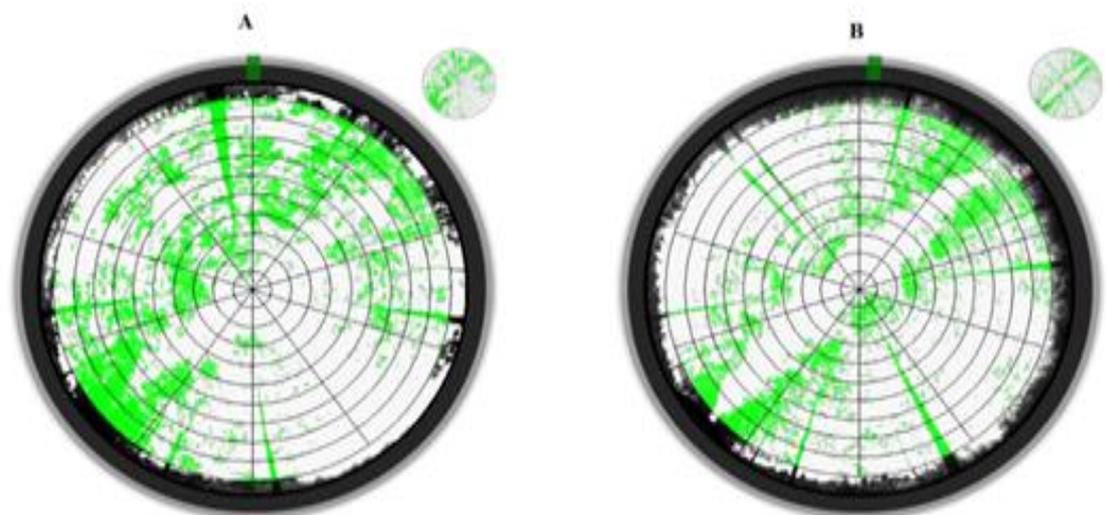
Assim, com os valores obtidos entre as Tabelas 5 a 12 é possível visualizar as diferenças entre os clones estudados, correlacionando com os valores médios obtidos nos diferentes arranjos, verificando que há diferentes formas de copa, o que permite maiores e menores interceptações luminosa, o que também se diferencia entre os clones dentro do mesmo arranjo estrutural (Figuras 4, 5, 6 e 7).

Nesse sentido, verifica-se que para o arranjo A1, o clone AEC-1528 Figura 4 A, apresentou a maior capacidade de passagem de RFA em  $450,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de modo que por ser um arranjo triplo e haver mais competição, os indivíduos crescem mais em altura do que em folhagem através da copa, permitindo portanto a passagem da radiação ao sub-bosque. Já o clone MA-2015 Figura 4 B permitiu uma menor RFA abaixo da copa, com valor de  $348,94 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  o que evidencia um maior fechamento de copa para o mesmo arranjo.



**Figura 4** - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fracção Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados A1= (3,5 x 3,5 x 3,5) + 88 o que corresponde a 90 árvores ha<sup>-1</sup> (9,5% da área).

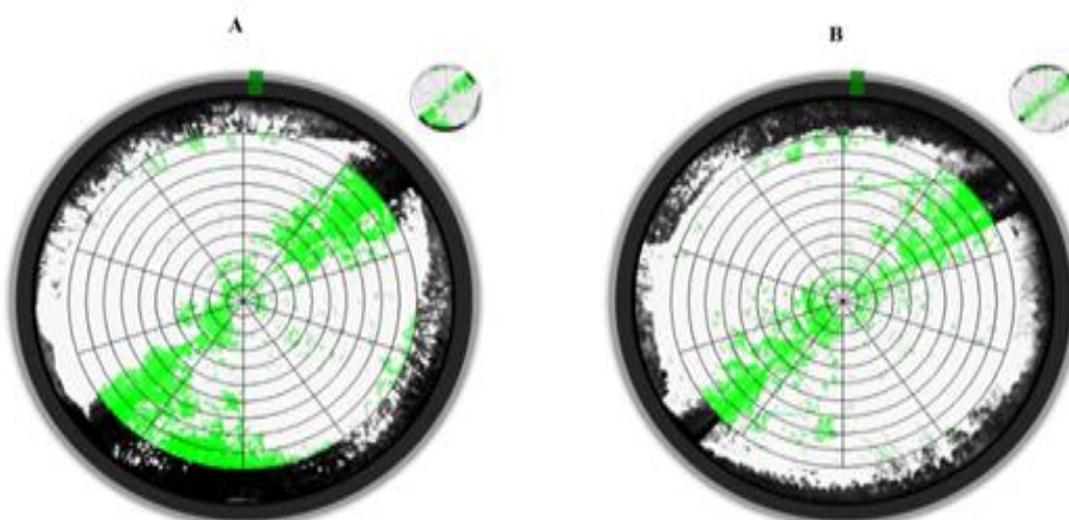
Para o arranjo A2, o clone AEC-1528 Figura 5 A, obteve a maior proporção de copa com valor de 84,88% de modo que por ser um arranjo duplo e haver menos competição, os indivíduos crescem mais em copa do que em ALT, evidenciando, o quanto ele é mais vitável e produtivo em copa, do que o clone MA-2015 Figura 5 B cujo valor foi de 81,51%.



**Figura 5** - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fracção Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados no arranjo A2= (3,5 x 3,5) + 44 o que corresponde a 120 árvores ha<sup>-1</sup> (11,6% da área).

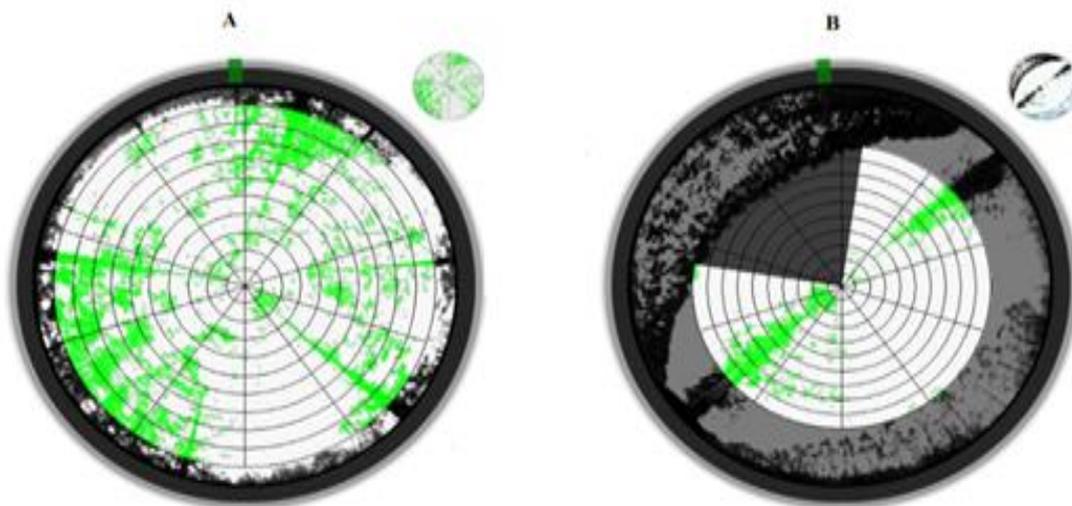
Para o arranjo A3, o clone MA-2015 Figura 6 B, obteve a maior área de copa com valor de 6,76 m<sup>2</sup>, de modo, que por ser um arranjo simples e haver

competição apenas dentro da linha, os indivíduos tendem a crescerem mais em copa do que em ALT. Já para o clone AEC-1528 Figura 6 A, a AC foi menor com 3,50 m<sup>2</sup> evidenciando a sua menor capacidade de sombreamento ou interceptação luminosa em sistema de linha simples quando comparado com o clone MA-2015.



**Figura 6** - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fração Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados no arranjo A3= 4 x 22 o que corresponde a 114 árvores ha<sup>-1</sup> (9,1% da área).

Em relação ao arranjo A4, o clone MA-2015 Figura 7 B, obteve o maior índice de saliência com valor de 74,48, de modo, que por ser também um arranjo simples e haver competição apenas dentro da linha, os indivíduos tendem a possuírem menos área de superfície de copa, ou área de assimilação, com uma ocupação menos eficiente do espaço no respectivo arranjo, do que em renques de linhas duplas e triplas. Já para o clone AEC-1528 Figura 7 A, cujo valor neste mesmo arranjo de linha simples foi de 27,57, evidencia uma maior capacidade e eficiência de ocupação de espaço, ou seja, uma maior área de superfície de copa, quando comparado ao clone MA-2015.



**Figura 7** - Imagens em 150 ° do dossel dos clones de *Eucalyptus* AEC-1528 (A) e MA-2015 (B) com divisões em zênite e azimutes captadas através do imageador CI-110 Plant Canopy Analyzer pelo método fração Gap de Norman e Campbell, (1989) no arranjo estrutural para sistemas integrados no arranjo A4= 4 x 11 o que corresponde a 227 árvores ha<sup>-1</sup> (18,2% da área).

Assim, estudos com imagens hemisféricas associadas às médias das características silviculturais e de luminosidade, são de grande importância para sistemas integrados de produção, uma vez que, os componentes que fazem parte do sistema, podem ser gerenciados também, em função do arranjo e sua capacidade de sombreamento.

A Tabela 13 apresenta os valores de correlações de Pearson entre as características e parâmetros morfométricos de copas para dois clones de *Eucalyptus* avaliados em diferentes arranjos estruturais.

As estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre as características estudadas apresentaram significância entre várias características estudadas, verificando que há semelhanças entre a distribuição dos escores das variáveis, com possibilidade de caracterização dos clones, de modo indireto, através destas características, para sistemas integrados (Tabela 13).

Conforme descrito por Figueiredo-Filho e Silva-Junior (2010), o coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ) varia de -1 a 1, onde o sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis, sendo uma correlação perfeita (-1 ou 1) indicando que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o

escore da outra. Além do mais, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis.

Segundo Cohen (1988), valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

**Tabela 13** - Valores de correlações de Pearson entre 14 caracteres morfofisiológicos de clones de *Eucalyptus* avaliados em quatro arranjos estruturais para sistemas integrados de produção, sendo na diagonal superior clone AEC-1528 e na diagonal inferior clone MA-2015, Aliança do Tocantins, 2017

| Parâmetros                             | ALT (m) | DAP (cm) | VOL (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | AC (m <sup>2</sup> ) | PC (%)  | GE    | IS    | IA     | FC     | IAF    | AMF (°) | CT      | SFK (%) | RFA    |
|--|---------|----------|--|----------------------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| ALT (m)                                | 1       | 0,83     | 0,94                                   | 0,98*                | 0,19    | -0,24 | 0,75  | 0,93   | 0,98*  | 0,81   | -0,97*  | -0,81   | 0,91    | -0,84  |
| DAP (cm)                               | -0,34   | 1        | 0,60                                   | 0,85                 | 0,48    | -0,74 | 0,30  | 0,83   | 0,79   | 0,37   | -0,85   | -0,36   | 0,67    | -0,48  |
| VOL (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | -0,87   | 0,62     | 1                                      | 0,89                 | -0,06   | 0,10  | 0,87  | 0,81   | 0,92   | 0,95*  | -0,87   | -0,96*  | 0,94    | -0,88  |
| AC (m <sup>2</sup> )                   | -0,33   | 0,96*    | 0,70                                   | 1                    | 0,37    | -0,31 | 0,75  | 0,98*  | 0,99** | 0,71   | -0,99** | -0,72   | 0,82    | -0,86  |
| PC (%)                                 | 0,97*   | -0,12    | -0,81                                  | -0,16                | 1       | -0,63 | 0,09  | 0,53   | 0,32   | -0,34  | -0,43   | 0,33    | -0,21   | -0,27  |
| GE                                     | 0,76    | -0,87    | -0,87                                  | -0,83                | 0,58    | 1     | 0,36  | -0,35  | -0,20  | 0,34   | 0,32    | -0,34   | -0,06   | -0,15  |
| IS                                     | -0,89   | 0,18     | 0,89                                   | 0,31                 | -0,95   | -0,58 | 1     | 0,75   | 0,83   | 0,83   | -0,76   | -0,84   | 0,64    | -0,97* |
| IA                                     | -0,70   | 0,80     | 0,95*                                  | 0,88                 | -0,59   | -0,90 | 0,72  | 1      | 0,97*  | 0,60   | -0,99** | -0,61   | 0,70    | -0,88  |
| FC                                     | -0,70   | 0,79     | 0,96*                                  | 0,88                 | -0,60   | -0,90 | 0,73  | 0,99** | 1      | 0,77   | -0,99** | -0,77   | 0,82    | -0,92  |
| IAF                                    | 0,67    | 0,47     | -0,33                                  | 0,44                 | 0,82    | 0,03  | -0,69 | -0,02  | -0,03  | 1      | -0,68   | -0,99** | 0,91    | -0,78  |
| AMF (°)                                | -0,91   | -0,03    | 0,74                                   | 0,04                 | -0,99** | -0,45 | 0,95  | 0,50   | 0,51   | -0,88  | 1       | 0,68    | -0,78   | 0,88   |
| CT                                     | -0,74   | -0,38    | 0,36                                   | -0,39                | -0,84   | -0,13 | 0,68  | 0,06   | 0,07   | -0,99* | 0,88    | 1       | -0,91   | 0,79   |
| SFK (%)                                | -0,37   | 0,96*    | 0,72                                   | 0,99**               | -0,19   | -0,85 | 0,33  | 0,90   | 0,89   | 0,41   | 0,07    | -0,36   | 1       | -0,67  |
| RFA                                    | 0,91    | -0,68    | -0,97*                                 | -0,70                | 0,81    | 0,94  | -0,82 | -0,93  | -0,93  | 0,32   | -0,72   | -0,38   | -0,72   | 1      |

\*\* \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste t

Altura Total (ALT) em metros; Diâmetro à Altura do Peito (DAP) em cm; Volume cilíndrico de madeira (VOL) em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; Área de Copa (AC) em m<sup>2</sup>; Proporção de Copa (PC) em %; Grau de Esbeltez (GE); Índice de Saliência (IS); Índice de Abrangência (IA); Formal de Copa (FC); Índice de Área Foliar (IAF); Ângulo Médio Foliar (AMF) em graus (°); Coeficiente de Transmissão (CT); Sunflecks (SFK) em %; e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Nesse sentido, para o clone AEC-1528 (diagonal superior), os valores negativos do coeficiente de correlação, considerados grande, foram obtidos através das correlações existente entre as características com suas significâncias pelo teste t: AMF x ALT (-0,97 a 5%); AMF x AC (-0,99 a 1%); AMF x IA (-0,99 a 1%); AMF x FC (-0,99 a 1%); CT x VOL (-0,96 a 5%); CT x IAF (-0,99 a 1%); e RFA x IS (-0,97 a 1%) (Tabela 13).

Já os valores positivos do coeficiente de correlação, considerados grande, foram obtidos através das correlações existente entre as características com suas significâncias pelo teste t: AC x ALT (0,98 a 5%); IA x AC (0,98 a 5%); FC x ALT (0,98 a 5%); FC x AC (0,99 a 1%); FC x IA (0,97 a 5%); e IAF x VOL (0,95 a 5%) (Tabela 13).

Assim, em relação às correlações negativas entre as características sobre o clone AEC-1528, verifica-se que quanto maior o ângulo médio foliar, menor será: a altura total, a área de copa, o índice de abrangência e o formal de copa, e quanto maior o coeficiente de transmissão, menor será: o volume cilíndrico de madeira em  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  e o índice de área foliar, e quanto maior a radiação fotossinteticamente ativa não interceptada por esse clone, menor será o seu índice de saliência (Tabela 13).

Já, em relação às correlações positivas entre as características sobre o clone AEC-1528, verifica-se que quanto maior a área de copa, maior será a altura total; quanto maior for o índice de abrangência, maior será a área de copa; quanto maior o formal de copa, maior será a altura total da árvore, a área de copa, e o índice de abrangência; e quanto maior o índice de área foliar, maior será o volume cilíndrico de madeira em  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  (Tabela 13).

Para o clone MA-2015 (diagonal inferior), os valores negativos do coeficiente de correlação, considerados grande, foram obtidos através das correlações existente entre as características com suas significâncias pelo teste t apenas para: RFA x VOL (-0,97 a 5%); e AMF x PC (-0,99 a 1%) (Tabela 13).

Já os valores positivos do coeficiente de correlação, considerados grande para o clone MA-2015, foram obtidos através das correlações existente entre as características com suas significâncias pelo teste t: PC x ALT (0,97 a 5%); AC x DAP (0,96 a 5%); SFK x DAP (0,96 a 5%) SFK x AC (0,99 a 1%); IA x VOL (0,95 a 5%); e FC x VOL (0,96 a 5%) (Tabela 13).

Assim, verifica-se que para o clone MA-2015, quanto maior a radiação fotossinteticamente ativa que não é interceptada pelas copas e lidas abaixo do

dossel, menor será o seu volume cilíndrico de madeira em  $m^{-3} ha^{-1}$ ; e quanto maior for o ângulo médio foliar, menor será a sua proporção de copa (Tabela 13).

Já, em relação às correlações positivas entre as características sobre o clone MA-2015, verifica-se que quanto maior a proporção de copa, maior será a sua altura de total; quanto maior for a área de copa, maior será o seu diâmetro à altura do peito; quanto maior for o sunflecks lido abaixo da copa, maiores serão, o seu diâmetro à altura do peito e a sua área de copa; e quanto maior o índice de abrangência e o formal de copa, maior será o seu volume cilíndrico de madeira em  $m^{-3} ha^{-1}$  (Tabela 13).

A importância dos dados apresentados na Tabela 13, revelam a variação de uma característica em função de outra, de forma a reduzir o número de variáveis avaliadas, reduzindo custos e tempo, além de direcionar a avaliação de características conforme o objetivo do programa de melhoramento genético para a seleção dos genótipos.

## 5 CONCLUSÕES

O arranjo triplo A1 promove o maior valor de radiação de fotossinteticamente ativa lida abaixo da copa em  $450,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , obtido pelo clone AEC-1528.

O arranjo duplo A2 promove o maior valor de proporção de copa de 84,88% obtido pelo clone AEC-1528.

O arranjo simples A3 promove o maior valor de área de copa em  $6,76 \text{ m}^2$  obtido pelo clone MA-2015.

O arranjo simples A4 promove o maior índice de saliência obtido pelo clone MA-2015 com valor de 74,48.

Para o clone AEC-1528, o aumento das características ângulo médio foliar e coeficiente de transmissão promovem respectivamente, redução de altura total, a área de copa, o índice de abrangência e o formal de copa e redução de volume cilíndrico de madeira em  $\text{m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$  e índice de área foliar.

Para o clone MA-2015, o aumento das características índice de abrangência e formal de copa, e a redução da radiação fotossinteticamente ativa que não é interceptada pelas copas e lidas abaixo do dossel, promovem aumento de volume cilíndrico de madeira em  $\text{m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ .

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALADOS, I.; ALADOS-ARBOLEDAS, L. Direct and diffuse photosynthetically active radiation: measurements and modeling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.93, p.27-38, 1999.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:717-723, 2001.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263- 270, 2004.

ANDRAE, F. Segundo inventário de biomassa e nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus saligna* no Sul do Brasil. In: ANDRAE, F.; KRANPFENBAUER, A. (Eds.). **Pesquisas austríaco-brasileiras 1973-1982**. Santa Maria: UFSM, 1983. p.86-112p.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de qualidade do solo. **Biosci. J.**,v. 23, n. 3, p. 66-75, (2007).

ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D. R. Avaliação silvicultural de espécies florestais no estado de Roraima. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 1, n. 3, p. 59-63, 2017.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta**. Embrapa Cerrados-Livro científico (ALICE), 2011.

BALBINO, L. C.; MARTÍNEZ, G.B.; GALERANI, P.R. (Eds.) **Ações de transferência de tecnologia para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta 2007-2011**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011b. 52 p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. Agricultura Sustentável por Meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – BRASIL **Informações Agronômicas** Nº 138, 2012

BARRO, R. S.; SAIBRO, J. C.; MEDEIROS, R. B.; SILVA, J. L. S.; VARELLA, A. C. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1721-1727, 2008.

BELESKY, A. J.; MWONGA, S. M.; AMUNDSON, R. G. et al. Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environment in high-and low-rainfall savannas. **Journal of Applied Ecology**, v.30, p.143-155, 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/221/\\_arquivos/misso\\_junho2010\\_apresentaofunbio\\_221.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/221/_arquivos/misso_junho2010_apresentaofunbio_221.pdf)>. Acesso em: 07 julho. 2017.

BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (Ed.). Tecnologia para o arroz de terras altas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p.

BROWN, J. R. **Outgrowing the earth**: the food security challenge in an of falling water tables and rising temperatures. New York: Norton, 2004. 239 p.

BURGER, H. **Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen**. Mitt. Schweiz. Anst. f. forstl. Vers. Wesen, v. 21, p. 147-176, 1939.

CARREIRE, M. B. **Estimativas de biomassa, do índice de área foliar e aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento no estudo da cobertura vegetal em Áreas de florestas ombrofila aberta e densa na Amazonia**. 203 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais Tropicais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p. 919-927, 1999.

CHRISTENSEN, B. T.; JOHNSTON, A. E. Soil organic matter and soil quality: Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. In: GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R., eds. Soil quality for crop production and ecosystem health. Amsterdam, Elsevier, 1997. p.399- 430.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ, Erlbaum (1988).

COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEND, C. R; ARAUJO, R. G.; PAULINO, P. V. T. Sistemas silvipastoris em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 18p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 86)

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1234–1240, out. 2011.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Disponível em: [www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm](http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm) [www.ufv.br/dbg/biodata.htm](http://www.ufv.br/dbg/biodata.htm). **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276. 2013

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.589- 602, 2011.

DIAS, T. C. Forma e tamanhos ótimos de parcelas experimentais de eucalipto clonal em sistema de integração–lavoura–pecuária–floresta. 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 3. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.

DURÃES, F.O.M ; SANTOS, M.x.; GAMA, E.G; MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P e GUIMARÃES, C.T. Fenotipagem Associada a Tolerância a

Seca em Milho para Uso em Melhoramento, Estudos Genômicos e Seleção Assistida por Marcadores. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004 (Circular técnica,35)

DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, 2001.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 55-66, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Integração-lavoura-Pecuária-Floresta. **Boletim Especial Embrapa**. Dezembro de 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 3ª Ed. 353 p. 2013.

FARIAS NETO, A. L.; MORAES, M. C. M.; REIS, J. C.; PITTA, R. M.; REIS, C. A. F. R. Melhoramento genético de plantas em sistemas de integração lavoura pecuária floresta. In: **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS. Sinop. Melhoramento de plantas para sistemas agrícolas no estado do Mato Grosso: anais. Sinop: UFMT: Embrapa Agrossilvipastoril, 2011.

FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S.; MACHADO, E. C.; ABREU, A. H. M.; ABILIO, F. M. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014.

FERREIRA, L. R.; QUEIROZ, D. S.; MACHADO, A. F. L.; SANTOS, L. D. T. Formação de pastagens em sistemas de integração. **Informe Agropecuário**, v.28, n.240, p.52-62, 2007.

FIGUEIREDO-FILHO, D. B.; SILVA-JUNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 119, 2010.

FONTAN, I.C.I. **Dinâmica de copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama em sistema agroflorestal**. 2007. 81f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. D. L.; NASCIMENTO, P. G. M. L. Culturas agrícolas em Sistema Agrossilvipastoril. In: NETO, S. N. O et al. **Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa, MG : Sociedade de Investigações Florestais, 190p. cap 2; pg 69-103. 2010

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; AGNES, E.L. Integração Agricultura/Pecuária. In: Martins et al. (Org.). **Aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais da atividade leiteira**. 1 ed. Juiz de Fora, v. 1, p. 111-126. 2005

GARCIA, R., COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO/UFV, p.281-302. 1997.

GARCIA, R.; ANDRADE, C.M.S. Sistemas Silvopastoris na região sudeste. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: OPÇÕES DE SUSTENTABILIDADE PARA ÁREAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS. Juiz de Fora. **Anais...**Brasília: FAO, 2001.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistemas Silvopastoris: uma integração Pasto, Árvore e Animal. In: NETO, S. N. O et al. **Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 190p. cap 4; pg 123-165. 2010.

GONÇALO-FILHO, F. **Avaliação de técnicas de manejo da caatinga através da análise dos atributos físicos e químicos do solo**. (Dissertação) Mossoró, 80f: il. 2015.

GUIMARÃES, C. M.; PHRABU, A. N.; CASTRO E. M., FERREIRA, E. E COBUCCI, T. Cultivo do arroz em rotação com soja, Goiânia, Embrapa Arroz e Feijão. **Circular técnica** 41,2001

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Efeitos de sistemas de manejo sobre a população de tiririca. **Planta Daninha**, v. 21, p. 89-95, 2003.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.F.; FREITAS, F.C.L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

JONCKHEERE, I.; LECK, S.; NACKAERTS, K.; MUY, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, 19–35, p.2004.

JORDAN, A.; ZAVALA, L. M.; GIL, J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. **Catena**, v.81, p.77-85, 2010.

JUÁREZ, R. I. N.; ROCHA, H. R.; FIGUEIRA, A. M. S.; GOULDEN, M. L.; MILLER, S.D. An improved estimate of leaf area index based on the histogram analysis of hemispherical photographs. **Agricultural and forest meteorology**. v.49. p. 920- 928, 2009.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.407-442. 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da Integração Lavoura-Pecuária e a produção de forragens na entressafra. **Informe Agropecuário**, v.28, n.240, p.16-29. 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. Renovação de pastagens de Cerrado com Arroz. I. Sistema Barreirão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 20p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 33). 1991.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.(Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

LYNCH, J.M.; BRAGG, E. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, v.2, p.133-171, 1985.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. **Informe Agropecuário**, v.26, n.226. 2005.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas agroflorestais. Lavras: UFLA, 331 p. 2010.

McGREGOR, E.; MACKAY, A; DODD, M. et al. Silvopastoralism using tended poplars on New Zealand hill country: The opportunities. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 61. P.85. 1999.

MENEZES, C. E. G., **Integridade de paisagem, Manejo e atributos do solo no médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. (Tese de Doutorado), UFRRJ, Instituto de Agronomia, RJ. 164f. 2008.

MITSCHERLICH, G. Wald, **Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums**. Erster Band: Form und Wachstum von Baum und Bestand. II Auflage. Frankfurt am Main: J, D. Sauerländer's Verlag, 1978. 144 p.

MORAES, A. de; CARVALHO, P.C. de F.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; LANG, C.R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no subtropico da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. [Anais]. Curitiba: UFPR, 2007. 27p.

MORAES, A., PELISSARI, A., ALVES, S.J. et al. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N. A., ASSMANN, T. S. (Eds.). **I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**.p.3-42. 2002.

NORMAN J. M; CAMPBELL, G. S. **Estrutura do dossel**. In: **Fisiológicos Vegetais Ecologia, métodos de campo e instrumentação**. (eds. RW Percy,, Ehleringer, HA Moorney e PW Rundel), Chapman & Hall, Londres e Nova York, pp. 301-325, (1989).

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, 2001.

NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSKOVICH, F. A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 42, p. 110-122, 2001.

OLIVEIRA NETO, S. N.; PAIVA H. N. Implantação e manejo do componente arbóreo em Sistema Agrossilvipastoril. In: NETO, S. N. O et al. **Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa, MG : Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 190p. cap 1; pg 15-68. 2010.

OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; MAGALHÃES, W.M. Radiação solar no sub-bosque de

Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.12, n.1, p.40-50, 2007.

ONG, C. K.; HUXLEY, P. Tree-crop interactions: a physiological approach. **CAB INTERNATIONAL**, p.1-25, 85-89. 385p, 1996.

PAIVA, H.N.; VITAL, B.R. **Escolha da espécie florestal**. Viçosa, MG:UFV, 42 p. (Cadernos didáticos, 93). 2003.

PARRELLA, R. A. C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Embrapa Milho e Sorgo-Agroenergia em Revista, Edição 3**, 2011.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. A integração “lavoura-pecuária-floresta” como proposta de mudança no uso da terra. In: FeRNANDeS, e. N.; MARTINS, P. do c.; MOREIRA, M. S. de P.; ARcuRI, P. B. (ed.). **Novos desafios para o leite no Brasil**. Juiz de Fora: embrapa gado de leite, p. 197-210. 2007.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de pastagens**: I. Procedimentos para introdução de árvores em pastagens. Colombo: embrapa Florestas, 8 p. (embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 155). 2006.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAeS A.; MeDRADO, M. J. S. **Planejamento do número de árvores na composição de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPP)**. Colombo: embrapa Florestas, 4 p. (embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 219). 2008.

PRASAD, J. V. N. S. et al. Tree row spacing affected agronomic and economic performance of Eucalyptus-based agroforestry in Andhra Pradesh, Southern India. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 3, p. 253-267, Mar. 2010.

REIFSNYDER, W.E. Control of solar radiation in agroforestry practice. In: REIFSNYDER, W.E.; DARNHOFER, T.O. (Eds.) **Meteorology and Agroforestry**. Nairobi: ICRAF, 1989. p.141-156.

REININGER, H. **Zielstärken-Nutzung**. Zweite Auflage.Wien: Österreichischer Agrarverlag, 1987.

REIS, H.A.; MAGALHÃES, L.L.; OFUGI, C.; MELIDO, R.C.N. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E.N.; CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S. et al. **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Embrapa Gado de Leite: Juiz de Fora, 2007. p.137-154.

ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, 2009.

ROMANO, P.A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: uma estratégia para a sustentabilidade. Informe Agropecuário, v.31, n.257, p.7-15, 2010.

ROQUE, Paulo. Os desafios do Programa ABC. **AgroANALYSIS**, v. 33, n. 06, p. 6-8, 2013.

SANCHES, L.; ANDRADE, N. L. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia Cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, v.30, p.57-69, 2008.

SANTOS, M. J. C.; SANTOS, F. R.; RIBEIRO, M. J. B. Parâmetros interdimensionais de clones de eucalipto em sistema silvipastoril na região Semiárido. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2014.

SCHAEFER, M. T.; FARMER, E.; SOTOBERELOV, M.; WOODGATE, W.; JONES, S. Validation of LAI and Fpar products. **Green Book**. 2014.

SCHULZE, E. D. Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. **Encyclopedia of plant physiology**, v.12, p. 615–676, 1982.

SILVA A. P.; TORMENA C. A.; DIAS JUNIOR M.; IMHOFF S.; KLEIN V. A. Indicadores da qualidade física do solo. In: LIER Q. J. V., editor. Física do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.241-281, 2010.

SILVA, A. C.; FERREIRA, L. R. ; CARNEIRO, J. E. D. S. ; CECON, P. R. Consórcio entre feijão e *Brachiaria brizantha* sob doses reduzidas de graminicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 71-76, 2006.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e Adubação Fosfatada em *Eucalyptus*. In: **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Editora POTAFOS. Capítulo 19. 726 p. 2004.

SOUSA, D. G. M.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.G.M. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, p.81-96. 2004.

SOUZA, P.I.M.; MOREIRA, C.T.; FARIAS NETO, AL.; SILVA, S.A; SILVA, N.S.; ASSUNÇÃO, M.S.; ARANTES, N.E.; ALMEIDA, L.A; KIIHL, RAS.; SILVA, J.F.; YORINORI, J.T.; DIAS, W.P. BRS 217: early-maturing soybean cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.8 p. 245-247, 2008.

SPATHELF, P.; NUTTO, L.; SELING, I. Condução do crescimento em diâmetro de *Eucalyptus grandis* com base em árvores individuais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000, p.471-490.

STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre**. Wien: Universität für Bodenkultur, 1992. 160p. (Heft, 4).

TEI, F.; SCAIFE, A.; AIKMAN, D. P. Growth of lettuce, onion and red beet. 1. Growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. **Annals of Botany**, v.78, p.633-43, 1996.

TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B. BORÉM, A.; RANGE, P. H. N. R. Tolerância de linhagens de arroz de terras altas à seca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, 2013.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

VENTURIN, N.; MESQUITA, H.A. Sistemas agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação. Informe agropecuário, v.31, n.257, p.16-24, 2010.

VILELA, L.; JUNIOR, G. B. M.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, p. 1127-1138, 2011.

WILKINS, R. J. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, London, v. 363, n. 1491, p. 517-525, Fev. 2008.

WINK, C., M., J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientiae Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 057-067, 2012.

WONG, C.C. Shade tolerance of tropical forages. In: SHELTON, H.M., STÜR, W.W. (Eds.). **Forages for plantation crops**. ACIAR Proceedings N°32, Canberra, 1991. p.64-69.

ZIMMER, Ademir Hugo et al. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: Histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. In:**Proceedings of the 7th Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável**. Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brazil. 2012. p. 666-670.