



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco

Diego de Lima Coêlho

Recife – PE

Fevereiro, 2016

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

DIEGO DE LIMA COÊLHO

Título:

Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Forragicultura.

Comitê de Orientação

Professor Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

Professor Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior

Professor Dr. Márcio Vieira da Cunha

Ficha Catalográfica

C672c Coêlho, Diego de Lima.
Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco / Diego de Lima Coêlho. – Recife, 2016.
79 f. : il.

Orientador: Alexandre Carneiro Leão de Mello.
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2016.
Inclui referências.

1. Pastagens. 2. Consórcio. 3. Leguminosas. I. Mello, Alexandre Carneiro Leão de, orientador. II. Título

CDD 636

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

DIEGO DE LIMA COELHO

Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco

Dissertação defendida e aprovada em 29 de Fevereiro de 2016.
Comissão examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

Prof.^a Dra. Mércia Virgínia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Ciência Florestal

Recife – PE
Fevereiro, 2016

SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Tabelas.....	3
Lista de Figuras.....	4
Resumo Geral.....	5
General Abstract.....	6
Introdução Geral.....	7

Capítulo I – Referencial Teórico

1. Pecuária no Brasil.....	10
2. Degradação de pastagens.....	11
3. Sistema silvipastoril.....	12
3. 1. Utilização de gramínea <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em SSP.....	14
3. 2. Contribuição de leguminosas em SSP.....	15
4. Importância do IAF e da IL em ecossistemas de pastagens cultivadas.....	16
4. 1. Estimativas de IAF e IL.....	17
5. Referências bibliográficas.....	20

Capítulo II – Respostas estruturais e produtivas de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris na Zona da Mata de Pernambuco

Resumo.....	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e métodos.....	36
Resultados e discussão.....	41
Conclusões.....	54
Referências bibliográficas.....	55

Capítulo III – Relação entre características estruturais e produtivas com IAF e IL estimados por métodos indiretos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco

Resumo.....	61
Abstract.....	62
Introdução.....	63
Material e métodos.....	64
Resultados e discussão.....	67
Conclusões.....	75
Referências bibliográficas.....	76

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Pág.

Tabela 1. Altura média (cm), altura comprimida, massa de forragem (kg de MS ha⁻¹) e densidade de forragem de *Brachiaria decumbens* Stapf. (kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹) em pastagens de *B. decumbens* em monocultivo e em SSP, conforme o período do ano, Itambé-PE..... 41

Tabela 2. Índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimado através de métodos indiretos, em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf., conforme o período do ano, Itambé-PE..... 44

Capítulo III

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre altura média (cm) e comprimida do dossel de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, com índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimados através de métodos indiretos, conforme o período do ano, Itambé-PE..... 67

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre massa de forragem (kg de MS ha⁻¹) de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, com altura média (cm) e comprimida do dossel, densidade de forragem (kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹), índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimados através de métodos indiretos, conforme o período do ano, Itambé-PE..... 70

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL, %), estimados através de métodos indiretos, em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, Itambé-PE.... 73

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

	Pág.
Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm/mês) no Município de Itambé-PE, durante o período experimental.....	36
Figura 2. Detalhe dos transectos da parcela de leguminosa arbustiva consorciada com <i>B. decumbens</i> , Itambé-PE.....	38
Figura 3. (A) LAI-2000; (B) CI-120; (C) AccuPAR LP-80.....	39
Figura 4. Aspecto da pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em consórcio com leguminosa Sabiá, em dezembro/2015, Itambé-PE.....	45
Figura 5. Aspecto da pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em SSPs, na estação chuvosa, sendo (A) <i>Brachiaria decumbens</i> + Gliricídia; (B) <i>B. decumbens</i> + Sabiá, Itambé-PE.....	47
Figura 6. Massa de forragem (kg de MS ha ⁻¹) e densidade de forragem (kg de MS ha ⁻¹ cm ⁻¹) em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.....	48
Figura 7. Bovinos em área sombreada, em pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. + Sabiá, Itambé-PE.....	49
Figura 8. Altura média (cm) e comprimida de dossel de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.....	50
Figura 9. Índice de área foliar (IAF) em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.....	52
Figura 10. Interceptação luminosa (IL, %) em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.....	53

Capítulo III

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm/mês) no Município de Itambé-PE, durante o período experimental.....	64
Figura 2. Detalhe dos transectos da parcela de leguminosa arbustiva consorciada com <i>B. decumbens</i> , Itambé-PE.....	66

RESUMO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar as respostas estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, assim como relacionar características estruturais e produtivas com IAF e IL estimados por métodos indiretos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris (SSPs), na Zona da Mata de Pernambuco. Os tratamentos experimentais consistiram de: i) *B. decumbens* Stapf. + *Mimosa caesalpinifolia* Benth.; ii) *B. decumbens* + *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. e iii) *B. decumbens* em monocultivo, em delineamento experimental casualizado em blocos, com três repetições. As amostragens foram realizadas em cinco diferentes pontos (0, 2, 4, 6 e 8 m de distância das filas duplas das leguminosas) e de forma aleatória em sistema de monocultivo. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa de forragem (kg de MS ha⁻¹), densidade de forragem (kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹), alturas média (cm) e comprimida de dossel forrageiro, além de índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimados por métodos indiretos. Maiores valores ($P \leq 0,05$) de massa de forragem, em todos os tratamentos experimentais, e também de alturas média e comprimida do dossel e IAF e IL para a Braquiária em sistema de monocultivo foram obtidos no período chuvoso do ano. Maior parte das correlações existentes entre IL e altura do dossel e também de IAF e massa de forragem apresentaram magnitude fraca. Em SSPs, há influência do componente arbóreo sobre a maior parte das características do pasto, conforme o distanciamento das fileiras das árvores.

Palavras-chave: sistemas silvipastoris, equipamentos, produção

GENERAL ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the structural and productive responses of *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures under monoculture and silvopastoral systems (SPS) in Pernambuco Forest Zone. Also was studied the relationships among structural and productive characteristics of *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures with leaf area index (LAI) and light interception (LI) estimated by indirect methods. The experimental treatments were: i) *B. decumbens* Stapf. + *Mimosa caesalpinifolia* Benth.; ii) *B. decumbens* + *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. and iii) *B. decumbens* under monoculture, in randomized block design with three replications. Measurements were proceeded at 5 different points (0, 2, 4, 6 and 8 m away from the tree legume rows), and randomly in monoculture system. Following measurements were taken: forage mass (kg of DM ha⁻¹), forage density (kg of DM ha⁻¹ cm⁻¹), average height (cm) and compressed height. Also LAI, LI, mean leaf angle (MLA) and extinction coefficient (K) of light, estimated by indirect methods. Higher values ($P \leq 0,05$) of forage mass in all experimental treatments, as well as average height and compressed sward and LAI and LI for *Braquiaria* in monoculture system were obtained in the rainy season of the year. Most correlations between LI and LAI with canopy height and forage mass presented low magnitude. In SPS there is influence of the tree component on most pasture characteristics as the distance of the rows of trees.

Keywords: silvopastoral systems, equipment, production

INTRODUÇÃO GERAL

As pastagens ocupam cerca de 3,4 bilhões de hectares, o que corresponde a 70% da área destinada à agropecuária ou a 30% da área sem gelo da terra (Neely et al., 2009). No Brasil, ocupam aproximadamente 210 milhões de hectares (IBGE, 2012).

Na região Nordeste, os sistemas de produção animal baseados na exploração de pastagens variam de acordo com as características edafoclimáticas de cada meso ou microrregião, além do bioma onde estão inseridos, sendo fortemente influenciados e caracterizados pelas características climáticas, atividades pecuárias, recursos financeiros e tecnológicos de suporte.

A Zona da Mata de Pernambuco apresenta, predominantemente, cultivo de cana-de-açúcar. Porém, nos últimos anos, a pecuária vem ocupando lugar de destaque, pois, além da proximidade do mercado consumidor, fatores como precipitação pluvial, temperatura e luminosidade são bastante favoráveis ao cultivo de plantas forrageiras. As pastagens também constituem uma alternativa ecologicamente correta do uso do solo, pois, quando bem manejadas, propiciam cobertura e proteção desses solos de topografia, normalmente, acidentada.

No entanto, um dos principais entraves atuais é a elevada proporção de áreas de pastagens degradadas, as quais afetam diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo. Uma das estratégias para a recuperação destas pastagens é a utilização de sistemas silvipastoris (SSPs). Dias Filho (2007) aponta o SSP como uma boa opção para recuperação de pastagens degradadas, sendo capaz de aumentar, de modo sustentável, a biodiversidade animal e vegetal e os níveis de produção animal, com menos dependência de insumos externos (Sánchez, 1999).

O conhecimento da estrutura de um dossel vegetativo, em ecossistemas de pastagens, é importante para o maior entendimento das respostas vegetais a estímulos ambientais e de colheitas, pois as interações existentes entre vegetal, animal e ambiente são governadas por essas variáveis (Norman e Campbell, 1989).

Hodgson (1990) considera que as variáveis do pasto que apresentam maior relação com a produção de forragem são a altura e o índice de área foliar (IAF). Essas medidas são de extrema importância para caracterizar a interceptação da radiação solar responsável pelo processo metabólico da fotossíntese. Segundo Marshall (1987), a

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

produção de massa seca de um dossel manejado intensivamente, com suprimentos adequados de água e nutrientes, é determinada pela eficiência com que as folhas interceptam a luz e a utilizam na assimilação de carbono.

Tem surgido no mercado equipamentos eletrônicos que permitem inferir uma leitura indireta não destrutiva do IAF e IL do dossel. Tais métodos apresentam a vantagem de não serem destrutivos e de permitirem maior frequência de leituras pela rapidez e facilidade de mensuração, utilizando apenas a informação da fração de radiação transmitida que não sofreu atenuação pela estrutura do dossel vegetativo, além de produzirem resultados próximos aos dos métodos diretos (Roberts et al., 1996).

Apesar de algumas limitações quanto ao uso do conceito de IAF no manejo de pastagens, que surgem principalmente por mudanças nas características fotossintéticas, na arquitetura e composição botânica do pasto, Brown e Blaser (1968) concluíram que o IAF, relacionado à IL, parece uma forma útil para entender a produção de forragem e o desenvolvimento de melhores variedades e práticas de manejo.

Diante do exposto, a presente dissertação foi organizada em três capítulos. O primeiro deles trata de um referencial teórico; o segundo refere-se às respostas estruturais e produtivas de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris e o terceiro diz respeito à relação entre características estruturais e produtivas com IAF e IL estimados por métodos indiretos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco.

Capítulo I – Referencial Teórico

1. Pecuária no Brasil

A demanda mundial por produtos de origem animal, em particular a carne bovina e o leite, deve aumentar consideravelmente nos próximos anos, em resposta ao crescimento populacional e ao incremento no consumo per capita (FOOD, 2006; 2009). Neste âmbito, a pecuária tropical, em particular a desenvolvida no Brasil, terá papel fundamental na economia agrícola global, visto que o país é detentor do maior rebanho bovino comercial do mundo e elevada área de pastagens, o que o torna um grande potencial para auxiliar no atendimento dessa crescente demanda nutricional (ORGANISATION, 2010).

Uma característica importante da pecuária brasileira é ter a maior parte de seu rebanho criado a pasto (Ferraz; Felício, 2010), que se constitui na forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os ruminantes. Em decorrência dessa vocação, advinda, principalmente, das características climáticas e de extensão territorial, o Brasil tem um dos menores custos de produção de carne do mundo (Ferraz; Felício, 2010; Deblitz, 2012).

Assim, enquanto em países onde o sistema de confinamento é a base da produção de carne como, por exemplo, os EUA, a Austrália e diversos países europeus, o processo de oferta do alimento para o gado requer o uso intensivo de mão de obra, máquinas, equipamentos e combustível fóssil, no Brasil, essa colheita é feita predominantemente pelo próprio animal, por meio do pastejo (Dias-Filho, 2011). Além disto, no sistema de produção a pasto, o produtor conta com a vantagem de não depender de fatores instáveis, como altas nos preços de grãos (Torres Júnior e Aguiar, 2013).

O resultado é a redução de custos, a melhoria no bem-estar animal e a geração de um produto tido como mais saudável, com qualidade nutricional elevada (Daley et al., 2010; Nuernberg et al., 2005) e de crescente apelo mercadológico, o chamado “boi verde” ou “boi de capim” (“grass-fed beef”), forte componente para a conquista de mercados mais exigentes.

Apesar de todo esse potencial produtivo, os resultados obtidos nos sistemas de produção em pastagens brasileiras são bastante inferiores aos níveis passíveis de serem obtidos, tanto no ponto de vista biológico, como do ponto de vista operacional (Silva e

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf... Sbrissa, 2000). E um dos principais problemas atuais é a degradação de pastagens, que trata-se de um fenômeno de abrangência global (Harris, 2010; Miede et al., 2010).

2. Degradação de pastagens

A degradação de pastagens apresenta grande ocorrência em pastagens formadas em distintos ecossistemas da América Latina tropical (Bouman et al., 1999; Carvalho, 1998; Costa; Rehman, 1999; Dias-Filho; Andrade, 2006; Holmann et al., 2004; Macedo 2005; Vera et al., 1998). A maior parte das terras utilizadas na agropecuária no Brasil está ocupada com pastagens, cerca de 180 milhões de hectares, dos quais estima-se que mais da metade encontra-se em algum estágio de degradação (EMBRAPA, 2015).

As principais causas da ocorrência do processo de degradação de pastagens são a redução da fertilidade do solo, não somente pela extração dos nutrientes do solo pelas plantas e baixa reposição via adubação, como também devido às perdas e à imobilização de N por microorganismos (Boddey et al., 2004), mediante alta relação C:N da serrapilheira das gramíneas (Urquiaga et al., 1998), bem como ao manejo inadequado (Lira et al., 2006), em particular o uso sistemático de taxas de lotação que excedem a capacidade de suporte do pasto, reduzindo sua capacidade de se recuperar do pastejo (FOOD, 2009).

A escolha inadequada das espécies forrageiras é outro fator que pode contribuir para a degradação da pastagem formada com forrageiras não adaptadas às condições de solo e de clima do local ou de hábito de crescimento inadequado ao relevo da área (Nascimento Júnior et al., 1999).

Uma pastagem pode ser considerada degradada dentro de um universo relativamente amplo de condições. Os extremos dessas condições são conceitualmente denominados “degradação agrícola” e “degradação biológica” (Dias-Filho, 1998, 2011). Na degradação agrícola, há um aumento na proporção de plantas daninhas na pastagem, diminuindo gradualmente a capacidade de suporte. Na degradação biológica, o solo perde a capacidade de sustentar a produção vegetal de maneira significativa, levando à substituição da pastagem por plantas pouco exigentes em fertilidade do solo, ou simplesmente ao aparecimento de áreas desprovidas de vegetação (solo descoberto).

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

No entanto, alternativas ecologicamente apropriadas como, por exemplo, sistemas agroflorestais (SAFs) e agrícolas têm sido apontadas para recuperar a produtividade de áreas tropicais degradadas ou para manter a produtividade econômica dessas áreas, com menores prejuízos para o solo, recursos hídricos e a biodiversidade (Alam et al., 2010; Bhagwat et al., 2008; Powlson et al., 2011; Ramachandran Nair et al., 2009).

3. Sistema silvipastoril

O sistema silvipastoril (SSP), uma modalidade dos SAFs, refere-se à técnica de produção na qual se integram animais, plantas forrageiras e árvores, na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (Garcia e Couto, 1997).

A precipitação, a radiação solar e o nitrogênio atmosférico formam parte dos componentes de entrada no SSP, enquanto que as saídas são realizadas pelos animais que fazem pastejo, do corte das árvores e das perdas que ocorrem por erosão e lixiviação. As interações entre os componentes são de fundamental importância, pois respondem pelo êxito do sistema e fornecem os pontos de intervenção para o manejo.

O SSP pode promover maiores benefícios para o meio ambiente e para os animais, dentre eles: maior eficiência na conservação do solo, conservação dos recursos hídricos, promoção do sequestro de carbono, aumento na biodiversidade e incremento no conforto animal (Pagiola et al., 2004; Ibrahim et al., 2005; Murgueitio et al., 2010). Em alguns casos, SSP pode também ter como objetivo a suplementação da dieta do gado, durante períodos de baixa produção do pasto, por meio do consumo da folhagem e de frutos oriundos das árvores (Casasola et al., 2001; Holguín et al., 2003; Ibrahim et al., 2001b; Palma; Román, 2003).

Em termos econômicos, o SSP tem potencial de diversificar a renda da propriedade rural pela possibilidade de comercialização dos produtos gerados pelas árvores como, por exemplo, madeira, frutos, óleos e resinas, além de agregar valor à área (Murgueitio et al., 2010). Além destes produtos, em se tratando de espécies

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

leguminosas, este componente silvícola também apresenta potencial para adicionar N ao sistema por meio da fixação biológica, o que pode favorecer a gramínea.

De acordo com Giller (2001), o potencial da fixação biológica de N das leguminosas tropicais é superior a $300 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com fixação correspondendo de 70 a 94% do N contido na biomassa aérea das leguminosas.

O comportamento animal em SSP pode diferir daquele sob sistema de pastagem convencional. O sombreamento promovido pelas árvores pode alterar os hábitos de pastejo e o metabolismo animal por causa das alterações nas condições ambientais como, por exemplo, reduções da radiação solar e temperatura (Souza et al., 2010a; 2010b).

Péres et al. (2008), em estudo conduzido no México, compararam, durante 68 dias, o comportamento etológico e o ganho de peso de bovinos mestiços (Pardo Suíça x Zebu), em pastagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) em sistema convencional (monocultivo) ou SSP (diversas espécies arbóreas e arbustivas com altura de 3 a 10 m). O tempo médio diário de pastejo foi de 10,2 h para o sistema convencional e de 10,7 h para o silvipastoril. Os tempos médios de ruminação e descanso (ócio) foram de 8,6 h e 4,36 h para o convencional e de 7,8 h e 4,07 h para o silvipastoril. Entretanto, o ganho de peso médio diário foi maior para o SSP (0,486kg) em relação ao monocultivo (0,369kg).

Por outro lado, o SSP pode apresentar algumas desvantagens, como o aumento da competição por nutrientes, espaço, luz e umidade do solo, além de aceleração da perda de nutrientes, danos mecânicos do cultivo e colheita de árvores, danos provocados pelos animais, compactação do solo, alelopatia e habitat ou hospedeiro alternativo para pragas e doenças (Daniel, 1999).

Tais aspectos negativos, contudo, podem ser atenuados ou até mesmo neutralizados através da escolha adequada das forrageiras e o manejo apropriado da pastagem. Como exemplo, avaliando um sistema silvipastoril de *Brachiaria decumbens* com *Acacia (Racosperma) mangium* e *Eucalyptus grandis*, Paciullo et al. (2010) não observaram aumento na compactação do solo sob a sombra das árvores. Nesse sistema, as árvores eram plantadas em faixas, em solo argiloso e os animais manejados sob taxas controladas de lotação, que variaram de 0,8 (período seco) a 1,6 U.A. ha^{-1} (período chuvoso).

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

Para as seleções silvipastoris, quanto ao extrato herbáceo, por exemplo, não basta que seja tolerante ao sombreamento, faz-se necessário também selecionar espécies de elevada capacidade produtiva, adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas (Andrade et al., 2003).

3. 1. Utilização de gramínea *Brachiaria decumbens* Stapf. em SSP

Estudos conduzidos em diversas regiões tropicais sobre o desempenho de gramíneas em SSP mostram que forrageiras do gênero *Brachiaria* spp., representado principalmente pelas espécies *B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. humidicola* e ocupando cerca de 70% da área cultivada de pastagens no Brasil, apresentam desenvolvimento satisfatório nessa condição (Reynolds, 1995; Ibrahim et al., 2001).

Uma das espécies do gênero *Brachiaria* spp. utilizadas para formação de pastagens é a *Brachiaria decumbens*, popularmente conhecida como Braquiária. Esta espécie apresenta características produtivas e de adaptação ecológica que a credencia para utilização em sistemas silvipastoris, face ao elevado potencial de produção de matéria seca, adaptação em solos ácidos e pobres em fósforo, crescimento estolonífero, produção de sementes viáveis e tolerância ao sombreamento (Dias, 2007; Paciullo et al., 2010).

A Braquiária por possuir metabolismo fotossintético C₄, apresenta vantagens como alta taxa fotossintética, baixa ou ausência de fotorrespiração, alta eficiência no uso de água, baixo ponto de compensação de CO₂, baixo custo e alto rendimento, quando comparada às plantas de fisiologia C₃, como as leguminosas (Salisbury e Ross, 1991; Kerbauy, 2004; Taiz e Zeiger, 2006).

Em SSP, a Braquiária procura se adaptar para melhor aproveitar a luz incidente. Para isso, alguns fatores podem ser observados, como aumento da lâmina foliar e maior teor de PB na planta (Castro et al., 1999; Silva et al., 2009).

Conforme Pyon (1975), o sombreamento de gramíneas geralmente causa o crescimento mais alongado das hastes, reduz o índice de área foliar (IAF) e aumenta a relação de área foliar/peso da planta. Na Braquiária, mesmo com menor taxa de área foliar na sombra, a interceptação luminosa pode ser igual a pleno sol, graças à arquitetura das folhas, que são mais horizontais e melhoram a captação de luz no sub-

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf... bosque (Paciullo et al., 2008), que é conjunto de vegetação de baixa estatura que cresce em nível abaixo do dossel arbóreo, e visto que Segundo Dias (2005), a gramínea é altamente influenciada pela espécie arbórea escolhida e o nível de sombreamento que ela exerce.

3. 2. Contribuição de leguminosas em SSP

As leguminosas possuem características particularmente atrativas para serem usadas em SSP, sobretudo no que se refere à fixação simbiótica de nitrogênio e deposição de matéria orgânica com teores elevados de nitrogênio ao solo (Sá e Sá, 2006). Portanto, a incorporação de espécies fixadoras de nitrogênio pode contribuir com a diversidade, estabilidade e persistência das pastagens, além de elevar o potencial de disponibilização de qualidade e quantidade de alimentos para os animais (Gutteridge, 1998).

Com relação ao estrato arbóreo/arbustivo, algumas espécies de leguminosas vêm sendo estudadas para a implantação em SSPs. Dentre estas, pode-se citar a Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e a Gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.], exemplos de espécies forrageiras de múltiplos usos (Dias, 2007).

A Sabiá é uma planta nativa da Caatinga (Maia, 2004). Tolerante a compactação e acidez do solo (Dias, 1996), além da salinidade (Sarcinelli et al., 2002). Destaca-se como fonte principal de madeira para uso de mourões, estacas, esteios, cercas vivas ou quebra-vento (Lorenzi, 1992). A produção de estacas varia de 4000 a 9000 estacas ha⁻¹, em plantios de oito anos de idade (Leal Júnior et al., 1999; Carvalho, 2007).

No Nordeste, em região sub úmida, Maia et al. (2006) obtiveram volume médio de 46,5 m³ por hectare em cultivos com seis anos de idade, com espaçamento de 2x2 m. A madeira da Sabiá possui alta massa específica, sendo indicada para produção de carvão, com rendimento gravimétrico de carbonização a 420±20 °C de 41,1%, com 73% de carbono fixo e teor de cinzas de 1,8%.

Além do retorno econômico, o plantio da Sabiá pode melhorar as condições químicas e físicas do solo. Trata-se de uma espécie fixadora de nitrogênio atmosférico, pois possui capacidade de associação simbiótica com bactérias rizóbios, produz serrapilheira rica em nutrientes (Andrade et al., 2000; Costa, 2004) e de elevada

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf... velocidade de decomposição (Andrade et al., 2000), o que permite eficiência na ciclagem de nutrientes.

Apesar da presença de elevado número de acúleos em seus ramos, apresenta potencial forrageiro, sendo consumida pelos animais nas formas *in natura*, feno e como suplemento alimentar nos períodos de escassez de forragem. Teores médios de proteína bruta na forragem podem alcançar 19 % no período seco e 27 % no período chuvoso (Vieira et al., 2005).

Outra espécie promissora para utilização em SSP é a Gliricídia (Dias, 2007; Rangel et al., 2008), a qual apresenta elevadas taxas de crescimento e enraizamento profundo, o que lhe confere notável tolerância à seca, sendo capaz de aportar quantidades significativas de biomassa ao solo (Mendonça, 2005). Destaca-se com potencial para mourão vivo (Harvey et al., 2005; Zahawi, 2005).

Dados publicados sobre o conteúdo de nutrientes de Gliricídia indicam a presença de teores elevados de proteína (23%), fibra (45% de fibra em detergente neutro) e cálcio (1,7%) (Smith e Van Houtert, 1987; Cabral Jr., et al., 2007), também sendo bem aceita pelos animais quando fenada (Mendonça, 2005). No entanto, quando explorada sob ramoneio, necessita de um período de adaptação dos animais, pois, inicialmente apresenta baixa palatabilidade, sendo comumente rejeitada pelos animais nos primeiros dias de pastejo. Acredita-se que essa baixa palatabilidade inicial seja em função da presença de cumarina em sua composição, composto volátil e tóxico (Costa et al., 2009).

4. Importância do Índice de área foliar (IAF) e da Intercepção luminosa (IL) em pastagens cultivadas

Pesquisas sobre as respostas ecofisiológicas são de grande importância para o manejo de pastagens de gramíneas. A intercepção de radiação fotossinteticamente ativa (IRFA, 400-700 nm) é um fator da biofísica fundamental dentro do programa trófico das plantas (Brougham, 1958) e está diretamente relacionada com a estrutura do dossel. A fotossíntese é a força motriz do crescimento vegetal e é dependente da área e eficiência do tecido verde da planta. Estudos sobre estratégias de pastejo com plantas forrageiras têm se concentrado na IL, bem como no principal aparato captador de luz, a

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

área foliar, quanto a sua forma, distribuição e mobilidade em relação a radiação recebida (‘T Mannetje, 2002).

A IL é o primeiro passo de uma sequência de eventos que resultam na produção de forragem, na perenidade e na produtividade do pasto que decorrem da contínua emissão de folhas e perfilhos cujo desenvolvimento é fundamental para o crescimento vegetal, dado o papel das folhas na fotossíntese, ponto de partida para a diferenciação de tecidos (Parsons, 1988).

A área foliar e a variável derivada IAF, por sua vez, são determinantes da produtividade (Righi e Bernardes, 2008) e do consumo de água da vegetação (Macfarlane et al., 2000), uma vez que participam na interceptação da radiação solar e nas trocas energéticas e gasosas, afetando a transpiração (Angelocci e Valancogne, 1993; Coelho Filho et al., 2004; 2007; Righi e Bernardes 2008), a evaporação da água no solo (Allen et al., 1998) e a fotossíntese (Hollinger, 1992).

O IAF é um parâmetro biofísico adimensional da vegetação e é definido como a área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2) (Watson, 1947). Num valor de IAF chamado “ótimo” ($IAF_{ótimo}$) a interceptação de aproximadamente toda a luz incidente com um mínimo de auto sombreamento proporcionaria o máximo valor de taxa de crescimento da cultura (TCC, peso de matéria seca acumulado por unidade de área por unidade de tempo) (Watson, 1958; Brown e Blaser, 1968; Rhodes, 1973). Com o aumento no IAF ocorre um aumento na IL e na eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa, o que ocasiona uma aceleração na taxa de crescimento em condições ambientais favoráveis (Brown e Blaser, 1968; Humphreys, 1966).

As variações naturais no IAF, na IL, na altura e biomassa de algumas espécies acompanham as variações sazonais e interanual do clima e a umidade no solo, pois, durante prolongados períodos de seca, as plantas podem responder ao déficit hídrico e limitações à transpiração através do fechamento dos estômatos, seguido de perdas das folhas e, em casos extremos, mortes de partes das plantas (Waterloo, 1994).

4. 1. Estimativas de IAF e IL

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

Valores de IAF podem ser obtidos através de métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos se caracterizam pela destruição da amostra vegetal a ser analisada, no entanto é um dos processos mais confiáveis, por utilizar cálculos diretos sobre a área foliar colhida em uma área conhecida, não dependendo de uso da quantificação da radiação como recurso de análise e, muito menos, da influência das hastes no cálculo das variáveis mencionadas.

Entretanto, dificuldades podem existir nesse processo direto em espécies arbóreas, principalmente em função do porte e do número de folhas de árvores adultas. Dificuldades adicionais podem ser observadas nos trabalhos realizados em condições de sistemas agroflorestais ou florestas (Macfarlane et al., 2000; Welles e Cohen, 1996), quando a cobertura é heterogênea, dificultando a amostragem.

Um grupo de métodos indiretos se baseia em medidas da transmissão da luz direta e/ou difusa no dossel vegetativo, com possibilidade de armazenamento dos dados em memória eletrônica e posterior utilização com tratamento informatizado.

O princípio básico de funcionamento desses equipamentos consiste em integrar variáveis como a transmissão e a penetração da luz e as características estruturais do relvado (ângulo e distribuição da folhagem). Nesse caso, os cálculos do IAF e IL são realizados por meio de equações matemáticas (Bréda, 2003).

O uso de métodos de simples medida e análise é interessante por permitir maior quantidade de amostragens no campo, obtendo-se valores médios comparáveis no tempo, sendo de utilidade em estudos de variabilidade temporal de IAF e IL (Chason et al., 1991; Xavier et al., 2002), de interação fertilidade do solo e IAF (Smethurst et al., 2003), de dinâmica de dossel (Paula e Lemos Filho, 2001) e de produção de biomassa (Linhares et al., 2000) entre outros.

Dentre os muitos aparelhos comercializados que utilizam modelos que envolvem a fração transmitida de radiação, se destacam os sensores quânticos, tais como o “LAI-2000” (LiCor®) (Norman e Campbell, 1989; Welles, 1990; Welles e Norman, 1991), o “demon” (Lang et al., 1985), o “ceptômetro” (Welles e Cohen, 1996), os sensores utilizados em fotografias hemisféricas (Rich, 1990; Leblanc et al., 2005; Zhang et al., 2005; Demarez et al., 2008) e os sensores de respostas espectrais (Schlerf et al., 2005; Fuentes et al., 2008; Brantley et al., 2011).

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

O analisador de dossel LAI-2000 (Li-Cor®) se destaca por sua praticidade e rapidez na obtenção dos dados (Welles, 1990), além de fornecer estimativa confiável do IAF (Norman e Campbell, 1989). O LAI-2000 tem sido amplamente empregado em estudos de estimativa de AF e do índice de área foliar (IAF) em diferentes culturas (Sommer e Lang, 1994; Villalobos et al., 1995; Herbert e Fownes, 1997; Cutini et al., 1998; Barclay e Trofmow, 2000; Xavier et al., 2002; Xavier e Vettorazzi, 2003; Monte et al., 2007; Arias et al., 2007; Lara et al., 2011; Silva et al., 2011; Majasalmi et al., 2012).

Este medidor é equipado com uma lente hemisférica tipo "olho de peixe", subdividida em cinco bandas angulares de visada com relação ao zênite (7, 23, 38, 53 e 68°). Desta maneira, a fração de luz que transpõe o dossel vegetativo (transmitância) nos diferentes ângulos é armazenada e utilizada no cálculo do IAF; um filtro óptico restringe as medidas de transmitância à faixa de luz abaixo de 490nm, minimizando os erros da reflexão pelas folhas.

O modelo linear AccuPAR LP-80 é um ceptômetro constituído por uma sonda integrada e um microcontrolador. A sonda apresenta 86,5 cm de comprimento e contém 80 sensores sensíveis ao comprimento de ondas da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que, por sua vez, é fração da Radiação Global (Rg) compreendida na faixa espectral do visível (0,40 a 0,70 μm), responsável pela excitação das moléculas de clorofila, fornecendo energia para o processo fotossintético. O microcontrolador interpreta os sinais da RFA provenientes da sonda, que lhe permite ler a radiação. Este equipamento calcula o índice de área foliar de suas amostras instantaneamente com cada medição de radiação feita, usando a RFA disponível e interceptada (ICT, 2009).

A equação utilizada pelo Accupar LP-80 para derivar o IAF computa os efeitos da condição do céu no momento da aquisição dos dados, efeitos da arquitetura do dossel da cultura de interesse, propriedades ópticas das folhas, além dos efeitos da época do ano e hora do dia (direção da radiação incidente sobre o dossel). Isto torna o Accupar LP-80 um aparelho versátil, tendo Hyer e Goetz (2004) demonstrado que as estimativas de IAF permanecem consistentes sob diferentes condições de coleta.

5. Referências bibliográficas

ALAM, M.; FURUKAWA, Y.; HARADA, K. Agroforestry as a sustainable landuse option in degraded tropical forests: a study from Bangladesh. **Environment, Development and Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 147-158, 2010.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Decomposição e deposição da serrapilheira em povoamento de *Mimosa Caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 777-785, 2000.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1845-1850 (Supl. 2), 2003.

ANGELOCCI, L. R.; VALANCOGNE, C. Leaf area and water flux in apple trees. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 2, p. 299-307, 1993.

ARIAS, D.; CALVO-ALVARADO, J.; DOHRENBUSCH, A. Calibration of LAI-2000 to estimate leaf area index (LAI) and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 247, p. 185-193, 2007.

BARCLAY, H. J.; TROFMOW, J. A. Relationship of readings from the LICOR canopy analyzer to total one-sided leaf area index and stand structure in immature Douglas-fir. **Forest Ecology and Management**, v. 132, p. 121-126, 2000.

BHAGWAT, S. A.; WILLIS, K. J.; BIRKS, H. J. B.; WHITTAKER, R. J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23, n. 5, p. 261-267, 2008.

BODDEY, R. M. R.; MACEDO, R. M.; TARRÉ, E.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the processo of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 389-403, 2004.

BOUMAN, B. A. M.; NIEUWENHUYSE, A.; IBRAHIM, M. Pasture degradation and restoration by legumes in humid tropical Costa Rica. **Tropical Grasslands**, v. 33, p. 98-110, 1999.

- Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....
- BRANTLEY, S. T.; ZINNERT, J. C.; YOUNG, D. R. Application of hyperspectral vegetation indices to detect variations in high leaf area index temperate shrub thicket canopies. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 514-523, 2011.
- BRÉDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003.
- BROUGHAM, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 39-52, 1958.
- BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v. 38, n. 1, p. 1-9, 1968.
- CABRAL JR., et al. Dinâmica fermentativa de silagens de *Gliricidia sepium*. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 249-252, 2007.
- CARVALHO, M. M. Recuperação de pastagens degradadas em áreas de relevo acidentado. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 149-161.
- CARVALHO, P. E. R. Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*). Colombo: Embrapa Floresta, 2007. 10 p. (Circular Técnica 135).
- CASASOLA, F.; IBRAHIM, M.; HARVEY, C.; KLEINN, C. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales em Moropotente, Estela, Nicaragua. **Agroforestería em las Américas**, v. 8, p. 17-20, 2001.
- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 919-927, 1999.
- CHASON, J. W.; BALDOCCHI, D. D.; HUSTON, M. A. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 57, p. 107-128, 1991.
- COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; CAMPECHE, L. F. S. M.; ROJAS, J. S. D.; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, p. 265-274, 2004.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, L. L. **Uso da transpiração máxima de mamoeiro para o manejo de irrigação por gotejamento em regiões úmidas e sub-úmidas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 43p. Documento 162.

- Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....
- COSTA, B. M.; SANTOS, I. C. V.; OLIVEIRA, G. J. C. de. et al. Avaliação de folhas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. por ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 221, p. 33-41, 2009.
- COSTA, F. P.; REHMAN, T. Exploring the link between farmers' objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production systems of Central Brazil. **Agricultural Systems**, v. 61, p. 135-146, 1999.
- COSTA, G. S. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 919-927, set./out. 2004.
- CUTINI, A.; MATTEUCCI, G.; MUGNOZZA, G. S. Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. **Forest Ecology and Management**, v. 105, p. 55-65, 1998.
- DALEY, C. A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; NADER, G. A.; LARSON, S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, v. 9, n. 10. 2010. Disponível em:<<http://www.nutritionj.com/content/9/1/10>>. Acesso em: 04 dez. 2015.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. Sistema Agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1., 1999, Goiânia. **Anais...** Juíz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1999. p. 151-170.
- DEBLITZ, C. Beef and Sheep Report: understanding agriculture worldwide. **Agri benchmark**. 2012. Disponível em:<<http://www.agribenchmark.org/beef-and-sheep/publications-and-projects/beef-and-sheep-report.html>>. Acesso em: 02 dez. 2015.
- DEMAREZ, V.; DUTHOIT, S.; BERET, F.; WEISS, M.; DEDIEU, G. Estimation of leaf area and clumping indexes of crops with hemispherical photographs. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 644-655, 2008.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 3., 2007. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.
- DIAS-FILHO, M. B. Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 135-147.
- DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

DIAS FILHO, F. Transferência de N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 352-356, 2007.

DIAS, L. E. O papel das leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas (parte 2). In: BALENSIFER, M. (Org.). **Recuperação de áreas degradadas**: curso de atualização. Curitiba: FUPEF, 1996. p. 17-28.

DIAS, P. F. **Importância da arborização de pastagens com leguminosas fixadoras de nitrogênio**. 2005. 128 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Pecuária mais eficiente pouparia atmosfera de 30 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Disponível em:<<http://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7545578/pecuaria-mais-eficiente-pouparia-atmosfera-de-30-milhoes-de-toneladas-de-co2-por-ano>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems – An example from Brazil; **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World agriculture: towards 2030/2050**, Interim report. Rome: FAO. 71 p. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The state of food and agriculture. Disponível em:<http://bit.ly/dcsAFD>. Acesso em: 02 de dez. 2015.

FUENTES, S.; PALMER, A. R.; TAYLOR, D.; ZEPPEL, M.; WHITLEY, R. An automated procedure for estimating the leaf area index (LAI) of woodland ecosystems using digital imagery, MATLAB programming and its application to an examination of the relationship between remotely sensed and field measurements of LAI. **Functional Plant Biology**, v. 35, p. 1070- 1079, 2008.

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 447-471.

GILLER, K. E. (2001) **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. CABI Publishing, Wallingford, UK.

GUTTERIDGE, R. C. The potential of nitrogen fixing trees in livestock production systems. In: International Workshop, 1998, Morrilton. **Proceedings...** Morrilton: Nitrogen Fixing Trees for Fodder Production, 1998. p. 1-16.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

HARRIS, R. B. Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 1, p. 1-12, 2010.

HARVEY, C. A.; VILLANUEVA, C.; VILLACÍS, J.; CHACÓN, M.; MUNÓZ, D.; LÓPEZ, M.; IBRAHIM, M.; GÓMEZ, R.; TAYLOR, R.; MATTINEZ, J.; NAVAS, A.; SAENZ, J.; SÁNCHEZ, D.; MEDINA, A.; VILCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, B. A.; PEREZ, A.; RUIZ, F.; LÓPEZ, F.; LANG, I.; SINCLAIR, F. L. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 111, p. 200-230, 2005.

HERBERT, D. A.; FOWNES, J. H. Effects of leaf aggregation in a broad-leaf canopy on estimates of leaf area index by the gap-fraction method. **Forest Ecology and Management**, v. 97, p. 277-282, 1997.

HODGSON, J. G. **Grazing management: science into practice**. Harlow: Longman Scientific and Technical, 1990. 203 p.

HOLGUÍN, V. A.; IBRAHIM, M.; MORA, J.; ROJAS, A. Caracterización de sistemas de manejo nutricional em ganaderías de doble propósito de La región Pacífico Central de Costa Rica. **Agroforesteria en las Américas**, v. 10, p. 40-46, 2003.

HOLLINGER, D. Y. **Leaf and simulated whole-canopy photosynthesis in two cooccurring tree species Ecology**, v. 73, p. 1-14, 1992.

HOLMANN, F.; ARGEL, P.; RIVAS, L.; WHITE, D.; ESTRADA, R. D.; BURGOS, C.; PEREZ, E.; RAMIREZ, G.; MEDINA, A. Is it worth to recuperate degraded pasturelands? An evaluation of profits and costs from the perspective of livestock producers and extension agents in Honduras. **Livestock Research for Rural Development**, v. 16. 2004. Disponível em:<<http://bit.ly/hNUmli>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

HUMPHREYS, L. R. Subtropical Grass growth: II Effects of variation in leaf área index in the Field. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v. 23, p. 388-358, 1966.

HYER, E. J.; GOETZ, S. J. Comparison and sensivity analysis of intruments and radiometric methods for LAI estimation: assessments from a boreal forest site. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 122, p. 157 – 174, 2004.

IBRAHIM, M.; FRANCO, M.; PEZO, D.; CAMERO, A. ARAYA, J. L. Promoting intake of *Cratylia argentea* as dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 51, p. 167-175, 2001b.

IBRAHIM, M.; SCHLONVOIGT, A.; CAMARGO, J. C.; SOUZA, M. Multistrata silvipastoral systems for increasing productivity and conservation of natural resources in Central America. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, São Paulo. **Proceedings...** São Pedro, 2001. 1 CD-ROM.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

IBRAHIM, M.; VILANUEVA, C. and MORA, J. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. In: MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A. and McADAM, J. (Ed.). Silvopastoralism and sustainable land management: INTERNATIONAL CONGRESS ON SILVOPASTORALISM AND SUSTAINABLE MANAGEMENT, 2004, Lugo, Spain. **Proceedings...** Oxfordshire: CABI International, 2005. p. 13-18.

ICT. Accupar LP-80 ceptometer. Disponível em:<<http://www.ictinternational.com.au/Lp-80.htm>>. Acesso em: 06 de dez. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Séries históricas e estatísticas. Disponível em:<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 de dez. 2015.

KERBAURY, G. B. **Fisiologia vegetal**, Rio de Janeiro, Guanabara, 2004. p. 452.

LANG, A. R. G.; YENQIN, X.; NORMAN, J. M. Crop structure and the penetration of direct sunlight. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 35, p. 83-101, 1985.

LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. Estimativa da assimilação potencial de carbono em dosséis de espécies de braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 743-750, 2011.

LEAL Jr., G., J. A. SILVA, and R. C. B. CAMPELLO. Proposta de manejo florestal sustentado do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). Crato: IBAMA, 1999. p. 15.

LEBLANC, S. G.; CHEN, J. M.; FERNANDES, R.; DEERING, D. W.; CONLEY, A. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction for hemispherical photographs in boreal forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 129, p. 187-207, 2005.

LINHARES, C. A.; PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Relação entre volume de madeira e índice de área foliar em um povoamento de *Pinus* spp.: Estudo de caso. **Revista Árvore**, v. 24, p. 47-54, 2000.

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; LIRA JUNIOR, M. A. Sistemas de produção de forragem: alternativas para sustentabilidade da pecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, p. 491-511, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 1, 382 p.

MACFARLANE, C.; COOTE, M.; WHITE, D. A.; ADAMS, M. A. Pothograph exposure affects indirect estimation of leaf área in plantations of *Eucalyptus globulus* Labill. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 100, p. 155-168, 2000.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. 1. ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.

MAIA, S. M. F., F. A. S. XAVIER, T. S. OLIVEIRA, E. S. MENDONÇA, and J. A. ARAÚJO FILHO. 2006. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semiárido cearense. **Revista Árvore**. 30:837-848.

MAJASALMI, T.; RAUTIAINEN, M.; STENBERG, P.; RITA, H. Optimizing the sampling scheme for LAI-2000 measurements in a boreal forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 154- 155, p. 38-43, 2012.

MARSHALL, C. Physiological aspects of pasture growth. In: SNAYDON, R. W. **Managed grasslands**: analytical studies ecosystems of the world. New York: Elsevier, 1987. p. 29-46.

MARTINELLI, L. A.; JOLY, C. A.; NOBRE, C. A.; SPAROVEK, G. A falsa dicotomia entre a preservação da vegetação natural e a produção agropecuária. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 323-330, 2010.

MENDONÇA, J. F. B. **Gliricídia: a planta de multi-propósito para agricultura tropical**. 2005. Disponível em:<<http://www.boletimpecuario.com.br/artigos>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

MIEHE, S.; KLUGE, J.; VON WEHRDEN, H.; RETZER, V. Long-term degradation of Sahelian rangeland detected by 27 years of Field study in Semegal. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 3, p. 692-700, 2010.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G. L.; STOCKS, J. J. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 769-775, 2007.

MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F.; CALLE, A.; SOLORIO, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management**, 2010. Dóí:10.1016/j.foreco.2010.09.027.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; OLIVEIRA, R. L.; DIOGO, J. M. S. Manejo de Pastagens. 1999. Disponível em:<http://www.tdnet.com.br/domicio/manejo_de_pastagens.htm>. Acesso em: 02 dez. 2015.

NEELY, C.; BUNNING, S.; WILKES, A. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: Implications and opportunities for mitigation and adaptation. **FAO**. 2009. Disponível em:<<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ill35e/ill35e00.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

NORMAN, J. M.; CAMPBELL, G. S. Canopy structure. In: PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J.; MOONEY, H. A.; RUNDEL, P. W. (Eds.). **Plant physiological ecology**: Field methods and instrumentation. London: Chapman and Hall, 1989. p. 301-326.

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; VOIGT, J.; SCOLLAN, N. D.; WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I. Effect of a grassbased and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. **Livestock Production Science**, v. 94, n. 1-2, p. 137-147, 2005.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural Outlook 2010-2019**. Paris: OECD/FAO. 86p. 2010.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. de; GOMIDE, C. A. de M.; FERNANDES, P. B.; ROCHA, W. S. D. da; MÜLLER, M. D.; ROSSIELLO, R. O. P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 598-603. 2010.

PAGIOLA, S.; AGOSTINI, P.; GOBBI, J., DE HAAN, C., IBRAHIM, M., MURGUEITIO, E., RAMÍREZ, E., ROSALES, M., RUÍZ, J. P. **Paying for biodiversity conservation services**. In: Environment Department Papers. Washington: World Bank, 2004. 37p. (World Bank. Environmental and Economic Series, 96).

PALMA, J. M.; ROMÁN, L. Frutos de espécies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. In: CONFERENCIA ELECTRÓNICA DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL, 2., 2003. **Memorias**...Roma: FAO, 2003. P.271-282. (FAO. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal, 155). Editado por M.D. Sánchez; M.R. Méndez.

PARSONS, A. J. The effects of season and management on the growth of grass swards. In: JONES, M. B.; LAZENBY, A. (Ed.). **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, 1988. p. 129-177.

PAULA, S. A.; LEMOS FILHO, J. P. Dinâmica do dossel em mata semidecídua no perímetro urbano de Belo Horizonte, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 4, p. 545-551, 2001.

PÉREZ, E.; SOCA, M.; DÍAZ, L.; CORZO, M. Comportamiento etológico de bovinos em sistemas silvopastoriles em Chiapas, México. **Pastos y Forrajes**, v. 31, n. 2, p. 161-171, 2008.

POWLSON, D. S.; GREGORY, P. J.; WHALLEY, W. R.; QUINTON, J. N.; HOPKINS, D. W.; WHITMORE, A. P.; HIRSCH, P. R.; GOULDING, K. W. T. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. **Food Policy**, v. 36, n. Supplement 1, p. S72-S87, 2011.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

PYON, J. Y. **Studies on the biology of sourgrass (*Trichachne insularis* (L) Nees) and its competition with buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) and guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.)**. 1975. 133 f. Tese (Doutorado) - Universidade do Havai, Havai, 1975.

RAMACHANDRAN NAIR, P. K.; MOHAN KUMAR, B.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, p. 10-23, 2009.

RANGEL, J. H. A.; ALMEIDA, S. A.; MUNIZ, E. N. et al. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes. In: MUNIZ, E. N.; GOMIDE, C. A. de M. et al. (Ed.). **Alternativas alimentares para ruminantes II**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. p. 245-267.

REYNOLDS, S. G. **Pasture-cattle-coconut systems**. Bangkok: FAO-RAPA, 1995. 668 p. (FAO. Rapa Publications, 1995/7).

RHODES, I. Relationship between canopy structure and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage Abstracts**, v. 43, p. 129-133, 1973.

RICH, P. M. Characterizing plant canopies with hemispherical photography. **Remote Sensing Reviews**, v. 5, p. 13-18, 1990.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. The potencial for increasing rubber production by matching tapping intensity to leaf area index. **Agroforestry Systems**, v. 72, p. 1-13, 2008.

ROBERTS, J. M.; CABRAL, O. M. R.; da COSTA, J. P.; MCWILLIAM, A. L. C.; SÁ, T. D. 1996. An overview of the Leaf Area Index and physiological measurements during ABRACOS, p. 287-305. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Eds.). **Amazonian deforestation and climate**. John Wiley & Sons, New York.

SÁ, C. O.; SÁ, J. L. Sistema Agrossilvipastoril como alternativa para reduzir a dependência de insumos externos no semiárido In: Gomide, C. A. M.; Rangel, J. H. A.; Muniz, E. N.; Almeida, S. A.; Sá, J. L.; Sá, C. O. (ed.) **Alternativas alimentares para ruminantes**. Aracajú: EMBRAPA, 2006. p. 195-205.

SALISBURY, F. B., and C. W. ROSS. **Plant and physiology**. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p.

SÁNCHEZ, M. D. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal em América Latina tropical. In: SÁNCHEZ, M. D.; ROSALES, M. M. (Ed.) **Agroforestería para la producción animal em América Latina**. Roma: FAO, 1999. p. 1-13. (Estúdio FAO. Producción y Sanidad Animal, 143).

SARCINELLI, T. S.; RIBEIRO Jr., E. S.; DIAS, L. E. Tolerância à salinidade de sementes de espécies leguminosas utilizadas na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5.,

- Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf.... 2002, Belo Horizonte. **Água e biodiversidade: anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 280-281.
- SCHLERF, M.; ATZBERGER, C.; HILL, J. Remote sensing of Forest biophysical variables using HyMap imaging spectrometer data. **Remote Sensing of Environment**, v. 95, p. 177-194, 2005.
- SILVA, L. L. G. G. da; RESENDE, A. S. de; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; MIRANDA, C. H. B.; FRANCO, A. A. Acúmulo de matéria seca e valor nutricional da *Brachiaria brizantha* cv. marandu em sistema silvipastoril e no monocultivo. CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 7., 2009, Luziânia: EMBRAPA (CD-ROM).
- SILVA, S. C.; SBRISSA, A. F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: FEALQ, 2000. p. 3-20.
- SILVA, T. G. F. da.; MOURA, M. S. B. de.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; SOUZA, L. S. B. de.; BRANDÃO, E. O. Variação do balanço de radiação e de energia da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 139-147, 2011.
- SMETHURST, P. J.; BAILLIE, C.; CHERRY, M.; HOLZ, G. Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. **Forest Ecology and Management**. v. 176, p. 531-542, 2003.
- SMITH, O. B.; VAN HOUTERT, M. F. J. The feeding value of *Gliridia sepium*: a review. **World Animal Review**, v. 62, p. 57-62, 1987.
- SOMMER, K. J.; LANG, A. R. G. Comparative analysis of two indirect methods of measuring leaf area index as applied to minimal and spur pruned grape vines. **Australia Journal of Plant Physiology**, v. 21, p. 197-206, 1994.
- SOUZA, W. D.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. D. A. J.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L. M. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 677-684. 2010a.
- SOUZA, W. D.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. D. A. J.; COSTA, M. A. L. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 685-694. 2010b.
- TAIZ, L, and E. ZEIGER. 2006. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates. p. 705.
- TORRES JUNIOR, A. de M.; AGUIAR, G. A. M. Pecuária de corte no Brasil – potencial e resultados econômicos. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE

- Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....
- PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA - TEC - FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 9-14.
- T MANNETJE, L. Advances in grassland science. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 50, n. 2, p. 195-221, 2002.
- URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; GILLER, K. E. Influence of decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 2099-2106, 1998.
- VERA, R. R.; HOYOS, P.; MOYA, M. C. Pasture renovation practices of farmers in the neotropical savannahs. **Land Degradation & Development**, v. 9, p. 47-56, 1998.
- VIEIRA, E. L.; CARVALHO, F. R. R.; BATISTA, A. M. V. et al. Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque-de-sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, out. 2005.
- VILLALOBOS, F. J.; ORGAZ, F.; MATEOS, L. Non-destructive measurement of leaf area on olive (*Olea europaea* L.) trees using a gap inversion method. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 73, p. 29-42, 1995.
- WATERLOO, M. J., 1994. **Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in SW Viti Levu**, Fiji., June, PhD. Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 478 p.
- WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf área between species and varieties, and with and between years. **Annals of Botany**, v. 11, p. 41-76, 1947.
- WATSON, D. J. The dependence of net assimilation on leaf área índex. **Annals of Botany**, v. 22, p. 37-54, 1958.
- WELLES, J. M. Some indirect methods of estimating canopy structure. **Remote Sensing Reviews**, v. 5, p. 31-43, 1990.
- WELLES, J. M.; COHEN, S. Canopy structure measurement by gap fraction analysis using commercial instrumentation. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 1335-1342, 1996.
- WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v. 83, p. 818-825, 1991.
- XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. de. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, v. 26, p. 421-427, 2002.

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

XAVIER, A. C.; VETTORAZZI, C. A. Leaf area index of ground covers in a subtropical watershed. **Scientia Agricola**, v. 60, p. 425-431, 2003.

ZAHAWI, R. A. Establishment and growth of living fence species: an overlooked tool for the restoration of degraded áreas in the tropics. **Restoration Ecology**, v. 13, p. 92-102, 2005.

ZHANG, Y.; CHEN, J. M.; MILLER, Jr. Determining digital hemispherical photograph exposure for leaf area index estimation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 133, p. 166-181, 2005.

**Capítulo II – Respostas estruturais e produtivas de pastagens de
Brachiaria decumbens Stapf. em monocultivo e em sistemas
silvipastoris na Zona da Mata de Pernambuco**

Resumo

O rendimento de massa seca de forragem está diretamente relacionado com a atividade fotossintética do dossel. A fotossíntese, por seu turno, é regulada pela disponibilidade qualitativa e quantitativa dos fatores abióticos, especialmente radiação solar, temperatura, água e nutrientes. E estes fatores influenciam no comportamento das espécies vegetais. Diante do contexto, objetivou-se avaliar respostas estruturais e produtivas em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em SSP na Zona da Mata de Pernambuco. Os tratamentos experimentais consistiram de: i) *B. decumbens* Stapf. + *Mimosa caesalpinifolia* Benth.; ii) *B. decumbens* + *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. e iii) *B. decumbens* em monocultivo, em delineamento experimental casualizado em blocos, com três repetições. Foram realizadas avaliações, a cada 28 dias, de massa de forragem (kg de MS ha⁻¹), alturas média (cm) e comprimida, e de variáveis como índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL, %), estimados por meio de métodos indiretos. Maiores valores ($P \leq 0,05$) de massa de forragem, em todos os tratamentos experimentais, e também de alturas média e comprimida do dossel e IAF e IL para a Braquiária em sistema de monocultivo foram obtidos no período chuvoso do ano. Foi verificado uma menor densidade de forragem no tratamento de Braquiária + Sabiá (76,26 kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹) ($P \leq 0,05$), no período seco do ano. Há uma tendência da Braquiária apresentar maiores valores de características produtivas e estruturais, tais como: massa de forragem, densidade de forragem, alturas média e comprimida, IAF e IL à medida que se distancia das filas duplas de leguminosas arbóreas, nos SSPs.

Palavras-chave: consórcio, estrutura do pasto, massa de forragem

Abstract

Dry matter forage yield is directly related to the photosynthetic activity of the canopy. Photosynthesis in turn, is governed by the quality and quantity availability of abiotic factors, such as solar radiation, temperature, water and nutrient. These factors influence the behavior and growth of plant species. Within this context, was aimed to evaluate productive and structural responses of *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures under monoculture and SPS in Pernambuco Forest Zone. The experimental treatments were: i) *B. decumbens* Stapf. + *Mimosa caesalpinifolia* Benth.; ii) *B. decumbens* + *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. and iii) *B. decumbens* under monoculture, in randomized block design with three replications. Evaluations were conducted every 28 days, and was measured forage mass (kg of DM ha⁻¹), average height (cm) and compressed height and variables such as leaf area index (LAI) and light interception (LI, %), estimated by indirect methods. Higher values ($P \leq 0.05$) of herbage mass in all experimental treatments, as well as average height and compressed sward and LAI and LI for braquiaria in monoculture system were obtained in the rainy season of the year. A lower forage density in the treatment of Braquiaria + Sabia (76.26 kg DM ha⁻¹ cm⁻¹) ($P \leq 0.05$) was observed in the dry season. There is a tendency of Braquiaria present higher values of productive and structural characteristics such as: forage mass, forage density, average height, compressed height, LAI and LI with increment of the distance from the double rows of legumes trees under SPS.

Keywords: consortium, pasture structure, forage mass

Introdução

A radiação solar é a fonte primária de energia para a vida na terra, regulando a fotossíntese e o desenvolvimento vegetal, desde a dormência e a germinação de sementes, até o tropismo, a morfogênese e o florescimento (Larcher, 1995).

Diferenças no comportamento das espécies vegetais podem acontecer devido a fatores climáticos, edáficos e ambientais que interferem no crescimento e na adaptação das mesmas. Deste modo, pode-se inferir que variações dos fatores em uma região podem estimular o desenvolvimento de determinadas espécies e inibir outras (Agostinetto et al., 2000).

O produto animal, por sua vez, passou a ser considerado como sendo o resultado da interação entre solo, clima, planta e animal e foi sumarizado por Freitas (2003) por meio de uma modificação no tradicional modelo proposto por Chapman e Lemaire (1993) para plantas de clima temperado e adaptado por Sbrissia e Da Silva (2001) para plantas de clima tropical. Esse modelo é baseado na hipótese de que os recursos tróficos disponibilizados pelo meio (CO₂, N, água, radiação solar e temperatura) ou por práticas de manejo (adubação e/ou fertilização) alteram as características morfogênicas do pasto que, por sua vez, alteram as características estruturais, condicionando assim a taxa de lotação e o comportamento ingestivo dos animais.

O interesse na aplicação de sistemas silvipastoris vem crescendo ao longo do tempo, o que implica em maior necessidade de pesquisas envolvendo a dinâmica de crescimento, interação e de produção dos componentes arbóreo e forrageiro. Entretanto, ainda são reduzidas as informações científicas a respeito, o que pode ser resultante da complexidade e da longa duração dos sistemas agroflorestais, aliadas ao recente início das pesquisas e ao número relativamente pequeno de técnicos trabalhando com estes sistemas diferentes regiões do país.

Diante do contexto, objetivou-se avaliar respostas estruturais e produtivas de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris na Zona da Mata de Pernambuco.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida, no período de setembro de 2014 a agosto de 2015, na Estação Experimental de Itambé (7°23'S e 35°10'W e 190 m de altitude), pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na microrregião fisiográfica da Mata Seca de Pernambuco. A precipitação e a temperatura média anual são de 1.200 mm, com maior ocorrência no período de abril a julho, e 25°C, respectivamente (Beltrão et al., 2005). A precipitação pluviométrica mensal durante o período experimental pode ser observada na Figura 1. A umidade relativa do ar média anual é de 80% (CPRH, 2003).

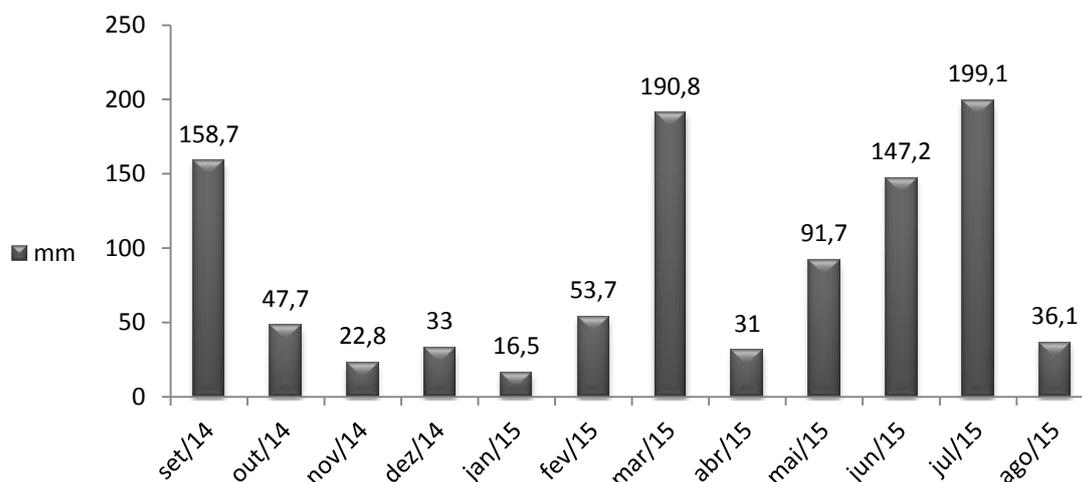


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm/mês) no Município de Itambé-PE, durante o período experimental. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Os solos predominantes em Itambé classificam-se como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb DISTRÓFICO, com horizonte A proeminente de textura médio argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine et al., 1973; atualizado de acordo com Embrapa, 2006).

A área experimental foi implantada em janeiro de 2011, com eliminação da vegetação existente por meio de roço manual, seguido de queima. Foram testados três tratamentos experimentais: i) *Brachiaria decumbens* Stapf. (Braquiária) + *M. caesalpiniiifolia* Benth. (Sabiá); ii) *B. decumbens* Stapf. + [*Gliricidia sepium* (Jacq.)

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf... Steud.] (Gliricídia) e iii) *B. decumbens* Stapf. em cultivo exclusivo, em delineamento experimental casualizado em blocos, com três repetições.

Apenas em um dos blocos, a Braquiária já estava estabelecida e era utilizada no manejo de rotina do rebanho bovino da Estação Experimental, estando diferido por três meses por ocasião do plantio das leguminosas. A área dos blocos restantes estava com, aproximadamente, 10 anos de pousio, a qual sofreu a eliminação da vegetação típica de sucessão vegetal pioneira na região. Nestes blocos, a gramínea foi implantada no início de abril/2011, com replantio no final do respectivo mês, em covas abertas (Souza Jr. et al., 2005), já que coincidiu com o final do período seco.

A produção das mudas das leguminosas foi realizada em bandejas, na casa de vegetação da Estação Experimental de Itapirema/PE, pertencente ao IPA. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com estirpes específicas de microorganismos do gênero *Bradyrhizobium* sp., obtidas junto ao Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

A vegetação pré-existente nas áreas onde foram implantadas as leguminosas foi controlada com Glyphosate® e a realização do transplante das mudas de leguminosas para o campo foi em covas com dimensões de 20 x 20 x 20 cm, quando as plantas atingiram a altura aproximada de 25 cm. Tal procedimento já tinha sido testado com sucesso no estabelecimento de leguminosas em condições semelhantes (Machado, 2011). Foi realizada adubação com 500 kg de superfosfato simples/ha, à lanço, de acordo com a análise de solo, aproximadamente, 100 dias após o plantio das leguminosas.

Nos tratamentos consorciados, as leguminosas foram implantadas em 14 fileiras duplas com espaçamento de 15 m x 1,0 m x 0,5 m, perfazendo, aproximadamente, uma população de 2.500 plantas ha⁻¹ com plantio de Braquiária nas faixas entre as fileiras duplas.

Cada unidade experimental consistiu em piquete de 1,0 ha (43,5 x 230,0 m), com bebedouro e sal mineral disponíveis, totalizando 9,0 ha de área experimental.

Foram utilizados bovinos machos mestiços holandês x zebu, os quais foram submetidos à pesagem e controle de endo e ectoparasitas (período pré entrada na área experimental) e entraram nesta área com peso inicial de, aproximadamente, 175 kg. Os animais foram identificados com brincos numerados para facilitar o manejo no campo e,

posteriormente, distribuídos nos tratamentos. Foram utilizados dois animais testadores por parcela, totalizando 18 animais testadores.

Foi utilizado o método da lotação contínua com carga variável, conforme metodologia proposta por Mott e Lucas (1952). O ajuste dos animais nos piquetes seguiu recomendações de Sollenberger et al. (2005) e, quando necessário, foi utilizado um número variável de animais reguladores para a manutenção da oferta de forragem em torno de 3 kg de matéria seca verde por quilo de peso corporal (MSV/kg PC).

Foram realizadas avaliações, a cada 28 dias, do índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), ângulo foliar médio (AFM), coeficiente de extinção luminosa (K), alturas média e comprimida do dossel e de massa de forragem da Braquiária, tanto em monocultivo quanto consorciada.

As variáveis foram estimadas em três transectos perpendiculares às filas duplas das leguminosas (Figura 2), por parcela. Cada transecto continha cinco pontos, os quais foram representados, cada um, pela área circular de 0,25 m² de disco medidor e foram distribuídos do centro, isto é, entre as fileiras duplas das leguminosas (ponto “um”), com 2 m de distância entre si, em que o mais afastado foi o ponto “cinco”, distando 8 metros do centro das fileiras duplas, representando, aproximadamente, a metade da faixa da Braquiária entre as filas duplas. Desta maneira, houve avaliações em 15 pontos por área experimental.

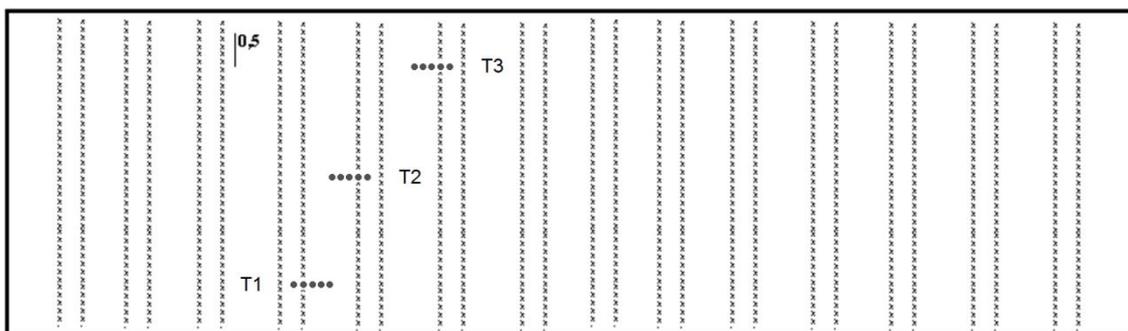


Figura 2. Detalhe dos transectos da parcela de leguminosa arbustiva consorciada com *B. decumbens*, Itambé-PE.

O IAF e a IL (%), estimados por meio de métodos indiretos, foram avaliados por meio de três equipamentos que utilizam técnicas com base na transmitância de radiação no dossel vegetativo: i) LAI-2000 (LI-COR 1992) acoplado a um “viewcap” de 270°,

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

com leituras na proporção de uma medida acima (1 metro de distância vertical do solo) para duas medidas sob o dossel forrageiro da Braquiária; ii) Digital Plant Canopy Imager, modelo CI-120 (CID Bio-science®), via técnica de captura de imagem hemisférica abaixo do dossel forrageiro e iii) AccuPAR Linear PAR/LAI ceptometer, Model LP-80 que possui 80 sensores fotossensíveis acoplados a um controle único (Jonckheere et al., 2004) (Figura 3), operado de acordo com as especificações do fabricante (DECAGON Devices). O AFM foi estimado através dos equipamentos LAI-2000 e CI-120 e o K, via CI-120.



Figura 3. (A) LAI-2000; (B) CI-120; (C) AccuPAR LP-80.

As leituras dos LAI-2000 e do CI-120 foram realizadas no início da manhã (5:30 às 8:00) ou fim da tarde (16:00 às 17:30), via radiação difusa, quando a quantidade de radiação direta é baixa, enquanto que pelo AccuPAR LP-80, foram realizadas em pleno sol, isto é, durante horários do dia de maior incidência de radiação solar.

A altura média do dossel (cm) da Braquiária foi medida por meio de régua graduada em centímetros, sempre posicionando a régua na curvatura das folhas mais altas do ponto avaliado.

Já a altura comprimida do dossel da gramínea foi avaliada por meio da utilização do prato ascendente ou disco medidor (Mannetje, 2000). Este consiste, basicamente, de uma haste graduada em um disco de alumínio de massa e área conhecidas ($0,25 \text{ m}^2$), que permite uma avaliação que integra a altura com a densidade do dossel.

A massa de forragem da Braquiária foi estimada pelo corte da forragem rente ao solo, contida na área circular de $0,25 \text{ m}^2$ do disco medidor. E no caso desta massa, após pesagem das 15 amostras por parcela, foram retiradas amostras compostas de cada ponto distal, totalizando cinco amostras compostas por parcela. Essas amostras foram

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

submetidas à pré-secagem a 65°C por 72 horas e, em seguida, trituradas em moinhos de faca e armazenadas para posterior análise.

Os teores de matéria seca (MS) das amostras foram determinados após a secagem do material na estufa a 105 °C, por 24 h, seguindo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

A densidade de forragem da Braquiária foi expressa em kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹, sendo obtida a partir da divisão da massa de forragem acumulada da gramínea pela altura média do dossel forrageiro.

Os dados nas diferentes épocas e sistemas de cultivo foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa Genes. Já o comportamento das variáveis em função das distâncias das filas duplas das leguminosas foi estudado a partir de análises de regressão, em que foram testados os modelos linear, quadrático e exponencial. Todos os resultados foram considerados significativos quando P<0,05.

Resultados e discussão

Foram observadas interações significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamentos e períodos do ano para as variáveis altura média, altura comprimida, massa de forragem e densidade de forragem (Tabela 1).

Tabela 1. Altura média (cm), altura comprimida, massa de forragem (kg de MS ha⁻¹) e densidade de forragem de *Brachiaria decumbens* Stapf. (kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹) em pastagens de *B. decumbens* em monocultivo e em SSP, conforme o período do ano, Itambé-PE.

Variáveis	Período do ano	Pastagens			CV (%)
		1*	2*	3*	
Altura média	Seco	16,69 Aa	13,63 Aa	3,39 Bb	23,09
Altura média	Chuvoso	21,96 Aa	16,19 Ab	7,23 Ac	2,13
	CV (%)	9,64	10,74	12,06	
Altura comprimida	Seco	10,87 Aa	8,71 Aa	1,82 Bb	23,28
Altura comprimida	Chuvoso	14,93 Aa	10,33 Ab	3,79 Ac	5,39
	CV (%)	11,00	7,02	9,65	
Massa de forragem	Seco	1578,41 Ba	1300,04 Bb	514,56 Bc	3,81
Massa de forragem	Chuvoso	3174,11 Aa	2142,40 Ab	1112,03 Ac	2,04
	CV (%)	2,13	3,14	4,80	
Densidade de forragem	Seco	101,37 Aa	113,65 Aa	76,26 Bb	16,67
Densidade de forragem	Chuvoso	147,67 Aa	115,59 Ab	115,91 Ab	5,47
	CV (%)	11,75	8,78	4,44	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na linha, comparando épocas em cada variável, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$) e letras maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$).

*1. *Brachiaria decumbens* em monocultivo; 2. *B. decumbens* + Gliricídia; 3. *B. decumbens* + Sabiá.

Médias de 12 ciclos, sendo período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Para todos os tratamentos experimentais, maiores valores de massa de forragem de Braquiária ($P \leq 0,05$) foram obtidos no período chuvoso do ano. Em regiões de clima tropical que engloba a maior parte do território brasileiro, a produção de forragem é caracterizada por dois períodos distintos: “águas” e seco. No primeiro, a produção de

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

ferragem é favorecida, dentre outros fatores, pelas altas temperaturas, fotoperíodo longo e maior concentração de chuvas. Neste período, as gramíneas do gênero *Brachiaria*, segundo Pizarro et al. (1996), chegam a acumular de 77 a 90% da produção total de matéria seca em relação ao período da seca.

Eagle (1971), Rolim (1980) e Villa Nova et al. (1999) reportam vários fatores que determinam essa sazonalidade, dentre os quais a radiação solar e a umidade do solo. No período seco do ano, as plantas tendem a realizar o fechamento dos estômatos, reduzindo, assim, a perda de água para o meio. Este fechamento modifica os processos metabólicos do vegetal, fazendo com que o mesmo produza menos biomassa, porque o nível de água no solo fica extremamente baixo, dificultando o acesso à água, pelas raízes.

Corroborando tal sazonalidade na produção de ferragem de gramínea Braquiária, no presente experimento, foi necessário realizar a retirada dos animais da área experimental no mês de fevereiro/2015, devido à quantidade insuficiente de massa de ferragem disponível para alimentação dos mesmos, a qual apresentou níveis abaixo de 800 kg de MS ha⁻¹. No entanto, as avaliações das variáveis continuaram mesmo na ausência dos animais na área experimental.

Com aumento da precipitação pluviométrica ao longo do tempo, o pasto começou a rebrotar com o objetivo de refazer sua área foliar, interceptar luz e crescer novamente, acumulando nova quantidade de ferragem para ser utilizada no pastejo seguinte (Da Silva, 2009), a partir do reencaminhamento dos animais às referidas pastagens (maio/2015).

Também no período chuvoso, maiores valores de altura média e comprimida do dossel da Braquiária ($P \leq 0,05$) foram verificados no tratamento de monocultivo. Cabral (2013) estudando a caracterização da pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris na mesma Estação experimental, verificou altura comprimida do dossel ferrageiro apresentando interação significativa ($P \leq 0,05$) entre tratamentos e períodos de avaliação, com as maiores alturas do dossel sendo verificadas em sistema de monocultivo. Segundo Paciullo (2011), nas áreas sob a copa das árvores, o crescimento da ferrageira pode ser limitado por mudanças na qualidade de luz ou por competição por água pelas árvores, entre outros fatores.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

A redução da turgidez das células é o mais precoce efeito biofísico significativo do estresse hídrico. As atividades dependentes da turgidez como, por exemplo, a expansão foliar e o alongamento das raízes, são as mais sensíveis a este tipo de estresse (Reis et al., 1988), podendo refletir na altura do dossel forrageiro.

A Braquiária em monocultivo apresentou maiores valores de massa de forragem ($P \leq 0,05$) em ambos períodos de avaliação e também de alturas médias e comprimidas ($P \leq 0,05$), no período das águas, em relação aos SSP. Silvertown e Wilson (2000) descrevem competição como a interação entre plantas vizinhas na qual cada indivíduo tende a suprimir o desempenho do outro. A necessidade comum por luz, água e nutrientes, no entanto, significa que a competição por vários fatores é inevitável, apesar da quantidade de recursos requerida por cada espécie poder variar (Turkington e Mehrhoff, 1990).

Já no período seco do ano, maiores valores de alturas média e comprimida do dossel de Braquiária foram observados nos tratamentos de monocultivo e em consórcio com leguminosa Gliricídia, sem diferenças significativas entre si ($P \leq 0,05$). Este resultado pode ter ocorrido pelo fato da Gliricídia apresentar poucas raízes superficiais, o que implica em menor competição com as demais espécies vegetais circunvizinhas (Daccaret, 1967). Além disto, foi verificado uma menor densidade de forragem no tratamento Braquiária + Sabiá ($76,26 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) ($P \leq 0,05$), neste mesmo período.

Sabiá é considerada uma espécie de elevado potencial competitivo, o que provavelmente auxiliou num menor nível de crescimento da Braquiária. Mendonça et al. (2008), estudando desempenho de quatro espécies de *Eucalyptus* spp em plantios puros e consorciados com Sabiá, verificaram que a competição por água e nutrientes, imposta pelo Sabiá sobre as plantas de Eucalipto, pode ter promovido a maior produção de raízes finas de *E. robusta*. A menor disponibilidade de água e nutrientes, normalmente, estimula a produção dessas raízes (Gonçalvez, 1995; Keith et al., 1997; Misra et al., 1998; Giardina e Ryan, 2002; Schmid e Kazda, 2002).

Foram observadas interações significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamentos e períodos do ano para as variáveis índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimados pelos diferentes equipamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimado através de métodos indiretos, em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf., conforme o período do ano, Itambé-PE.

Variáveis	Período	Pastagens			CV (%)
		1*	2*	3*	
IAF Accupar**	Seco	0,89 Ba	0,61 Ba	0,21 Bb	17,81
IAF Accupar**	Chuvoso	2,00 Aa	1,55 Ab	0,59 Ac	7,37
	CV (%)	17,28	6,25	6,14	
IAF CI-120	Seco	1,65 Ba	1,54 Aa	0,84 Bb	5,46
IAF CI-120	Chuvoso	2,47 Aa	2,30 Aa	2,49 Aa	3,14
	CV (%)	7,48	11,47	9,38	
IAF LAI-2000	Seco	2,80 Aa	2,19 Aa	0,35 Bb	25,53
IAF LAI-2000	Chuvoso	3,36 Aa	2,27 Ab	1,05 Ac	7,20
	CV (%)	17,49	8,67	4,16	
IL Accupar**	Seco	52,02 Aa	42,69 Ba	16,37 Bb	14,14
IL Accupar**	Chuvoso	65,70 Aa	58,35 Ab	28,89 Ac	4,06
	CV (%)	9,63	5,11	7,94	
IL CI-120	Seco	70,32 Ba	67,79 Ba	39,83 Bb	5,10
IL CI-120	Chuvoso	80,76 Aa	80,63 Aa	80,07 Aa	3,46
	CV (%)	2,96	2,27	3,56	
IL LAI-2000	Seco	78,21 Aa	71,79 Aa	17,85 Bb	15,52
IL LAI-2000	Chuvoso	84,10 Aa	66,58 Ab	39,66 Ac	4,54
	CV (%)	8,17	8,71	11,20	
AFM CI-120	Seco	40,25 Aa	39,36 Aa	17,03 Ab	14,12
AFM CI-120	Chuvoso	42,80 Aa	35,20 Aa	23,96 Ab	8,91
	CV (%)	8,11	11,77	14,53	
AFM LAI-2000	Seco	50,97 Aa	53,01 Aa	32,24 Bb	10,97
AFM LAI-2000	Chuvoso	43,04 Ba	41,16 Ba	41,07 Aa	5,26
	CV (%)	3,89	2,92	8,75	
K CI-120	Seco	0,36 Aa	0,39 Aa	0,24 Ab	10,72
K CI-120	Chuvoso	0,25 Ba	0,24 Ba	0,20 Ab	5,40
	CV (%)	8,95	4,06	12,44	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na linha, comparando pastagens em cada período de avaliação, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$) e letras maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$).

*1. *Brachiaria decumbens* em monocultivo; 2. *B. decumbens* + Gliricídia; 3. *B. decumbens* + Sabiá.

**AccuPAR LP-80.

Médias de 12 ciclos, sendo período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

De maneira geral, foram verificados maiores valores de IAF e IL ($P \leq 0,05$) com uso do AccuPAR LP-80 e do CI-120, no período chuvoso. Enquanto que se utilizando o LAI-2000, estes mesmos resultados foram vistos somente no tratamento Braquiária + Sabiá. Na estação seca, as leguminosas arbóreas, utilizadas neste estudo, perdem folhas (Figura 4), evitando que haja excessiva perda de umidade. A queda de folhas e também de ramos, forma uma considerável camada de serrapilheira, a qual acumula-se sobre o solo, formando uma cobertura vegetal morta (Oliveira e Prisco, 1967).



Figura 4. Aspecto da pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em consórcio com leguminosa Sabiá, em dezembro/2015, Itambé-PE.

O sensor do analisador de dossel LAI-2000 é incapaz de distinguir tecidos vivos de mortos (Welles e Norman, 1991), bem como folhas de outras partes da planta, como colmos (hastes) e pecíolos (Malone et al., 2002). Assim, toda a superfície da planta passível de contribuir para a interceptação de luz é considerada nos cálculos realizados pelo aparelho como área foliar. No caso de estimativas de IAF com esse equipamento, a superestimativa dos dados com o uso do LAI-2000 pode também estar relacionada ao excessivo acúmulo de material morto na base do dossel.

Na estação seca, a Braquiária em monocultivo e em consórcio com Gliricídia obtiveram maiores valores de IAF e IL, sem diferenças significativas entre si ($P \leq 0,05$), a partir do uso de qualquer um dos três equipamentos analisadores do dossel. Nestes sistemas e nesta estação, as gramíneas apresentaram maiores alturas (Tabela 1), possibilitando melhor distribuição de luz no dossel e um maior desenvolvimento da pastagem.

Confrontando os tratamentos, maiores valores de IAF e IL, no período chuvoso e com uso do AccuPAR LP-80 e do LAI-2000 foram constatados em pastagens de Braquiária em monocultivo ($P \leq 0,05$). Neste sistema, as plantas apresentaram maiores alturas (Tabela 1) neste mesmo período, permitindo melhor distribuição de luz no dossel e gerando, desta forma, melhor eficiência na sua utilização. Fagundes et al. (1999) relataram que, de modo geral, pastos com maiores alturas apresentam maiores valores de IAF e IL.

A redução da IL, provocada, provavelmente, pelo sombreamento promovido pelas árvores nos SSPs, pode ter acarretado um menor IAF nestes sistemas, quando em comparação com tratamento de monocultivo. De acordo com Peri et al. (2007), decréscimo na IL e alterações na qualidade da luz sob as árvores, promovem redução no processo de perfilhamento e, conseqüentemente, reduzem o IAF das gramíneas.

Já com uso do CI-120, a Braquiária em consórcio com Sabiá dispôs, na estação chuvosa, de valores destas mesmas variáveis, sem diferença significativa ($P \leq 0,05$) em relação aos outros tratamentos experimentais. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao modo de utilização do equipamento, pois captura imagem hemisférica abaixo do dossel forrageiro. A Sabiá, desde jovem, contém brotos que formam troncos, isto é, de um mesmo ponto partem vários troncos, sendo que o número de ramificações desde a base se situa entre três e oito, que culminam com elevada produção de madeira (Paula e Alves, 1997).

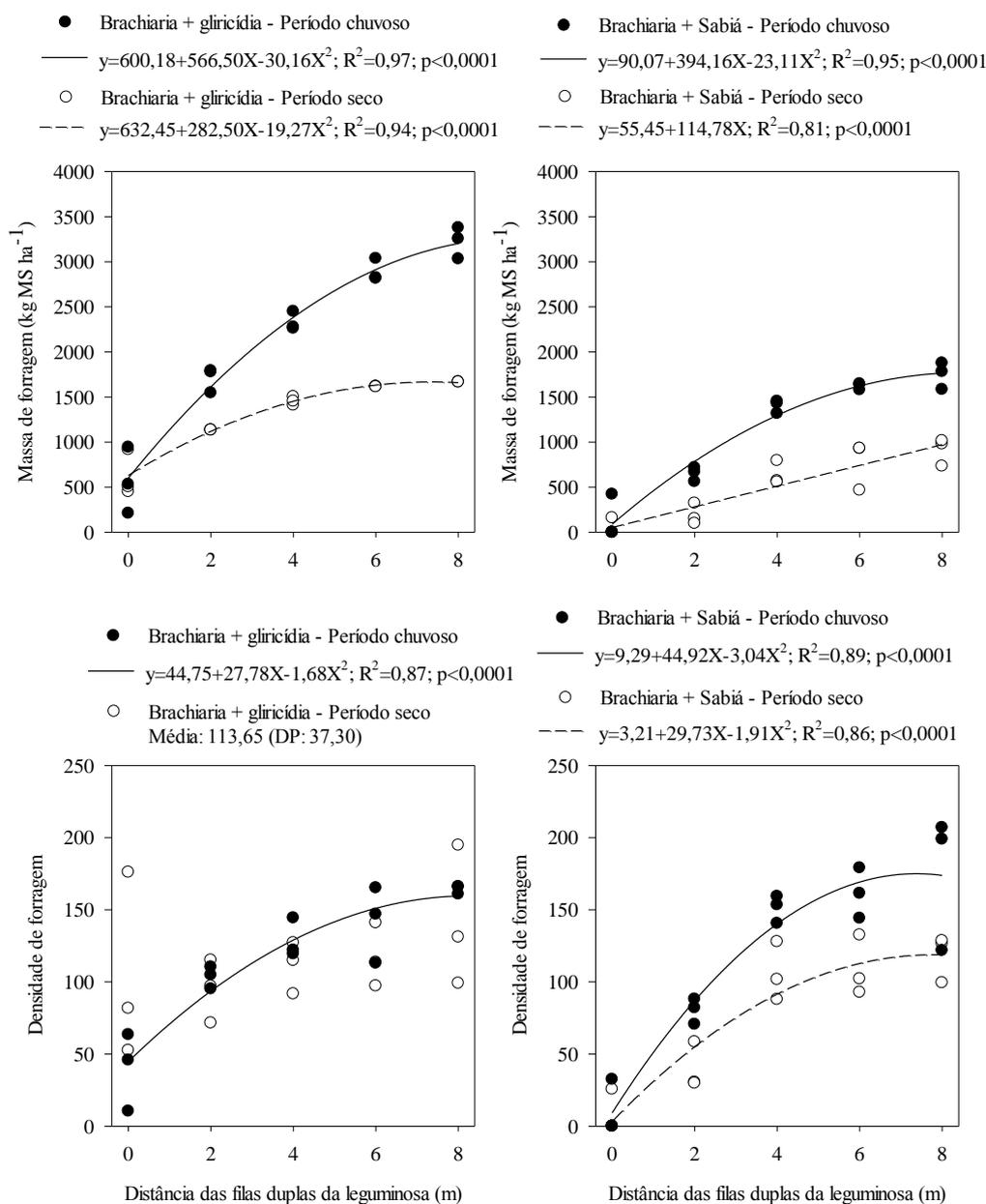
Visualmente, foi observada maior quantidade de biomassa vegetal de Sábua em relação à Gliricídia, neste período (Figura 5), associado ao maior consumo de folhas de Gliricídia pelo gado. Teores de tanino nas folhas de Sabiá mais elevados que nas de Gliricídia (Balogun et al., 1998; Nozella, 2001; Bellen, 2002), além da presença de acúleos servem como fatores de impedimento para o consumo.



Figura 5. Aspecto da pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em SSPs, na estação chuvosa, sendo (A) *Brachiaria decumbens* + Gliricídia; (B) *B. decumbens* + Sabiá, Itambé-PE.

Foram observados, de modo geral, menores valores de ângulo foliar médio e de coeficiente de extinção luminosa no tratamento Braquiária + Sabiá ($P \leq 0,05$) (Tabela 2).

Aumento na massa de forragem de Braquiária, ao passo que houve distanciamento das filas duplas de leguminosas e aumento na precipitação pluviométrica (Figura 1), nos SSPs (Figura 6), sugere maiores condições para a gramínea se desenvolver, sem maiores influências competitivas por água, luz, nutrientes, dentre outros fatores e como consequência, houve maiores valores da densidade de forragem desta gramínea.



Médias de doze ciclos, sendo período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Figura 6. Massa de forragem (kg de MS ha⁻¹) e densidade de forragem (kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹) em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.

Conforme Schreiner (1987), a Braquiária apresenta moderada tolerância ao sombreamento, mas é intolerante ao sombreamento denso, podendo sofrer perda considerável na produção de matéria seca. Observou-se no ponto mais próximo das filas duplas das leguminosas que a massa de forragem da gramínea não ultrapassou 500 kg de MS ha⁻¹.

Foi verificado, em horários de maior incidência de raios solares, procura por áreas mais sombreadas nas pastagens, pelos bovinos (Figura 7). Isto, possivelmente, contribuiu para menor produção de massa de forragem de Braquiária nos pontos mais próximos às filas duplas de leguminosas, devido à compactação do solo pelos animais.

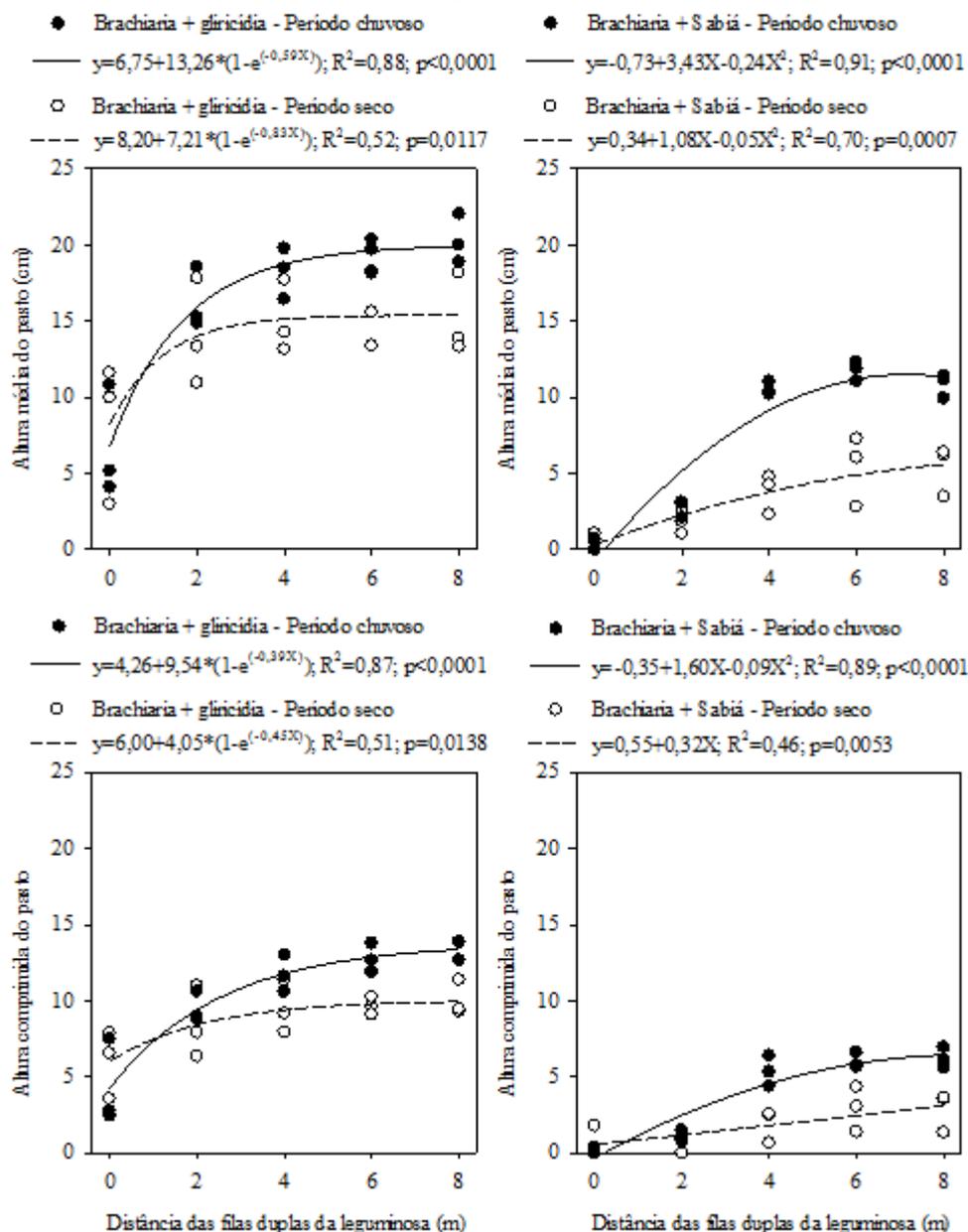


Figura 7. Bovinos em área sombreada, em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. + Sabiá, Itambé-PE.

Santos et al. (2011), estudando o comportamento de novilhas em pastagens de *B. decumbens*, consorciada com leguminosas arbustivas na Zona da Mata Norte de Pernambuco, observaram que 64,9% e 64,7% das atividades ruminação e ócio, respectivamente, eram em áreas sombreadas de Gliricídia, o que pode ter levado a uma maior deposição de excretas próxima a essas áreas.

A compactação do solo tem sido apontada como um dos principais problemas evidenciados nas áreas sob pastejo intensivo, pois tem causado a diminuição da produção de forragem das pastagens cultivadas. Schneider et al. (1978) constataram que um bovino com peso entre 70 a 500 kg exerce uma pressão de compactação de 0,07 a 0,21 MPa, enquanto que um trator de esteira exerce somente 0,01 a 0,02 MPa de pressão.

Também houve aumentos na altura média e comprimida do dossel da gramínea à medida que ocorreram avanços no distanciamento de filas duplas de leguminosas e incrementos na precipitação pluviométrica, nos sistemas silvipastoris (Figura 8).



Médias de doze ciclos, sendo período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Figura 8. Altura média (cm) e comprimida de dossel de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.

As fileiras duplas das árvores no sentido norte/sul podem ter proporcionado redução da quantidade de luz propagada ao longo do perfil do dossel da Braquiária, reduzindo a incidência de luz nas plantas localizadas mais próximas das árvores. Dessa forma, a altura das plantas atuou na mesma direção que o IAF, aumentando com o aumento da distância das leguminosas (Figura 9).

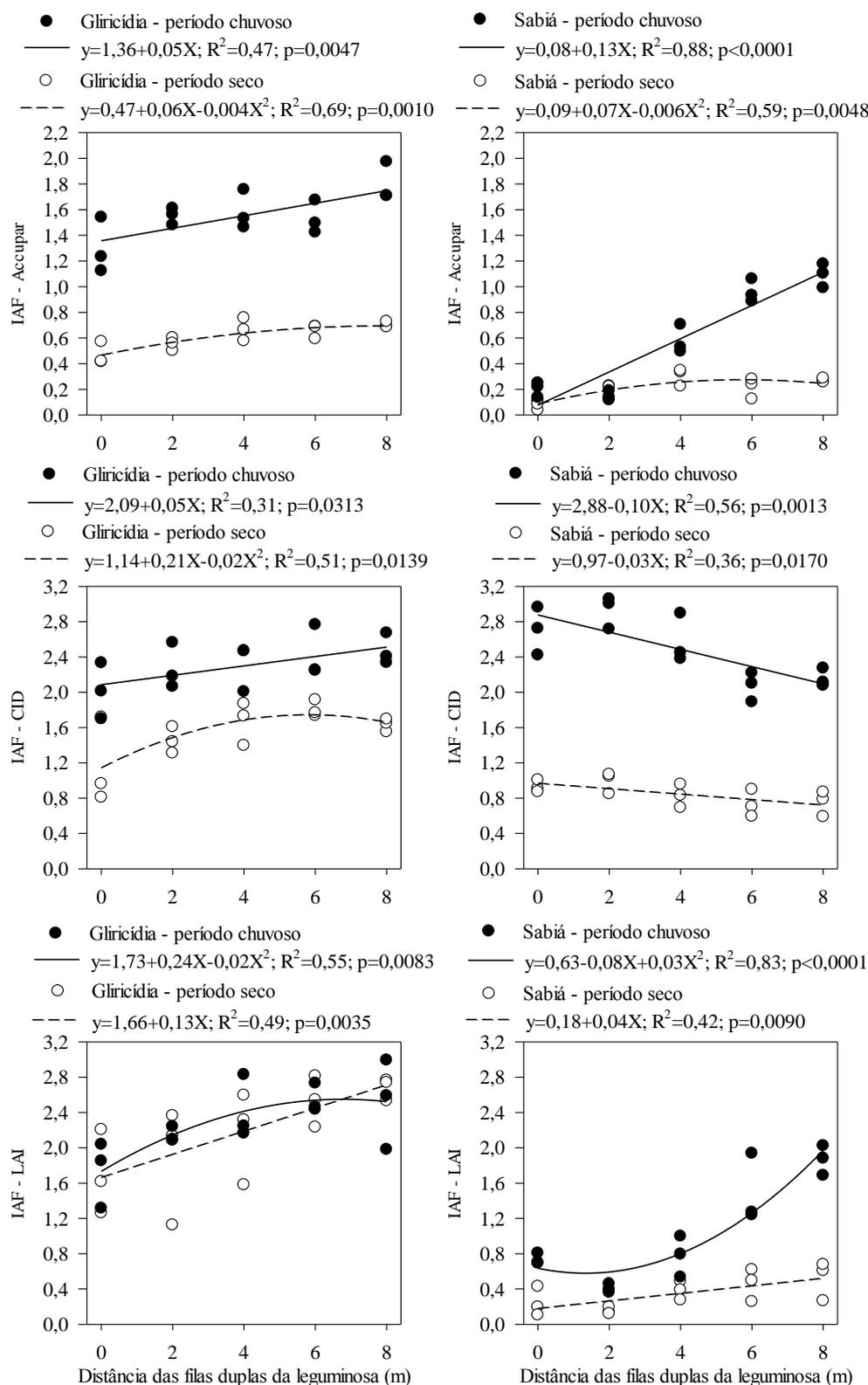
Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

Acréscimo nos valores da variável IAF sucedeu a partir de 4 m de distância das filas duplas das leguminosas, nos SSPs, com uso de AccuPAR LP-80 e LAI-2000 e para o tratamento Braquiária + Gliricídia, com uso de CI-120. E quanto ao fato de ter ocorrido maiores IAF com efeito linear negativo, à medida que se distancia das filas duplas da Sabiá, indica uma maior quantidade de biomassa vegetal de Sabiá (Figura 5) associada ao modo de utilização de CI-120.

De maneira geral, menores valores de IAF foram encontrados em período seco. Um dos efeitos primários de deficiência hídrica é uma redução na taxa de alongação foliar. Assim, mesmo uma deficiência hídrica moderada pode afetar a produtividade fotossintética do pasto, via redução do IAF, sem redução da condutividade estomática (Hsiao et al., 1976).

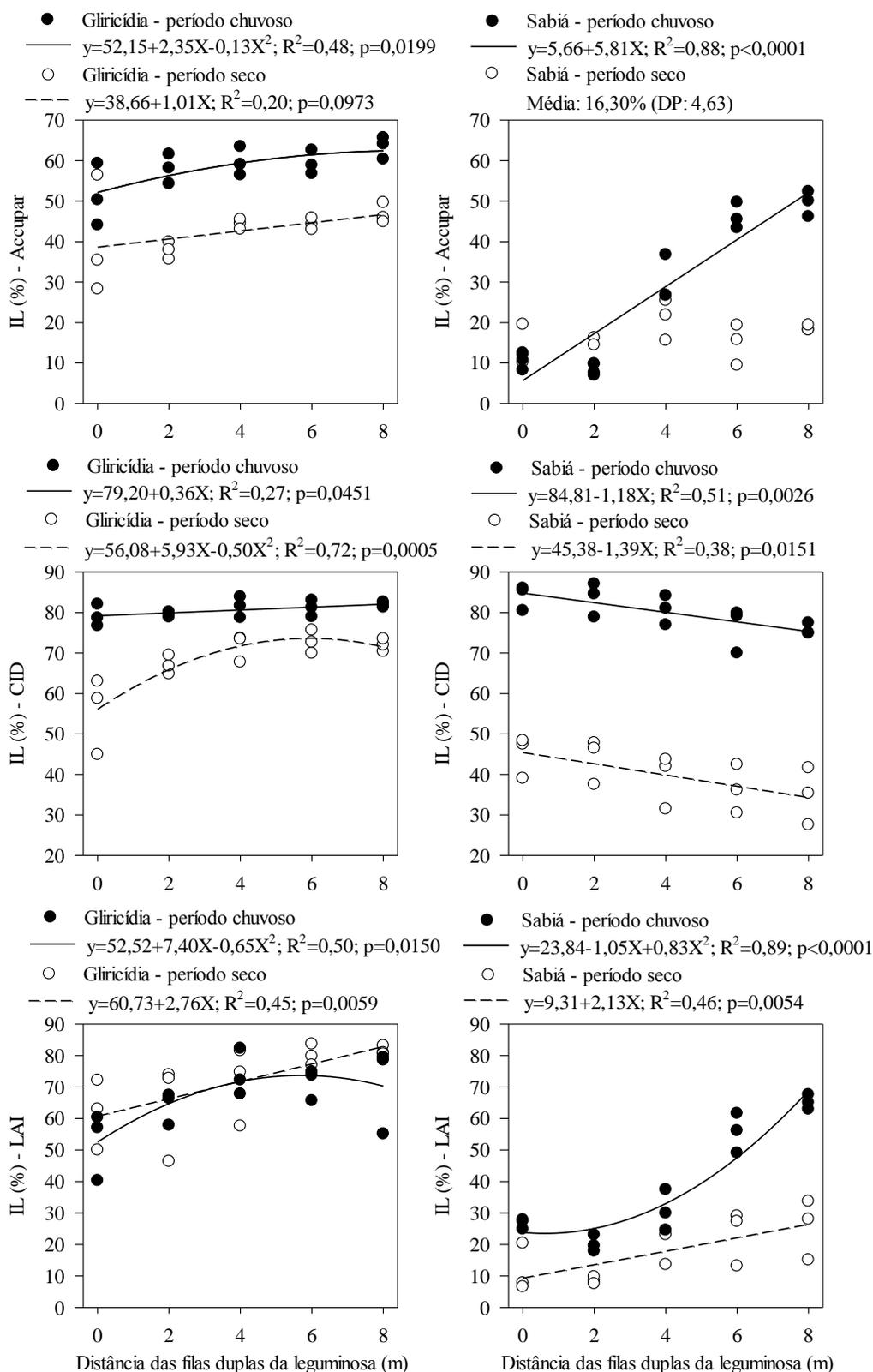
O índice de área foliar (IAF) refere-se à área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2) (Watson, 1947). Assim, quanto maior esse índice, maior a interceptação de luz solar pela mesma (Monteiro e Moraes, 1996).

E houve, neste trabalho uma tendência de IL (Figura 10) acompanhar variações de IAF nos SSPs. Isto sugere que, à proporção que se eleva a quantidade de folhas nas pastagens, o dossel intercepta maior quantidade de luz, o que está em consonância com a literatura, que denota crescimentos da IL, em função do aumento do IAF médio (Brown e Blaser, 1968; Hay e Walker, 1989).



Médias de doze ciclos, sendo período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Figura 9. Índice de área foliar (IAF) em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.



Médias de doze ciclos, sendo período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Figura 10. Interceptação luminosa (IL, %) em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris, em diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas arbóreas, conforme o período do ano, Itambé-PE.

Conclusões

O comportamento estrutural e produtivo da gramínea Braquiária varia ao longo do tempo.

A leguminosa Sabiá, nas condições deste trabalho, prejudica o desenvolvimento da Braquiária. Assim, recomenda-se testar um arranjo espacial com espaçamento mais amplo entre as filas duplas de Sabiá.

Há uma tendência da Braquiária apresentar maior desenvolvimento à medida que se distancia das filas duplas de leguminosas arbóreas.

Referências bibliográficas

AGOSTINETTO, D. et al. Adaptação de espécies utilizadas para cobertura de solo no sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n. 1, p. 47-52, 2000.

BALOGUN, R. O.; JONES, R. J.; HOLMES, J. H. G. Digestibility of some tropical browse species varying in tannin content. **Animal Feed Science and Technology**, v. 76, n. 2, p. 77-88, 1998.

BEELEN, P. M. G. **Taninos condensados de leguminosas nativas do semi-árido nordestino**. 2002. 71 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

BELTRÃO, B. A., G. C. MASCARENHAS, J. L. F. MIRANDA, L. C. SOUZA Jr, M. J. T. G GALVÃO, and S. N. PEREIRA. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Itambé. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 22 p.

BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v. 38, p. 1-9, 1968.

CABRAL, F. A. **Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, 1993. p. 55-64.

CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Diagnóstico sócio ambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife, 2003. 214 p.

DACCARET, M. A. **La influencia de los arboles leguminosas y no leguminosas sobre el forrage que cresce bajos ellos**. 1967. 34 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Agrônômico Tropical de Investigacion y Enseñanza, Costa Rica, 1967.

EAGLE, C. F. 1971. Effect of photoperiod on vegetative growth in two natural population of *Dactylis glomerata* L. **Annals of Botany**, v. 35, p. 75-6.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C. da; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, S. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob

- Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....
diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999b. Suplemento.
- FREITAS, T. M. S. **Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas Ile de France em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) em resposta a doses de nitrogênio**. 2003. 143 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- GIARDINA, C. P.; RYAN, M. G. Total belowground carbon allocation in a fast-growing *Eucalyptus* plantation estimate using a carbon balance approach. **Ecosystems**, v.5, n.5, p.487-499, 2002.
- GONÇALVES, J. L. M. Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas: I Distribuição de raízes nas camadas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995, Viçosa, MG **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.876-878.
- HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. Interception of solar radiation by the crop canopy. In: HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. (Eds.) **An introduction to the physiology of crop yield**. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. p.8-30.
- HSIAO TC, E ACEVEDO, E FERERES, DW HENDERSON 1976 Water stress, growth, and osmotic adjustment. **Phil Trans R Soc Lond B** 273: 479-500.
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Boletim Técnico 26 Série Pedologia, 14: Recife, SUDENE, 1973, 359 p.
- JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, 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, p.19-35, 2004.
- KEITH, H.; RAISON, R. J.; JACOBSEN, K. L. Allocation of carbon in mature eucalypt forest and some effects of soil phosphorus availability. **Plant and Soil**, v.196, n.1, p.81-99, 1997.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer, 1995. 506p.
- LI-COR (1992) LAI-2000 Plant canopy analyser: instruction manual. Ed I LI-COR, Lincoln, Nebraska.
- MACHADO, F. A. **Avaliação de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas na Zona da Mata Seca de Pernambuco**. 2011. 132 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

- Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....
- MALONE, S.; HERBERT, D. A.; HOLSHOUSER, D. L. Evaluation of the LAI-2000 plant canopy analyzer to estimate leaf area in manually defoliated soybean. **Agronomy Journal**, v. 94, n. 5, p. 1012-1019, 2002.
- MANNETJE'T L. Measuring biomass of grassland vegetation. In: MANNETJE'T, L.; JONES, R. M. (Ed.) **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CAB International, 2000. cap. 7, p. 151-177.
- MENDONCA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; SANTIAGO, A. R.; FREITAS, T. A. S.; SOUZA, J. S. Desempenho de quatro espécies de *Eucalyptus* spp em plantios puros e consorciados com sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) em cava de extração de argila. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 395-405, 2008.
- MISRA, R. K. et al. Below and above ground growth of *Eucalyptus nitens* in a young plantation. II Nitrogen and Phosphorus. **Forest Ecology and Management**, v. 106, n. 2-3, p. 295-306, 1998.
- MONTEIRO, A. L.; MORAES, A. Fisiologia e morfologia de plantas forrageiras. In: MONTEIRO, A. L.; MORAES, A.; CORREA, E. A. S. et al. (Eds.) **Forragicultura no Paraná**. Londrina: CPAF, 1996. p. 75-92.
- MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The desing, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6, 1952, Pennsylvania. **Proceedings**. Pennsylvania: State College Press, 1952. p. 1380-1385.
- NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- OLIVEIRA, J. G. B.; PRISCO, J. T. Transpiração e balanço hídrico de plantas da caatinga. **Boletim da Sociedade Cearense de Agronomia**, p. 41-46, 1967.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Revista Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, out. 2011.
- PAULA, J. E. de; ALVES, J. L. de H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília, DF: Fundação Mokiti Okada, 1997. 543 p.
- PERI, P. L.; LUCAS, R. J.; MOOT, D. J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v. 70, p. 63-79, 2007.
- PIZARRO, E. A.; VALLE, C. B.; SÉLLER-GREIN, G.; SCHULTZEKRAFT, R.; ZIMMER, A. H. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical America-savannas. In:

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). **Brachiaria**: biology, agronomy and improvement. Calli: CIAT; Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1996. p. 225-246.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 12, n. 2, p. 183-195, 1988.

ROLIM, F. A. 1980. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 6., Piracicaba, 1980. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1980. p 243-270.

SANTOS, A. M. et al. Caracterização do pasto e da extrusa de novilhas Girolando, em pastagens de *Brachiaria decumbens*, submetidas a diferentes taxas de lotação. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 115-122, 2011.

SAS INSTITUTE INC. 1996. **SAS statistics user's guide**. Release version 6. SAS Institute Inc., Cary. NC.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: MATTOS, W. R. S.; FARIA, V. P.; DA SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. (Eds.) REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001, p. 731-754

SCHMID, I.; KAZDA, M. Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. **Forest Ecology and Management**, v. 159, n. 1-2, p. 37-47, 2002.

SCHNEIDER, P. R.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. 1978. Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. **Revista Floresta**, v. 19, n. 1, p. 19-23.

SCHREINER, H. G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v. 15, p. 61-72, 1987.

SILVERTOWN, J.; WILSON, J. B. Spatial interactions among grassland plant populations. In: DIECKMANN, U.; LAW, R.; METZ, J. A. J. (Ed.). **The geometry of ecological interactions**: simplifying spatial complexity. Cambridge: University Press: 2000, p. 28-47.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235 p. 2002.

SOUZA JR., E. L.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR, J. C. B. et al. Estabelecimento de pastagem de capim braquiária na Zona da Mata e Agreste de Pernambuco. **Pasturas Tropicales**, Colômbia, v. 27, n. 2, p. 45-50, 2005.

TURKINGTON, R.; MEHRHOFF, L. A. The role of composition in structuring pasture communities. In: GRACE, J. B.; TILMAN, D. (Ed.). **Perspectives on plant competition**. San Diego: Academic, 1990. p. 307-340.

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, A. R., 1999. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 7, p. 75-79.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf área between species and varieties, and with and between years. **Annals of Botany**, v. 11, p. 41-76, 1947.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 5, p. 818-825, 1991.

Capítulo III – Relação entre características estruturais e produtivas com IAF e IL estimados por métodos indiretos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco

Resumo

O aumento na conscientização com as questões ambientais tem levado a mudança no paradigma de produção animal a pasto no Brasil. Dessa forma, é necessário que a pastagem seja tratada dentro de um enfoque sistêmico, no qual se relacionam diversos aspectos ligados a planta, animais, solo e ambiente, bem como suas interrelações. O objetivo deste trabalho foi relacionar características estruturais e produtivas com IAF e IL estimados por métodos indiretos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco. Os tratamentos experimentais consistiram de: i) *Brachiaria decumbens* Stapf. + *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.; ii) *B. decumbens* + *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. e iii) *B. decumbens* em monocultivo, em delineamento experimental casualizado em blocos, com três repetições. Foram realizadas avaliações, a cada 28 dias, de massa de forragem, alturas média e comprimida, e de variáveis como IAF e IL, estimados por meio de métodos indiretos. Foram verificadas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas média e comprimida do dossel, como também entre IAF e IL, tanto no monocultivo quanto nos consórcios. Correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas média e comprimida do dossel, com ângulo foliar médio apenas no tratamento da braquiária + Sabiá, variando de $r=0,21$ a $r=0,52$. Pelo fato de maior parte das correlações existentes entre IL e altura do dossel e também entre IAF e massa de forragem serem fracas, nas condições deste trabalho, além do produtor rural, na maioria das vezes, não ter condições financeiras de obter tais equipamentos analisadores do dossel, sugere-se promover desenvolvimento de softwares ou aplicativos de baixo custo de aquisição, que possam dar ideia das condições reais das pastagens.

Palavras-chave: AccuPar LP-80, CI-120, LAI-2000, correlações

Abstract

Increase in awareness of environmental issues raising awareness of environmental issues has led to change in the paradigm of livestock to pasture in Brazil. Thus, it is necessary that the pasture be treated within a systemic approach, in which relate various aspects related to plant, animal, soil and environment as well as their interrelationships. The objective of this study was to relate structural and productive characteristics with LAI and LI estimated by indirect methods in *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures under monoculture and silvopastoral systems (SPS) in Pernambuco Forest Zone. The experimental treatments were: i) *B. decumbens* Stapf. + *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.; ii) *B. decumbens* + *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. and iii) *B. decumbens* under monoculture, in randomized block design with three replications. Evaluations were conducted every 28 days, and was measured forage mass (kg of DM ha⁻¹), average height (cm) and compressed height and variables such as leaf area index (LAI) and light interception (LI, %), estimated by indirect methods. Positive and significant correlations were observed ($P \leq 0.01$) between average height and compressed height of the canopy, as also between LAI and LI, both in monoculture and in the consortia. Positive and significant correlations ($P \leq 0.01$) between average height and compressed height of the canopy with mean leaf angle only in the treatment of brachiaria + Sabia, ranging from $r=0.21$ to $r=0.52$. Because most of the correlations between LI and LAI with canopy height and forage mass low magnitude. correlations between IL and canopy height and also between LAI and herbage mass being weak in the conditions of this work, in addition to farmers mostly do not have the financial means to obtain such analyzers equipments canopy, it is suggested to promote software development or low-cost app which may give an idea of the actual conditions of pastures.

Keywords: AccuPAR LP-80, CI-120, LAI-2000, correlations

Introdução

Nos últimos anos, o aumento na conscientização com as questões ambientais tem levado a mudança no paradigma de produção animal a pasto no Brasil, fazendo com que um número crescente de produtores busque mais eficiência (i.e., produzir mais em menor área), modernizando os sistemas de produção atualmente existentes (Dias-Filho, 2010). Para ser competitiva e capaz de conquistar mercados mais exigentes, a pecuária deve se tornar eficiente no processo de uso da terra, reduzindo desmatamento e se tornando uma atividade mais sustentável.

Talvez, a principal transformação conceitual diga respeito ao reconhecimento de que as pastagens correspondem a um ecossistema específico, complexo e caracterizado por uma série de interações entre seus componentes bióticos e abióticos que, para que seja sustentável, necessita da composição de um equilíbrio harmônico entre processos aparentemente conflitantes (Silva e Nascimento Júnior, 2007). Assim, é necessário que seja tratada dentro de um enfoque sistêmico, considerando aspectos de ecologia, biologia, preservação e impacto ambiental, porém com responsabilidade econômica e social (Silva e Carvalho, 2005).

Dentre as variáveis testadas para traduzir características ecofisiológicas das plantas forrageiras em ferramentas de manejo do pastejo no campo estão massa de forragem, número de folhas vivas por perfilho, altura do pasto e disponibilidade de forragem. A variável mais citada nos estudos tem sido altura do pasto, em função de sua alta relação com índice de área foliar e interceptação luminosa, praticidade, facilidade de assimilação e baixo custo de aquisição (Barbosa et al., 2007; Pedreira et al., 2007).

Pesquisas (Fagundes et al., 1999; Pedreira et al., 2007) têm apontado relações entre a altura do dossel e a interceptação luminosa em gramíneas tropicais, assim como entre IAF e massa de forragem do pasto (Madakadze et al., 1998).

Existem poucos trabalhos comparando métodos de estimativa do IAF e da IL em plantas forrageiras, especialmente aquelas de clima tropical. Assim, o objetivo deste trabalho foi relacionar características estruturais e produtivas com IAF e IL estimados por métodos indiretos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, na Zona da Mata de Pernambuco.

Material e métodos

O experimento foi conduzido, de setembro de 2014 a agosto de 2015, na Estação Experimental de Itambé, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). O total mensal de precipitação pluviométrica acumulada durante o período experimental pode ser observado na Figura 1.

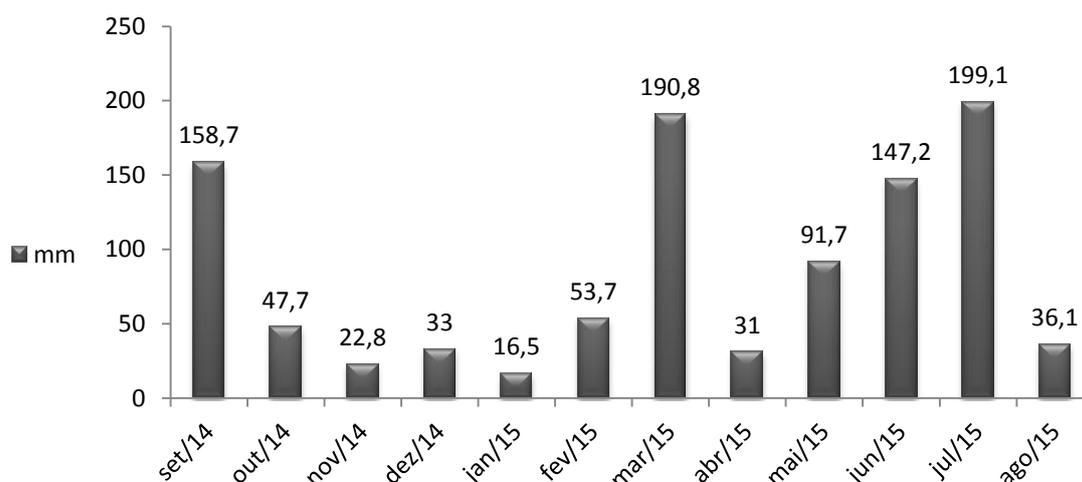


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm/mês) no Município de Itambé-PE, durante o período experimental. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Os solos prevalentes em Itambé classificam-se como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb DISTRÓFICO, com horizonte A proeminente de textura médio argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine et al., 1973; atualizado de acordo com Embrapa, 2006).

A área experimental foi implantada em janeiro de 2011, com eliminação da vegetação existente por meio de roço manual, seguido de queima. Os tratamentos experimentais consistiram em: i) *Brachiaria decumbens* Stapf. (Braquiária) + *M. caesalpinifolia* Benth. (Sabiá); ii) *B. decumbens* Stapf. + [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] (Gliricídia) e iii) *B. decumbens* Stapf. em monocultivo, em delineamento experimental casualizado em blocos, com três repetições.

Somente em um dos blocos, a gramínea *Brachiaria decumbens* já estava implantada e era usada no manejo de rotina do rebanho bovino da Estação Experimental, estando diferida por três meses por ocasião do plantio das leguminosas.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

A área dos blocos restantes, por sua vez, estava com cerca de 10 anos de pousio, que sofreu a eliminação da vegetação característica de sucessão vegetal pioneira na região. Nestes blocos, a braquiária foi implantada no início de abril/2011, com replantio no final do respectivo mês, em covas abertas (Souza Jr. et al., 2005), já que coincidiu com o fim do período seco.

A produção das mudas das leguminosas foi em bandejas, na casa de vegetação da Estação Experimental de Itapirema/PE, pertencente ao IPA. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com estirpes específicas de microorganismos do gênero *Bradyrhizobium* sp., obtidas no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

A vegetação pré-existente nas áreas onde foram implantadas as leguminosas foi controlada com Glyphosate® e o transplântio das mudas de leguminosas para o campo foi realizado em covas com dimensões de 20 x 20 x 20 cm, quando as plantas atingiram a altura aproximada de 25 cm. Foi realizada adubação com 500 kg de superfosfato simples/ha, à lanço, de acordo com a análise de solo, aproximadamente, 100 dias após o plantio das leguminosas.

Nos tratamentos de consórcio, as leguminosas foram implantadas em 14 fileiras duplas com espaçamento de 15 m x 1,0 m x 0,5 m, apresentando, cerca de 2.500 plantas ha⁻¹ com plantio de Braquiária nas faixas entre as fileiras duplas.

Cada unidade experimental consistiu em piquete de 1,0 ha (43,5 x 230,0 m), com bebedouro e sal mineral disponíveis, totalizando 9,0 ha de área experimental.

A utilização de bovinos machos mestiços holandês x zebu, na área experimental, está expressa no Capítulo 2.

Houve avaliações, a cada 28 dias, do índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), ângulo foliar médio (AFM), coeficiente de extinção luminosa (K), alturas média e comprimida do dossel e de massa de forragem da Braquiária em monocultivo e nos SSPs.

As variáveis foram estimadas em três transectos perpendiculares às filas duplas das leguminosas (Figura 2), por parcela. Cada transecto continha cinco pontos, os quais foram representados, cada um, pela área circular de 0,25 m² de disco medidor e foram distribuídos do centro, isto é, entre as fileiras duplas das leguminosas (ponto “um”), com 2 m de distância entre si, em que o mais afastado foi o ponto “cinco”, distando 8

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

metros do centro das fileiras duplas, representando, aproximadamente, a metade da faixa da Braquiária entre as filas duplas. Desta maneira, houve avaliações em 15 pontos por área experimental.

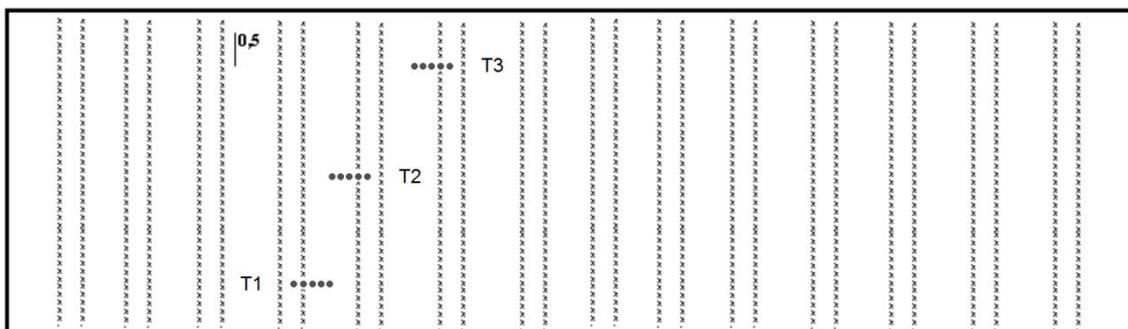


Figura 2. Detalhe dos transectos da parcela de leguminosa arbustiva consorciada com *B. decumbens*, Itambé-PE.

As variáveis IAF, IL, AFM, K, altura média e comprimida do dossel, massa e densidade de forragem de gramínea braquiária, nos tratamentos experimentais, foram mensurados conforme descrito no Capítulo 2.

Na análise estatística procederam-se correlações de Pearson entre as médias de altura média e comprimida do dossel de *Brachiaria decumbens* Stapf. com as variáveis IAF, IL, AFM e K; entre massa de forragem com alturas média e comprimida do dossel, IAF, IL, AFM e K e entre IAF e IL ao nível de significância de 1 e 5%, através do procedimento PROC CORR do pacote estatístico SAS 9.3 (Statistical Analysis System). A classificação da magnitude das correlações seguiu parâmetros baseados em Franzblau (1958), onde: se $|r| < 0,20$ correlação inexistente; se $0,20 < |r| < 0,40$ correlação fraca; se $0,40 < |r| < 0,60$ correlação moderada; se $0,60 < |r| < 0,80$ correlação forte; se $|r| > 0,80$ correlação muito forte.

Resultados e discussão

Foram observadas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas média e comprimida do dossel de Braquiária em monocultivo, com IAF e IL, estimados através de uso dos equipamentos AccuPAR LP-80 e LAI-2000, com magnitude de correlação variando de fraca a moderada, na estação seca (Tabela 1). A altura do dossel tem sido descrita como boa preditora para a IL em pastagens de gramíneas tropicais, quando mensurada com o LAI-2000 (Fagundes et al., 1999; Pedreira et al., 2007).

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre altura média (cm) e comprimida do dossel de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, com índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimados através de métodos indiretos, conforme o período do ano, Itambé-PE.

Pastagens				
Braquiária em monocultivo				
	Período seco		Período chuvoso	
	Altura média	Altura comprimida	Altura média	Altura comprimida
Altura média	-	0,72 **	-	0,87 **
Altura comprimida	0,72 **	-	0,87 **	-
IAF AccuPAR LP-80	0,56 **	0,39 **	0,01 ns	0,03 ns
IAF CI-120	0,01 ns	0,01 ns	0,10 ns	0,12 *
IAF LAI-2000	0,37 **	0,21 **	0,06 ns	0,01 ns
IL AccuPAR LP-80	0,34 **	0,31 **	0,09 ns	0,11 ns
IL CI-120	0,10 ns	0,09 ns	0,12 ns	0,10 ns
IL LAI-2000	0,25 **	0,21 **	0,12 ns	0,01 ns
AFM CI-120	0,05 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,01 ns
AFM LAI-2000	0,10 ns	0,09 ns	0,11 ns	0,09 ns
K CI-120	0,06 ns	0,08 ns	0,11 ns	0,11 ns
Braquiária + Gliricídia				
	Período seco		Período chuvoso	
	Altura média	Altura comprimida	Altura média	Altura comprimida
Altura média	-	0,80 **	-	0,92 **
Altura comprimida	0,80 **	-	0,92 **	-
IAF AccuPAR LP-80	0,35 **	0,28 **	0,25 **	0,27 **
IAF CI-120	0,22 **	0,21 **	0,11 ns	0,14 ns
IAF LAI-2000	0,31 **	0,28 **	0,22 **	0,21 **

IL AccuPAR LP-80	0,22 **	0,25 **	0,22 **	0,23 **
IL CI-120	0,29 **	0,30 **	0,07 ns	0,09 ns
IL LAI-2000	0,23 **	0,22 **	0,24 **	0,23 **
AFM CI-120	0,01 ns	0,03 ns	0,16 **	0,17 **
AFM LAI-2000	0,01 ns	0,02 ns	0,04 ns	0,03 ns
K CI-120	0,24 **	0,23 **	0,01 ns	0,01 ns
Braquiária + Sabiá				
	Período seco		Período chuvoso	
	Altura média	Altura comprimida	Altura média	Altura comprimida
Altura média	-	0,80 **	-	0,92 **
Altura comprimida	0,80 **	-	0,92 **	-
IAF AccuPAR LP-80	0,35 **	0,28 **	0,25 **	0,27 **
IAF CI-120	0,22 **	0,21 **	0,11 ns	0,14 ns
IAF LAI-2000	0,31 **	0,28 **	0,22 **	0,21 **
IL AccuPAR LP-80	0,22 **	0,25 **	0,22 **	0,23 **
IL CI-120	0,29 **	0,30 **	0,07 ns	0,09 ns
IL LAI-2000	0,23 **	0,22 **	0,24 **	0,23 **
AFM CI-120	0,01 ns	0,03 ns	0,16 **	0,17 **
AFM LAI-2000	0,01 ns	0,02 ns	0,04 ns	0,03 ns
K CI-120	0,24 **	0,23 **	0,01 ns	0,01 ns

** Significativo ($P \leq 0,01$); * Significativo ($P \leq 0,05$); ns não significativo ($P > 0,05$).

Médias de 12 ciclos, onde período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Quanto ao equipamento CI-120, aquelas correlações foram caracterizadas como não existentes ou não significativas ($P > 0,05$). Coêlho et al. (2014) verificaram poucas correlações significativas entre altura do dossel com IAF e IL, quando estimados com CI-120 em gramíneas tropicais com diferentes hábitos de crescimento.

Correlações não existentes ou não significativas ($P > 0,05$) entre alturas média e comprimida do dossel da gramínea Braquiária com as demais variáveis, a partir do uso de qualquer um dos equipamentos analisadores de dossel, no período chuvoso, podem estar associadas à instabilidade da estrutura do pasto de Braquiária que se modifica ao longo do tempo, até quando o pasto é submetido ao mesmo tipo de manejo, como lotação contínua com taxa de lotação variável para manter altura média de 25 cm (Santos et al., 2010).

Foram verificadas baixas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas média e comprimida do dossel de Braquiária em consórcio com Gliricídia, com IAF e IL, estimados através de equipamentos AccuPAR LP-80 e LAI-2000, nos períodos seco e chuvoso. Já com uso de CI-120 este tipo de correlação ocorreu apenas no período seco, pois no chuvoso foram não existentes ou não significativas ($P > 0,05$).

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf...

Moderadas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas média e comprimida do dossel da gramínea em consórcio com Sabiá, com IAF e IL, a partir de uso de AccuPAR LP-80, nos períodos seco e chuvoso. Enquanto que com uso de CI-120 e LAI-2000 estas correlações tiveram mesmas características apenas no período seco.

Correlações existentes entre alturas do dossel da Braquiária com IAF e IL, em pastagens da gramínea em monocultivo e em SSPs, com magnitude de correlação variando de fraca a moderada podem estar ligadas ao fato de que métodos indiretos também mensuram outras estruturas do dossel, tais como caules e materiais senescentes e não apenas folhas fotossinteticamente ativas (Bréda, 2003). A maior parte destas correlações foram obtidas com uso dos equipamentos AccuPAR LP-80 e LAI-2000. Possivelmente, isto aconteceu devido ao modo diferenciado de utilização do CI-120, em relação aos outros equipamentos mencionados.

Resultados demonstraram altas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas do dossel de Braquiária em todos os tratamentos experimentais, em ambos períodos de avaliação. Desta forma, sugeriu-se o uso de disco de alumínio ascendente, o qual permite integração de medidas de altura e densidade da forragem de uma pastagem (Mannetje't, 2000), além da maior praticidade de leitura no campo.

Correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre alturas média e comprimida do dossel, com ângulo foliar médio somente no tratamento Braquiária + Sabiá, variando de $r=0,21$ a $r=0,52$, sugere que as gramíneas, neste tratamento, apresentaram essa modificação morfológica mais proeminente, decorrente de uma competição mais intensa com esta leguminosa para, possivelmente, compensar a reduzida área fotossinteticamente ativa com maior interceptação de luz por unidade de área de folha (Kidd, 1966; Hyder, 1972; Matches, 1992).

Houve correlações positivas, significativas ($P \leq 0,01$) e com magnitude moderada entre massa de forragem da Braquiária com IAF, estimado através de equipamentos AccuPAR LP-80 e LAI-2000, e com IL, mensurado a partir de LAI-2000 e correlações não existentes ou não significativas ($P > 0,05$) entre estas mesmas variáveis, com uso de CI-120, na estação seca (Tabela 2). Já no período chuvoso, estas correlações foram não significativas ($P > 0,05$). Isto possivelmente estar associado à instabilidade da estrutura do pasto de Braquiária.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre massa de forragem (kg de MS ha⁻¹) de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, com altura média (cm) e comprimida do dossel, densidade de forragem (kg de MS ha⁻¹ cm⁻¹), índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL, %), ângulo foliar médio (AFM) e coeficiente de extinção luminosa (K), estimados através de métodos indiretos, conforme o período do ano, Itambé-PE.

Pastagens		
Braquiária em monocultivo		
	Período seco	Período chuvoso
	Massa de forragem	Massa de forragem
Altura média	0,31 **	0,40 **
Altura comprimida	0,21 **	0,25 **
Densidade de forragem	0,21 **	0,80 **
IAF AccuPAR LP-80	0,51 **	-0,16 ns
IAF CI-120	-0,02 ns	-0,06 ns
IAF LAI-2000	0,60 **	0,17 ns
IL AccuPAR LP-80	0,05 ns	-0,20 ns
IL CI-120	-0,02 ns	-0,12 ns
IL LAI-2000	0,54 **	0,20 ns
AFM CI-120	0,02 ns	0,08 ns
AFM LAI-2000	-0,37 **	0,03 ns
K CI-120	0,04 ns	0,13 ns
Braquiária + Gliricídia		
	Período seco	Período chuvoso
	Massa de forragem	Massa de forragem
Altura média	0,45 **	0,65 **
Altura comprimida	0,47 **	0,69 **
Densidade de forragem	0,32 **	0,84 **
IAF AccuPAR LP-80	0,38 **	0,33 **
IAF CI-120	0,55 **	0,31 **
IAF LAI-2000	0,52 **	0,21 **
IL AccuPAR LP-80	0,21 **	0,21 **
IL CI-120	0,61 **	0,21 **
IL LAI-2000	0,44 **	0,25 **
AFM CI-120	-0,13 ns	0,17 ns
AFM LAI-2000	-0,27 **	-0,21 *
K CI-120	-0,57 **	-0,05 ns
Braquiária + Sabiá		
	Período seco	Período chuvoso
	Massa de forragem	Massa de forragem

Altura média	0,85 **	0,91 **
Altura comprimida	0,80 **	0,81 **
Densidade de forragem	0,83 **	0,84 **
IAF AccuPAR LP-80	0,60 **	0,36 **
IAF CI-120	0,44 **	0,23 *
IAF LAI-2000	0,69 **	0,44 **
IL AccuPAR LP-80	0,55 **	0,67 **
IL CI-120	0,50 **	0,21 *
IL LAI-2000	0,74 **	0,46 **
AFM CI-120	0,72 **	0,60 **
AFM LAI-2000	0,52 **	0,37 **
K CI-120	0,64 **	0,44 **

** Significativo ($P \leq 0,01$); * Significativo ($P \leq 0,05$); ns não significativo ($P > 0,05$).

Médias de 12 ciclos, onde período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Foram verificadas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre massa de forragem de Braquiária, no tratamento gramínea + Gliricídia, com IAF e IL, sendo fracas através de AccuPAR LP-80 e moderadas quando estimados a partir de CI-120 e LAI-2000, na estação seca.

Já no período chuvoso, correlações entre massa de forragem com IAF e IL, obtidos a partir da utilização dos três equipamentos, caracterizam-se como positivas, significativas ($P \leq 0,01$) e fracas.

Houve correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre massa de forragem de Braquiária, quando em consórcio com Sabiá, com IAF e IL, sendo moderadas através de equipamentos AccuPAR LP-80 e CI-120, e fortes com uso de LAI-2000, na estação seca.

Massa de forragem se correlacionou de maneira positiva, significativa ($P \leq 0,01$) e fraca, com IAF, mensurado a partir de AccuPAR LP-80 e CI-120, já com LAI-2000, moderada, no período chuvoso.

Foram verificadas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre massa de forragem da Braquiária em sistema de monocultivo e em SSPs, com altura média e comprimida do dossel da gramínea, sendo as maiores magnitudes, principalmente, no período chuvoso. Aumento em altura é fortemente influenciado pelo alongamento de colmos, que por sua vez afeta positivamente o acúmulo de forragem (Sbrissia e da Silva, 2001; Santos et al., 2003; Cândido et al., 2005; Rodrigues et al., 2008), contribuindo para maior massa de forragem.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

Alongamento de colmos se torna maior quanto maior o período de descanso do pasto, pois a competição intra-específica por luz aumenta, levando a planta a alongar os colmos. Isto, normalmente, ocorre próximo do IAF crítico, com as plantas aumentando a taxa de alongamento de colmos em resposta ao auto-sombreamento das folhas e pela diminuição da quantidade de luz que chega na base do dossel (Sbrissia e da Silva, 2001; Nabinger, 2002; Cândido et al., 2005).

Santos et al. (2010) verificaram que áreas do piquete com gramíneas *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (Stapf.) de maior altura apresentaram maior massa de forragem total ($P < 0,05$). Isto era esperado, já que a altura do pasto pode ser utilizada como medida indireta da massa de forragem em pastos de gramíneas tropicais e a relação entre estas variáveis é, normalmente, linear e positiva (Pedreira, 2002).

Molan (2004) também verificou massas de forragem crescentes com a altura do pasto de Capim-marandu manejado sob lotação contínua com bovinos. O aumento da massa de forragem total com a altura do pasto decorre da elevação, concomitante, das massas de todos os componentes morfológicos da forrageira que constituem a forragem total.

Também houve correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre massa de forragem de Braquiária em monocultivo e em SSPs, com densidade de forragem, em que magnitude de correlação variou de fraca a muito forte e ocorrendo as mais fortes, de maneira geral, no período chuvoso do ano.

Fagundes et al. (2011) verificaram que massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmos (MSC) e do material verde seco (MVS) do capim-tifton 85 foram influenciadas significativamente ($P < 0,05$) pela época de avaliação. Esse efeito diferencial da massa de forragem em relação à época de avaliação pode ser atribuído aos fatores climáticos que atuam na fenologia das plantas alterando o número de folhas vivas por perfilho, alongamento foliar, comprimento final da folha, relação folha:colmo e densidade populacional de perfilhos (Fagundes et al., 2006a; 2006b).

Assim como ocorrido com alturas média e comprimida do dossel em relação ao ângulo médio foliar de Braquiária, correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre massa de forragem, com ângulo foliar médio apenas foi verificado no tratamento da gramínea + Sabiá.

Resultados apontam altas correlações positivas e significativas ($P \leq 0,01$) entre IAF e IL em dossel de Braquiária em monocultivo e em SSPs, a partir de métodos indiretos (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL, %), estimados através de métodos indiretos, em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em monocultivo e em sistemas silvipastoris, Itambé-PE.

Variáveis	Coeficiente de correlação
IAF AccuPAR LP-80 / IL AccuPAR LP-80	0,83**
IAF CI-120 / IL CI-121	0,78**
IAF LAI-2000 / IL LAI-2000	0,88**
IAF AccuPAR LP-80 / IAF CI-120	0,31**
IAF AccuPAR LP-80 / IAF LAI-2000	0,51**
IAF CI-120 / IAF LAI-2000	0,21**
IL AccuPAR LP-80 / IL CI-120	0,40**
IL AccuPAR LP-80 / IL LAI-2000	0,57**
IL CI-120 / IL LAI-2000	0,39**

** Significativo ($P \leq 0,01$); * Significativo ($P \leq 0,05$); ns não significativo ($P > 0,05$).

Médias de 12 ciclos, onde período seco = Setembro/2014 a Fevereiro/2015 e período chuvoso = Março a Agosto/2015.

Mello e Pedreira (2004) verificaram, a partir da utilização de LAI-2000 em pastagem de capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1), que aumentos do IAF estiveram correlacionados aos aumentos de IL. Isto indica que, ao passo que se eleva a quantidade de folhas nas pastagens, o dossel intercepta maior quantidade de luz, o que está em conformidade com a literatura, que denota crescimentos da IL, em função do aumento do IAF médio (Brown e Blaser, 1968; Hay e Walker, 1989).

Entre equipamentos, correlações entre IAF e IL foram positivas e significativas ($P \leq 0,01$), sendo moderadas quanto AccuPAR LP-80 e LAI-2000 e fracas para CI-120 em relação aos outros equipamentos. Monte et al. (2007) usaram fotografias digitais comuns nas estimativas de índice de cobertura vegetal, correlacionando os IAF estimados com o uso do LAI-2000 e encontraram correlações significativas entre as duas estimativas.

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

Em alguns estudos (Wilhelm et al., 2000; He et al., 2007; Garrigues et al., 2008) foram comparadas as diferenças entre as estimativas indiretas de IAF obtidas através do uso de diferentes equipamentos e, de maneira geral, foram verificadas diferenças nos valores gerados. Os resultados podem estar associados à maneira como cada um dos equipamentos é operado, visto que com utilização do AccuPAR LP-80 e LAI-2000 as medições foram feitas através de uma leitura de referência sobre o dossel forrageiro da Braquiária e uma ou mais leituras abaixo do dossel (no nível da superfície do solo), enquanto que com uso do equipamento CI-120 há captura de imagem hemisférica sob o dossel forrageiro desta gramínea.

Conclusões

As estimativas de IAF e IL sofrem influência do equipamento utilizado.

Recomenda-se, a utilização do disco de alumínio ascendente para estimativas de altura comprimida em pastagens de Braquiária.

Tanto em monocultivo, como em SSPs, a IL da Braquiária aumenta, à medida que aumenta-se o IAF.

Buscando-se adotar o critério de colheita da forragem quando o dossel atingir 95% de IL, não recomenda-se estimativas de IL indiretamente por medidas de altura média, altura comprimida e massa de forragem em pastagens de Braquiária.

Referências bibliográficas

BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; Da SILVA, S. C.; ZIMMER, A. H.; TORRES JUNIOR, R. A. A. Características estruturais e produção de forragem do capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 329-340, 2007.

BRÉDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003.

BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v. 38, p. 1-9, 1968.

CÂNDIDO, M. J. D.; GOMIDE, C. A. M.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, W. E. Morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 406-415, 2005.

COÊLHO, J. J.; JÚNIOR, J. C. B. D.; SANTOS, E. R. S.; NETO, J. M. C. L.; CUNHA, M. V.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A. Canopy height and its relationship with leaf index and light interception in tropical grasses. **Tropical Grasslands- Forrajes Tropicales**, v. 2, n. 1, p. 31-32, 2014.

DA SILVA, S. C.; CARVALHO, P. C. F. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: D. A. McGilloway. (Org.). **Grassland: a global resource**. 1 ed. Wageningen - The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005, p. 81-95.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, Suplemento especial, p. 121-138, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola. In: ROGRIGUES, K. F.; FERREIRA, W. M.; MACEDO JR., G. de L. (Org.). Zootec 2010 – XX Congresso Brasileiro de Zootecnia – Anais das Palestras. Palmas, **Anais...Palmas**: Editora, 2010. p. 131-145.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

FAGUNDES, J. L.; da SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar,

Coelho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

interceptação luminosa e acúmulo de forragens em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.

FAGUNDES, J. L.; MOREIRA, A. L.; FREITAS, A. W. P.; ZONTA, A.; HENRICH, R.; ROCHA, F. C.; BACKES, A. A.; VIEIRA, J. S. Capacidade de suporte de pastagens de capim-tifton 85 adubado com nitrogênio manejadas em lotação contínua com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2651-2657, 2011.

FAGUNDES, L. J.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C. et al. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006a.

FAGUNDES, L. J.; FONSECA, D. M.; MORAIS, R. V. et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 30-37, 2006b.

FRANZBLAU, A. 1958. **A primer of statistics for non-statisticians**. Harcourt, Brace & World, New York, USA.

GARRIGUES, S.; SHABANOV, N. V.; SWANSON, K.; MORISETTE, J. T.; BARET, F.; MYNEMI, R. B. Intercomparison and sensitivity analysis of Leaf Area Index retrievals from LAI-2000, AccuPAR, and digital hemispherical photography over croplands. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 1193-1209, 2008.

HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. Interception of solar radiation by the crop canopy. In: HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. (Eds.) **An introduction to the physiology of crop yield**. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. p. 8-30.

HE, Y.; GUO, X.; WILMSHURST, J. F. Comparison of different methods for measuring leaf area index in a mixed grassland. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 87, p. 803-813, 2007.

HYDER, D. N. Defoliation in relation to vegetative growth. In: YOUNGNER, V. B.; McKELL, C. M. (Eds.) **The biology and utilization of grasses**. New York: Academic Press, 1972. p. 304-317.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Boletim Técnico 26 Série Pedologia, 14: Recife, SUDENE, 1973, 359 p.

KIDD, D. D. The effect of intensive sheep stocking over a five-year period on the development and production of the sward. I. Sward structure and botanical composition. **Journal of the British Grassland Society**, v. 21, p. 284-288, 1966.

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

LI-COR (1992) LAI-2000 Plant canopy analyser: instruction manual. Ed I LI-COR, Lincoln, Nebraska.

MADAKADZE, I. C.; STEWART K.; PETERSON P. R.; COULMAN, B. E.; SAMSON R.; SMITH D. L. Light interception, use-efficiency and energy yield of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) grown in a short season area. **Biomass & Bioenergy**, v. 15, p. 475–482, 1998.

MATCHES, A. G. Plant response to grazing: a review. **Journal of Production Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 1992.

MELLO, A. C. L.; PEDREIRA, C. G. S. Respostas morfológicas do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 282-289, 2004.

MOLAN, L. K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G. L.; STOCKS, J. J. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 769-775, 2007.

NABINGER, C. Manejo da desfolha. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM: Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 19., 2002, Piracicaba: **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002. p. 133-158.

PEDREIRA, C. G. S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASIEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p. 100-150.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; CERQUEIRA LUZ, P. H.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; SILVA, G. P.; PIMENTEL, R. M.; CARVALHO, V. V.; SILVA, S. P. Estrutura do pasto de capim-braquiária com variação de alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 10, p. 2125-2131, 2010.

Coêlho, D. L. Características estruturais e produtivas de *Brachiaria decumbens* Stapf....

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Morphogenetic characteristics and management of Tanzania Grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 991-997, 2003.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

SOUZA JR., E. L.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR.; J. C. B. et al. Estabelecimento de pastagem de capim braquiária na Zona da Mata e Agreste de Pernambuco. **Pasturas Tropicales**, v. 27, n. 2, p. 45-50, 2005.

WILHELM, W. W., K. RUWE, AND M. R. SCHLEMMER. Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy. **Crop Sciences**, v. 40, n. 4, p. 1179–1183, 2000.