

PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE ESPÉCIES DE COBERTURA EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO¹

Antonio Joaquim Braga Pereira Braz²,
Huberto José Kliemann³, Pedro Marques da Silveira⁴

ABSTRACT

PHYTOMASS YIELD OF TROPICAL COVERING SPECIES ON A CERRADO DYSTROPHIC OXISOL

Phytomass yield and leaf area index of tropical cover crops under no-tillage system were evaluated. The experiment was carried out on a dystrophic Oxisol, at Santo Antônio de Goiás, Brazil (16°28'S; 49°17'W; altitude 830 m). The following crops were used: *Brachiaria*, *Brachiaria*/corn association, pigeon pea, millet, guineagrass, sorghum, and *Stylosanthes*. For growth analysis, shoots of the cover species were weekly sampled for leaf area index and total dry mass determination. In a decreasing rank grasses with the highest estimated values of dry matter yield were: single *Brachiaria* > sorghum > corn > guineagrass > millet > *Brachiaria*/corn association; and for leguminous: pigeon pea > *Stylosanthes*. In a decreasing rank the leaf area indexes for grasses were: single *Brachiaria* > guineagrass > millet > sorghum > corn > *Brachiaria*/corn association; and for leguminous: *Stylosanthes* > pigeon pea.

KEY WORDS: growth analysis, tropical grasses, leguminous, cerrado.

RESUMO

Avaliou-se a produção de fitomassa total (MST) e o índice de área foliar (IAF) de culturas de cobertura em sistema plantio direto. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho distroférico, no município de Santo Antônio de Goiás (16°28'S de latitude, 49°17'W de longitude e altitude de 823 m). Usaram-se as seguintes culturas: braquiária, braquiária consorciada com milho, guandu, milheto, mombaça, sorgo e estilosantes. Para fins de análise de crescimento, coletaram-se semanalmente as partes aéreas das plantas e determinaram-se a área foliar e a fitomassa total. Os valores estimados de MST das gramíneas foram: braquiária solteira > sorgo > milho > capim mombaça > milheto > milho em consórcio com braquiária; e das leguminosas: guandu > estilosantes. Os valores estimados de IAF das gramíneas seguem a ordem decrescente: braquiária solteira > capim mombaça > milheto ≅ sorgo > milho > milho em consórcio com braquiária; e das leguminosas: estilosantes > guandu.

PALAVRAS-CHAVE: análise de crescimento, gramíneas tropicais, leguminosas, cerrados.

INTRODUÇÃO

Entre as tecnologias adotadas na exploração agropecuária destaca-se o Sistema Plantio Direto (SPD), atualmente implantado em mais de 15 milhões de hectares, dos quais seis milhões se situam na região dos cerrados. Há previsão de crescimento de 30% ao ano, contribuindo para a sustentabilidade de 65% da área cultivada com soja, milho, feijão, sorgo, e outras culturas. O sucesso do sistema está no fato de as palhadas acumuladas pelas culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais

propiciarem ambientes favoráveis à recuperação e à manutenção da qualidade do solo (Kluthcouski & Stone 2003, Menezes 2002). Grande parte das áreas dos cerrados, cerca de 50 milhões de hectares, é ocupada com pastagens cultivadas, destacando-se as gramíneas do gênero *Brachiaria*. Atualmente, observa-se a expansão da área cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, de origem africana, perene, de hábito de crescimento cespitoso, ampla adaptação climática, tolerância ao sombreamento, grande produtora de massa verde e, ainda, de bom valor nutritivo (Sano *et al.* 1999).

1. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Goiás.

Trabalho recebido em ago./2004 e aceito para publicação em abr./2005 (registro nº 603).

2. Fundação de Ensino Superior de Rio Verde, C. P. 104, CEP 75900-000, Rio Verde - GO. E-mail: antoniobraz@dgmnet.com.br

3. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, C. Postal 131, CEP74001-970, Goiânia, GO.

4. Embrapa Arroz e Feijão, C. Postal 179, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

A análise de crescimento é fundamental para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve as mudanças na produtividade vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (Urchei *et al.* 2000). As plantas, em sua maioria, seguem modelos de crescimento sigmóide (Loomis & Amthor 1999), sendo que no início o crescimento é lento, aumentando gradativamente até atingir um platô, quando se estabiliza. Essa menor taxa de crescimento inicial é verificada porque o número de células que se dividem é pequeno, resultando em pequena área foliar, e, por conseguinte, em menor aproveitamento da radiação solar. O crescimento de plantas em comunidades vegetais pode ser avaliado por alguns atributos, dentre os quais se destacam a produção de massa seca e o índice de área foliar. O acúmulo de massa seca é uma medida de capacidade do aparelho fotossintético e o índice de área foliar define o tamanho desse aparelho (Feitosa *et al.* 1993). Segundo Benincasa (1988), a análise de crescimento fundamenta-se no fato de que cerca de 90% da matéria acumulada pelas plantas durante o seu ciclo de crescimento resulta da atividade fotossintética, e o restante da absorção de nutrientes minerais do solo.

O capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) também é de origem africana, perene, de crescimento cespitoso, com altura média de 1,65 m. Possui de 12% a 16% de proteína na massa seca e é utilizado para pastoreio e silagem (Savidan *et al.* 1990). Apresenta outras características como alta exigência em nutrientes e estacionalidade de produção (Jank *et al.* 1994).

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.R. Br.) é uma planta anual, originário das savanas africanas, de crescimento cespitoso e ereto, com ciclo de cerca 130 dias. Contém de 7% a 12% de proteína na massa seca e pode ser usado para pastoreio, feno, produção de grãos e silagem, sendo muito resistente à seca. Por isso, é uma boa opção para o cultivo em safrinha, na região dos cerrados. Tem-se expandido de forma acelerada devido à sua rusticidade, ao crescimento rápido, à adaptação a solos de baixa fertilidade e à excelente capacidade de produção de biomassa (Salton & Kichel 1998).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é originário da África e parte da Ásia. Tem grande potencial agrônomo, com alta resistência ao estresse hídrico, podendo ser usado em regiões de clima tropical e semi-árido. É aproveitado como grão e forragem e, no sistema de plantio direto, fornece ótima palhada para cobertura do solo (Teixeira Neto 2002).

O guandu anão (*Cajanus cajan* L.) é uma leguminosa que tem seu centro de origem e diversidade genética na Índia (Godoi *et al.* 1997), sendo mais comum nas regiões tropicais e subtropicais. Apresenta porte arbustivo, que pode atingir até quatro metros de altura. Segundo Alvarenga *et al.* (1995), o guandu possui capacidade de enraizamento a maiores profundidades, o que mostra seu maior potencial na absorção de água, bem como a possibilidade de reciclagem de nutrientes a partir das camadas mais profundas do solo.

A espécie estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão) é uma leguminosa perene, semi-ereta, que pode atingir a altura de até 2,5 m. Adapta-se bem às condições climáticas dos cerrados, com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco, a solos ácidos e de baixa fertilidade, embora responda à adubação. Apresenta ainda as seguintes características: grande produção de massa seca, alta retenção de folhas no período seco, resistência a pastejo e pisoteio, capacidade de consorciação, resistência às pragas e doenças, boa aceitação pelos animais e nodulação eficiente com estirpes de *Rhizobium* (Embrapa, 1993).

O crescimento da braquiária (*B. brizantha* cv. Marandu) foi avaliado por Portes *et al.* (2000), no processo de recuperação de pastagem estabelecida em solo degradado, em cultivo solteiro e consorciado. A fitomassa total da parte aérea da braquiária foi de cerca de 20 t ha⁻¹, até os 117 dias de idade, estabilizando-se a partir desse valor. A produção de fitomassa seca de guandu foi avaliada por Magalhães *et al.* (2003), tendo atingido nível semelhante aos 115 dias após a semeadura. Cecato *et al.* (2000) avaliaram o rendimento do capim mombaça, em duas alturas de corte (20 cm e 40 cm), obtendo as seguintes produções de fitomassa total, nas respectivas alturas: 21,1 t ha⁻¹ e 19,9 t ha⁻¹, no período chuvoso, e 5,8 t ha⁻¹ e 4,7 t ha⁻¹, no período seco.

Em trabalho realizado por Carvalho (1979), a produção de massa seca do sorgo foi de aproximadamente 12,0 t ha⁻¹, aos 99 dias após a emergência. Rosa (2002) verificou o efeito da competição interespecífica no crescimento e na produtividade de gramíneas e leguminosas forrageiras, nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado. A espécie estilosantes obteve uma produção de massa seca no sistema solteiro de 12,2 t ha⁻¹, aos 159 dias após a emergência (DAE). O índice de área foliar encontrado foi de 3,9 m² m⁻², aos 159 dias, e a taxa de crescimento máximo da cultura foi de 1,7 kg ha⁻¹ dia⁻¹, aos 125 dias.

O trabalho teve como objetivo avaliar as produções de fitomassa, os índices de área foliar e as respectivas análises temporais das taxas instantâneas de crescimento e dos aumentos dos índices de área foliar de braquiária, milho, capim mombaça, milheto, sorgo granífero, guandu e estilosantes. Essas espécies, como se sabe, são usadas como culturas de cobertura no sistema de plantio direto na palha, na região dos cerrados brasileiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em área sob sistema de plantio direto, por cinco anos consecutivos, na Fazenda Capivara, Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO (16°28'00"S de latitude e 49°17'00"W de longitude, e altitude de 823 m). Pela classificação de Köppen o clima é Aw, tropical de savana, megatérmico, com temperatura média anual do ar de 22,5°C. O mês de junho apresenta a menor média de temperatura mínima do ar (14,0°C), enquanto a maior média da temperatura do ar, no mês de setembro, é de 31,3°C. A precipitação média anual é de 1.460 mm, e a umidade do ar média anual é de 71%, com o menor índice no mês de agosto.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico. A análise química do solo, anterior à instalação do experimento, apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 5,7; Ca = 20,5 (mmol_c dm⁻³); Mg = 7,4 (mmol_c dm⁻³); P = 21,5 (mg dm⁻³); K = 101 (mg dm⁻³); Cu = 2,2 (mg dm⁻³); Zn = 8,1 (mg dm⁻³); Fe = 62 (mg dm⁻³); Mn = 14 (mg dm⁻³); matéria orgânica = 19 (g dm⁻³). A granulometria do solo apresentou os seguintes valores: areia = 490 (g kg⁻¹); silte = 270 (g kg⁻¹) e argila = 240 (g kg⁻¹).

O experimento de análise de crescimento das espécies usadas como cobertura do solo foi conduzido de dezembro de 2001 a abril de 2002, em área irrigada por aspersão, onde a cultura anterior foi a cevada. No início de dezembro de 2001, antecedendo a implantação das culturas de cobertura, fez-se a dessecação da área, com o emprego de glifosato, na dose de 0,72 kg i.a. ha⁻¹, dez dias antes do plantio.

As culturas de cobertura foram: braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu); milho (*Zea mays* L.) – híbrido HT BRS 3150, em consórcio com braquiária; guandu anão (*Cajanus cajan* L Millisp); milheto (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.) – cv BN-2; capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça); sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) – cv BR 304; e estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão). A semeadura foi

executada manualmente: guandu, milho e estilosantes, no dia 05/12/2001; braquiária e milheto, no dia 20/12/2001; capim mombaça, no dia 09/01/2002; e sorgo, no dia 23/01/2002. As várias datas de semeadura ocorreram por causa de problemas de germinação, principalmente do sorgo e do capim mombaça. O consumo de sementes foi o seguinte: braquiária, 20 kg ha⁻¹; milho, 20 kg ha⁻¹; guandu, 25 kg ha⁻¹; milheto, 40 kg ha⁻¹; capim mombaça, 20 kg ha⁻¹; sorgo, 10 kg ha⁻¹; e estilosantes, 1,4 kg ha⁻¹.

As coletas de dados para análise de crescimento foram feitas semanalmente, tendo início aos 15 dias após a emergência (DAE) no milheto, 17 no sorgo, 28 no milho, 29 no capim mombaça, 34 na braquiária solteira, e em consórcio com o milho, 36 no guandu, e 54 no estilosantes. A última coleta foi realizada em 12/04/2002, com exceção no milho e no milheto, em que foi feita em 19/03/2002.

As plantas para análise de crescimento foram colhidas aleatoriamente nas parcelas. O número de plantas por parcela variou de acordo com o estágio de crescimento de cada espécie. No laboratório, descartaram-se as raízes das plantas e separaram-se as folhas verdes dos colmos. Mediu-se a área foliar utilizando-se um integrador eletrônico de área. As folhas verdes e os colmos foram acondicionados em sacos de papel e, separadamente, levados para secar em estufa com ventilação forçada a 65°C por 72 horas, até peso constante. Após esse período, as folhas e os colmos foram pesados para a determinação da fitomassa total.

Usou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas de 6,0 m x 20,0 m, com espaçamentos de 0,4 m para braquiária, milheto, mombaça e estilosantes, e de 0,8 m para milho, guandu e sorgo. A adubação de semeadura foi feita mecanicamente colocando-se 400 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15.

O índice de área foliar (IAF), a massa seca das folhas, dos colmos e a fitomassa total (MST) de folhas e colmos foram calculados de acordo com as expressões:

i) Braquiária e mombaça:

$$IAF = [NP \text{ m}^{-2} AF] \times [E \times PA^{-1} \times 10.000]^{-1},$$

$$MST = (NP \text{ m}^{-1} \times MSA) \times (E \times PA^{-1})^{-1},$$

ii) Guandu, estilosantes, milho, sorgo e milheto:

$$IAF = (DP \times AF \times 10^{-4}) \times (NPA)^{-1},$$

$$MST = (DP \times MSA) \times (NPA)^{-1},$$

em que: NP m⁻² = (NP m⁻¹) × [E (m)]⁻¹; NP é o número de perfilhos m⁻¹; E, o espaçamento (m); PA, o número de plantas por amostra; DP, a densidade de plantas m⁻²; MSA, a massa seca da

amostra (g); e NPA, o número de plantas por amostra.

Na análise temporal dos dados de fitomassa total, obtidos em campo, foram ajustados pelo modelo sigmoidal de três parâmetros:

$$Y_{MST} = \frac{A}{1 + e^{-\left(\frac{t-t_0}{b}\right)}} \quad (1)$$

em que: Y_{MST} e A são, respectivamente, as produções de fitomassa total determinada e máxima teórica (g m^{-2}); b , a inclinação da curva; t_0 , o tempo no qual ocorre a inflexão da taxa instantânea de crescimento da cultura (TCC); e t , o tempo decorrido de crescimento (dias após a emergência das plantas de cobertura).

A estimativa de TCC, em $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, foi obtida por meio da derivada primeira da equação (1):

$$\frac{\partial Y_{MST}}{\partial t} = \frac{\left[A \left[-\frac{1}{b} \cdot e^{-\left(\frac{t-t_0}{b}\right)} \right] \right]}{\left[1 + e^{-\left(\frac{t-t_0}{b}\right)} \right]^2} \quad (2)$$

Na análise temporal do índice de área foliar usou-se o modelo exponencial quadrático:

$$Y_{IAF} = y_0 \cdot e^{(at-bt^2)} \quad (3)$$

em que: Y_{IAF} é o índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$); y_0 , o valor inicial de Y_{IAF} ; a e b , os coeficientes de regressão; e t , o tempo decorrido (dias após a emergência).

A taxa instantânea de crescimento do IAF (TICAF), dados em $\text{m}^2 \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, foi estimada por meio da derivada primeira da equação (3):

$$\frac{\partial Y_{IAF}}{\partial t} = y_0 \cdot \left\{ [a - 2bt] e^{[at-bt^2]} \right\} \quad (4)$$

Os modelos matemáticos foram processados pelo algoritmo de Marquadt (1963), com auxílio do software científico SigmaPlot 2000 (Jandel Scientific 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de fitomassa total (MST) e a taxa instantânea de crescimento da cultura (TCC) da braquiária, com as respectivas equações são ilustradas na Figura 1a. Estimou-se a produção máxima de fitomassa total em 4.167 g m^{-2} ($41,67 \text{ t ha}^{-1}$), que foi atingida somente aos 240 dias após a emergência (DAE), tempo superior aos 107 dias de coleta de dados do estudo. Este fato exige cuidados na interpretação dos valores estimados, uma vez que as coletas de fitomassa não foram feitas até o final do ciclo da cultura.

Neste estudo, a produção de massa seca da braquiária foi de $23,6 \text{ t ha}^{-1}$, aos 107 DAE, semelhante à encontrada por Ferreira (2001), que foi de 23 t ha^{-1} , aos 150 DAE. Portes *et al.* (2000) obtiveram, para a *B. brizantha* cv. Marandu em cultivo solteiro, a produção de massa seca de $19,6 \text{ t ha}^{-1}$, aos 117 dias, a qual se estabilizou a partir desse valor. Rosa (2002), ao contrário, encontrou um valor bem superior, obtendo uma produção máxima de $32,2 \text{ t ha}^{-1}$, aos 125 dias. A taxa instantânea máxima de crescimento da cultura (TCC) da braquiária, obtida neste ensaio, foi de $558 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, aos 102 dias, que é similar à encontrada por Rosa (2002), de $530 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, aos

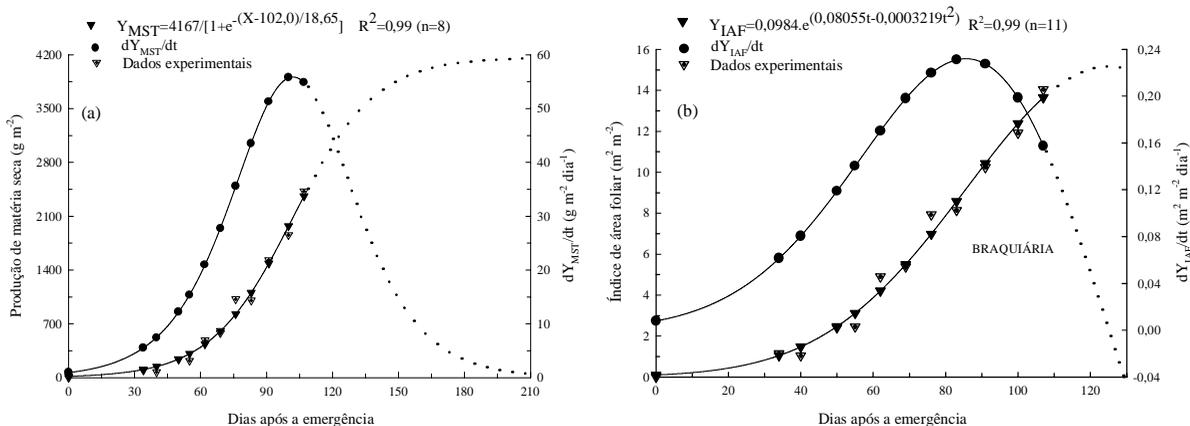


Figura 1. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura (dY_{MST}/dt) de braquiária solteira (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF (dY_{IAF}/dt) da braquiária solteira (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

84 dias. Portes *et al.* (2000), no entanto, estimaram uma TCC inferior, em 371,7 kg ha⁻¹ dia⁻¹, aos 97 dias.

Na braquiária solteira, a equação ajustada revela um valor máximo de IAF em 15,2 m² m⁻², aos 125 DAE (Figura 1b). Esse tempo, embora ligeiramente maior que os 107 dias da última coleta dos dados, não compromete a confiabilidade do valor estimado, pois a taxa instantânea máxima de crescimento de IAF (TICAF), de 0,23 m² m⁻² dia⁻¹, foi constatada aos 88 dias. O valor estimado de IAF, em 15,2 m² m⁻², é superior ao obtido por Portes *et al.* (2000), que encontraram um valor em torno de 8,0 m² m⁻², aos 117 dias.

A partir da equação ajustada para a produção de fitomassa total (MST), no milho, estimou-se um valor máximo em 1.965 g m⁻², aos 200 DAE (Figura 2a). Esse tempo é maior que o observado, referente aos 99 dias, data da última coleta. Entretanto, o coeficiente de determinação estimado (R² = 0,98) confere confiabilidade à estimativa da MST, nesta data, de 1.749 g m⁻² (17,49 t ha⁻¹). Teixeira Neto (2002) obteve a produção de 9,78 t ha⁻¹ de fitomassa seca, enquanto Machado *et al.* (1980) encontraram, em milho, as seguintes produções de fitomassa total: 18,43 t ha⁻¹, 15,55 t ha⁻¹ e 12,47 t ha⁻¹, para populações de 66 mil, 50 mil e 30 mil plantas por hectare, respectivamente.

A taxa instantânea máxima de crescimento do milho foi de 31,8 g m⁻² dia⁻¹, aos 66 DAE (Figura 2b). Esse valor supera aqueles encontrados por Machado *et al.* (1980), de 30 g m⁻² dia⁻¹ (50 mil plantas ha⁻¹) e de 24 g m⁻² dia⁻¹ (33 mil plantas ha⁻¹), obtidos por ocasião do florescimento. O IAF máximo do milho (Figura 2b) foi de 3,77 m² m⁻², obtido aos 60 dias, ao

passo que Machado *et al.* (1980), por ocasião do florescimento, encontraram os seguintes valores: 5,1 m² m⁻² (66 mil plantas ha⁻¹), 3,9 m² m⁻² (50 mil plantas ha⁻¹) e 2,8 m² m⁻² (33 mil plantas ha⁻¹). A taxa instantânea máxima de crescimento do IAF foi obtida aos 34 dias, com o valor de 0,09 m² m⁻² dia⁻¹.

A produção máxima de massa seca de braquiária consorciada com milho foi estimada em 519 g m⁻², aos 107 DAE (Figura 3a). Portes *et al.* (2000) obtiveram um valor de 2,54 t ha⁻¹, aos 82 dias. A taxa instantânea de crescimento de cultura (TCC), nesse caso, foi de 66 kg ha⁻¹ dia⁻¹, aos 61 dias, superior à encontrada por Portes *et al.* (2000), de 50 kg ha⁻¹ dia⁻¹, aos 70 dias. Pela equação ajustada estimou-se um índice de área foliar máximo de braquiária em consórcio com milho em 2,97 m² m⁻², aos 90 dias, que foi maior que o valor obtido por Portes *et al.* (2000), estimado em 1,50 m² m⁻², aos 82 dias. A taxa instantânea de crescimento do IAF, de 0,040 m² m⁻² dia⁻¹, ocorreu aos 47 dias (Figura 3b).

A braquiária consorciada com o milho, de acordo com Portes *et al.* (2000), antecipa o seu ciclo, como se constata pelos respectivos IAF máximos alcançados aos 82 DAE, diferentemente de quando solteira, em que se alcançou o IAF máximo, aos 117 dias. A gradual elevação no sombreamento, causada pelas plantas de milho, presumivelmente, leva a um ineficiente suprimento de fotoassimilados, forçando a braquiária a antecipar o seu ciclo. A taxa instantânea máxima de crescimento do IAF foi de 0,043 m² m⁻² dia⁻¹, aos 48 dias. Além disso, as plantas de braquiária consorciada apresentaram-se visualmente estioladas, com menor número de perfilhos, gerando, conseqüentemente, um menor

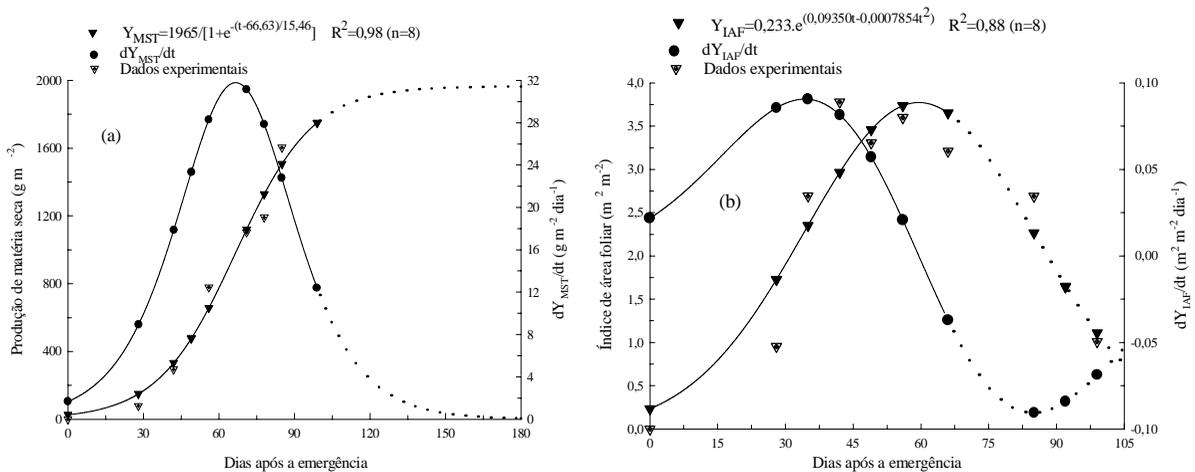


Figura 2. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura do milho (dY_{MST}) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF do milho (dY_{IAF}) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

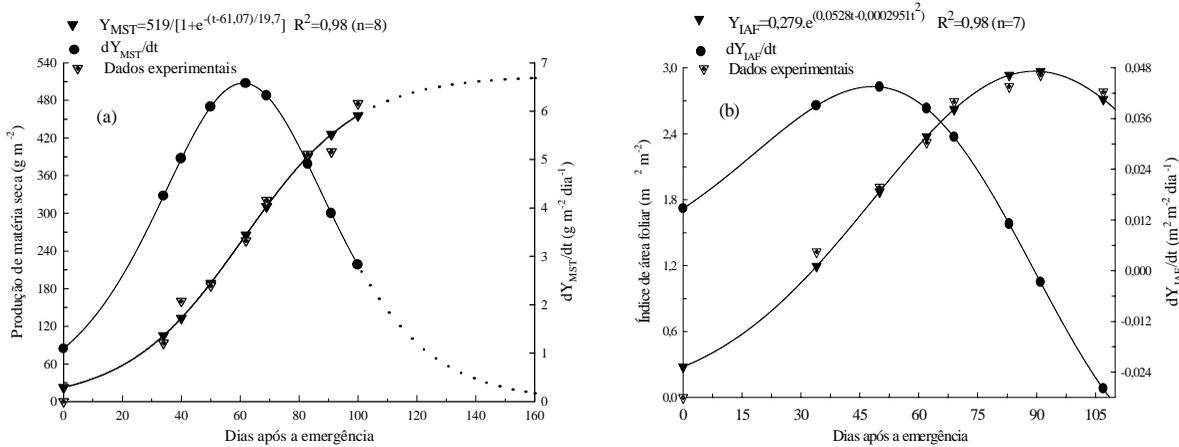


Figura 3. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura de braquiária em consórcio com o milho (dY_{MST}/dt) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF da braquiária em consórcio com o milho (dY_{IAF}/dt) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

valor para o IAF, como foi estimado pelo modelo empregado.

A produção de massa seca do guandu foi estimada em 15,7 t ha⁻¹, aos 123 DAE. Alvarenga *et al.* (1995) encontraram o valor de 17,9 t ha⁻¹, por ocasião do florescimento. A TCC máxima obtida ocorreu aos 94 dias, com 31,6 g m⁻² dia⁻¹ (Figura 4a). O IAF máximo de 3,95 m² m⁻² do guandu foi obtido aos 94 dias, e a instantânea máxima de crescimento do IAF foi de 0,10 m² m⁻² dia⁻¹, aos 70 dias (Figura 4b).

Estimou-se uma produção máxima de massa seca no milheto de 599 g m⁻² (5,99 t ha⁻¹), aos 120 DAE (Figura 5a). Esse tempo é superior aos 85 dias, em que a produção observada de fitomassa total

atingiu 584 g m⁻² (5,84 t ha⁻¹). Este valor está razoavelmente próximo ao máximo, uma vez que foi estimado por um modelo de crescimento assintótico, sendo próximo àqueles encontrados por outros autores. Salton & Kichel (1998) obtiveram a produção de 5,0 t ha⁻¹, aos 60 dias após a semeadura, enquanto Teixeira Neto (2002) obteve a produção de 4,0 t ha⁻¹, aos 90 dias após a emergência. A taxa instantânea máxima de crescimento da cultura (TCC) foi obtida aos 45 dias, com valor de 14,0 g m⁻² dia⁻¹. O valor de IAF máximo do milheto (Figura 5b) foi estimado em 4,99 m² m⁻², aos 71 dias, e a taxa instantânea máxima de crescimento do IAF foi de 0,17 m² m⁻² dia⁻¹, aos 43 dias.

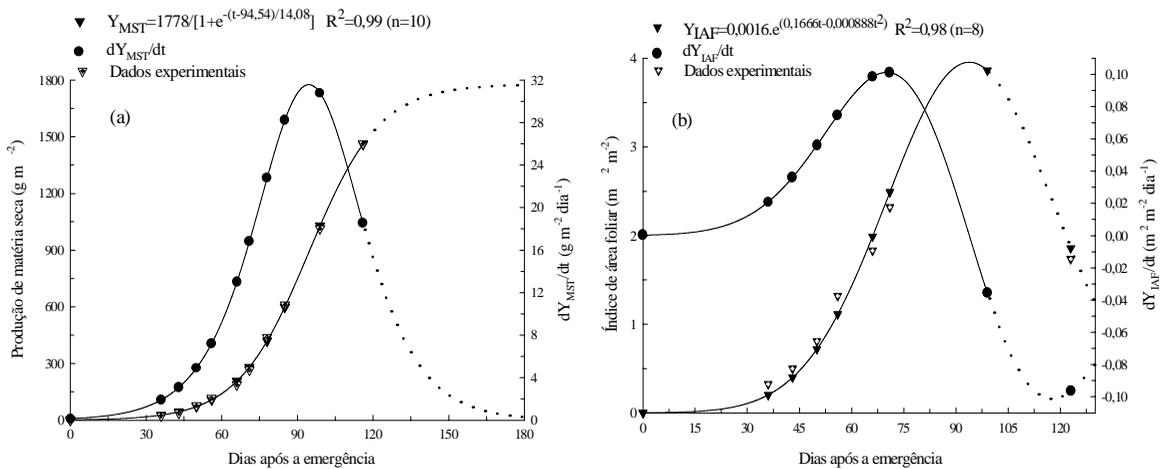


Figura 4. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura do guandu (dY_{MST}/dt) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF do guandu (dY_{IAF}/dt) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

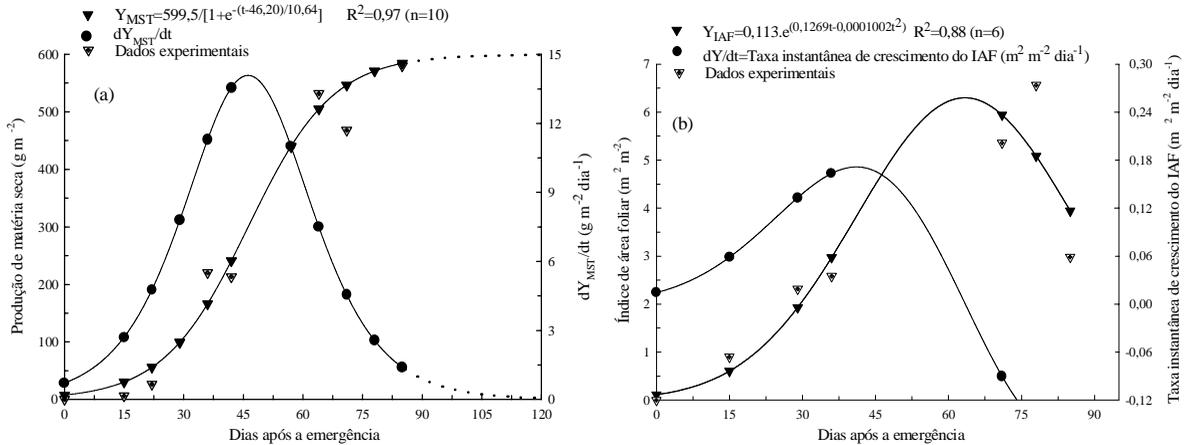


Figura 5. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura do milho (dY_{MST}/dt) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF do milho (dY_{IAF}/dt) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

A produção de fitomassa total do capim mombaça foi estimada em $1.820\ g\ m^{-2}$ ($18,20\ t\ ha^{-1}$), aos 120 DAE, que é maior do que a da última coleta de fitomassa, feita aos 86 dias, estimada em $1.706\ g\ m^{-2}$ ($17,06\ t\ ha^{-1}$). Todavia, o alto grau de ajustamento do modelo ($R^2 = 0,99$) aos dados observados (Figura 6a) fornece uma estimativa confiável. Segundo Sementes Matsuda (2001), a produção de forragem do capim mombaça varia de 28 t a 30 t de massa seca $ha^{-1}\ ano^{-1}$, enquanto Valentim & Moreira (1994) obtiveram uma produção de massa seca de $19\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. A TCC máxima foi de $43,0\ g\ m^{-2}\ dia^{-1}$, obtida aos 56 dias. O IAF máximo do mombaça foi de $10,81\ m^2\ m^{-2}$, obtido aos 81 dias, e a taxa máxima de crescimento do IAF foi de $0,25\ m^2\ m^{-2}$, aos 55 dias (Figura 6b).

A produção máxima de fitomassa total de sorgo granífero, estimada em $2.220\ g\ m^{-2}$ ($22,20\ t\ ha^{-1}$), foi atingida somente aos 120 DAE. Este tempo foi superior aos 74 dias de coleta dos dados do presente estudo, em que a produção de massa seca foi estimada em $16,25\ t\ ha^{-1}$ (Figura 7a). Carvalho (1979) relatou uma produção de $12,0\ t\ ha^{-1}$, aos 99 dias. A taxa instantânea máxima de crescimento foi estimada em $45,11\ g\ m^{-2}\ dia^{-1}$, atingida aos 61 dias. Na Figura 7b observa-se que o IAF máximo do sorgo, estimado em $4,98\ m^2\ m^{-2}$, e a taxa instantânea máxima de crescimento do IAF, estimada em $0,11\ m^2\ m^{-2}\ dia^{-1}$, foram atingidos aos 67 e 39 dias, respectivamente.

A produção observada de massa seca de estilosantes foi estimada em $409\ g\ m^{-2}$ ($4,09\ t\ ha^{-1}$), aos 121 DAE (Figura 8a). Este valor é menor que

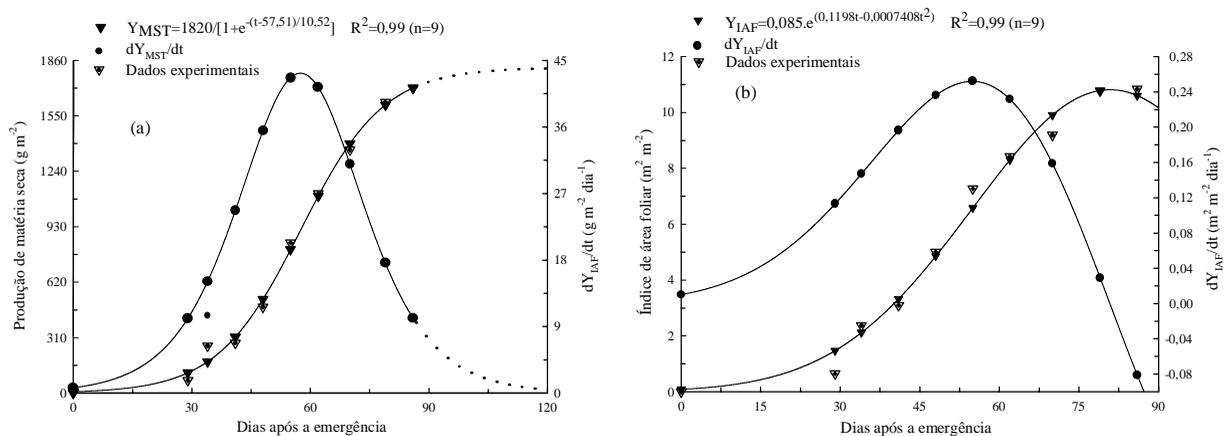


Figura 6. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura do capim mombaça (dY_{MST}/dt) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF do capim mombaça (dY_{IAF}/dt) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

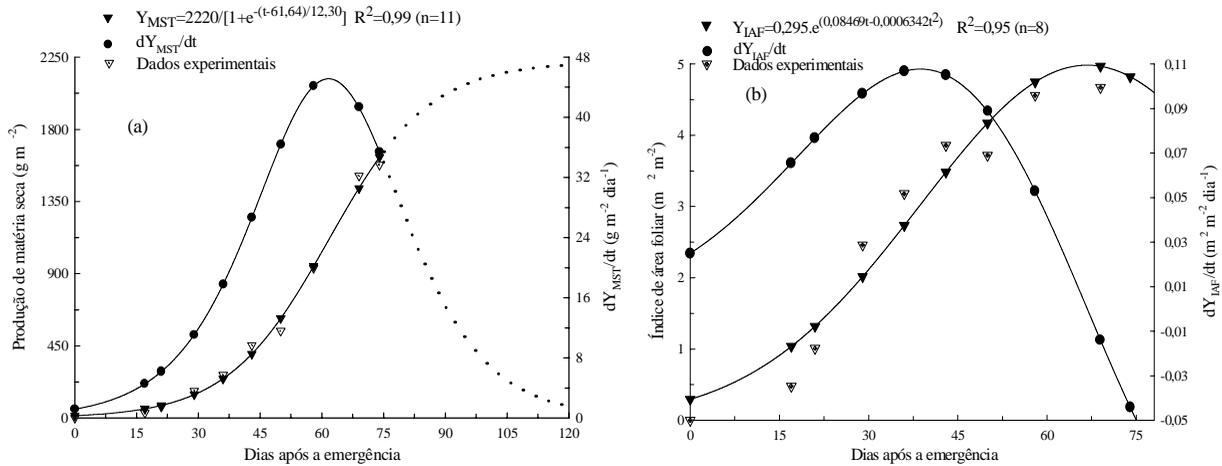


Figura 7. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento de sorgo granífero (dY_{MST}/dt) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF do sorgo granífero (dY_{IAF}/dt) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

aquele obtido por Rosa (2002), de 12,23 t ha⁻¹, aos 159 dias. Machado & Nascimento (1998) obtiveram um valor de 6.223 kg ha⁻¹. A taxa instantânea máxima de crescimento da cultura foi de 76 kg ha⁻¹ dia⁻¹, aos 107 dias, sendo inferior à alcançada por Rosa (2002), com um valor máximo em torno de 170 kg ha⁻¹ dia⁻¹, aos 125 dias. O valor de IAF (Figura 8b) obtido para estilosantes foi de 5,89 m² m⁻², aos 121 dias, data da última coleta de material, que foi superior ao encontrado por Rosa (2002), que foi de 3,90 m² m⁻², aos 159 dias. O IAF máximo estimado de 19,6 m² m⁻² para o estilosantes foi atingido apenas aos 212 dias, tempo superior aos 121 dias de coleta dos dados e a taxa instantânea máxima de crescimento do IAF, de 0,20 m² m⁻² dia⁻¹, aos 150 dias. O alto valor do

IAF estimado pode ser atribuído ao tempo de coleta dos dados ter sido insuficiente. Verifica-se que para essa data a curva do IAF se encontra ainda na fase ascendente, prolongando a extensão do seu ponto de inflexão. A estimativa do IAF máximo, então, resultou em valor exagerado e não confiável, por extrapolação.

A ordem decrescente dos valores estimados de MST das gramíneas foi a seguinte: braquiária solteira > sorgo > milho > capim mombaça > milheto > braquiária consorciada; e das leguminosas: guandu > estilosantes (Tabela 1). Em termos comparativos, tomando como referência a braquiária solteira, com valor relativo de 100%, a produção estimada de MST do sorgo atingiu 53%, seguida da produção do milho com 47%, do capim mombaça com 44%, do milheto

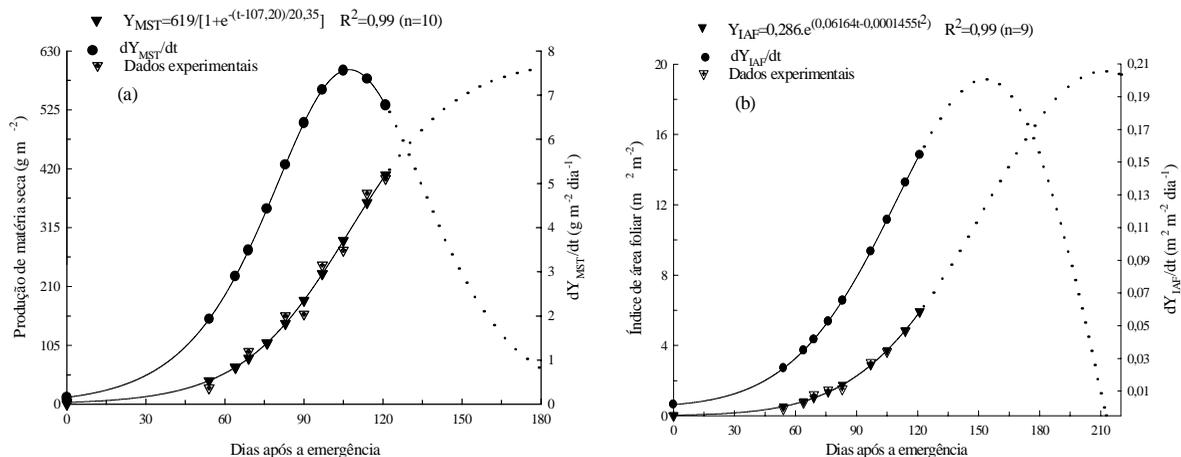


Figura 8. Produção de massa seca (Y_{MST}) e taxa instantânea de crescimento da cultura de estilosantes (dY_{MST}/dt) (a), e índice de área foliar (Y_{IAF}) e taxa instantânea de crescimento do IAF do estilosantes (dY_{IAF}/dt) (b), em função de dias após a emergência (Santo Antônio de Goiás, GO, 2002).

Tabela 1. Produção de massa seca máxima total (MST), taxa de crescimento da cultura (TCC) máxima, índice de área foliar (IAF) máxima e taxa de crescimento do IAF (TCIAF) máxima, nos respectivos dias após a emergência (DAE), estimados pelas respectivas equações ajustadas¹

Espécies	MST g m ⁻²	DAE dias	TCC g m ⁻² dia ⁻¹	DAE dias	IAF m ² m ⁻²	DAE dias	TCIAF m ² m ⁻² dia ⁻¹	DAE dias
----- Gramíneas -----								
Braquiária solteira	4167	240	55,8	102	15,17	125	0,23	88
Sorgo	2220	120	45,1	61	4,98	67	0,11	39
Milho	1965	200	31,8	66	3,77	60	0,09	34
Mombaça	1820	120	43,0	56	10,81	81	0,25	55
Milheto	599	120	14,0	45	4,99	71	0,17	42
Braquiária consorciada	519	180	6,6	61	2,97	90	0,043	48
----- Leguminosas -----								
Guandu	1778	180	31,6	94	3,95	95	0,10	70
Estilosantes	617	180	7,6	107	19,6	212	0,20	150

com 14%, e da braquiária consorciada com 12%. A drástica queda de produção da braquiária consorciada, segundo Portes *et al.* (2000), pode ser atribuída à competição por luz, que reduz a produção de fotoassimilados. Os valores estimados da taxa instantânea de crescimento da cultura (em g m⁻² dia⁻¹) acompanharam uma ordem decrescente similar, excetuando-se o capim mombaça, cujo ganho diário é praticamente igual àquele do sorgo. Entre as duas leguminosas estudadas, é importante observar-se a produtividade máxima atingida pelo guandu, comparável à de gramíneas como o milho e o capim mombaça. A leguminosa estilosantes, ao contrário, alcançou a produtividade máxima estimada de 35%, tendo como referência o guandu, e de apenas 15%, quando comparada com a braquiária solteira.

Os valores estimados de IAF das gramíneas seguem a ordem decrescente: braquiária solteira > capim mombaça > milheto ≅ sorgo > milho > braquiária consorciada; e das leguminosas: estilosantes > guandu. Já os valores relativos de IAF alcançados, tomando como referência a braquiária solteira (100%), foram de 68% para o capim mombaça, de 31% para o milheto e o sorgo, de 24% para o milho, e de 19% para a braquiária consorciada. Entretanto, os ganhos diários para o índice de área foliar (TCIAF) seguem uma ordem ligeiramente diferente: capim mombaça ≅ braquiária solteira > milheto > sorgo > milho > braquiária consorciada (Tabela 1).

O ganho diário ligeiramente maior no IAF, constatado para o capim mombaça, deve-se, provavelmente, à sua morfologia, isto é, às folhas mais largas, quando comparada à da braquiária, que é de folhas mais estreitas, embora ambos sejam espécies com alto grau de perfilamento. As demais espécies seguem os padrões já observados na comparação das

produções de fitomassa total. No caso das leguminosas, a comparação é problemática, uma vez que o IAF e o TCIAF estimados para estilosantes não apresentam graus de confiança suficientes, porque a coleta de material deveria ter sido prolongada por um tempo maior do que os 121 dias efetivos da última coleta.

CONCLUSÕES

- Os valores máximos estimados para a produção de fitomassa total (MST) seguiram a ordem: a) *Gramíneas*: braquiária solteira > sorgo > milho > capim mombaça > milheto > braquiária consorciada; b) *Leguminosas*: guandu > estilosantes.
- Os valores máximos estimados para o índice de área foliar (IAF) seguiram a ordem: a) *Gramíneas*: braquiária solteira > capim mombaça > milheto ≅ sorgo > milho > braquiária consorciada; b) *Leguminosas*: estilosantes > guandu.
- A braquiária solteira proporcionou o mais alto índice de área foliar, resultando na melhor cobertura do solo no período avaliado de 150 dias.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga, R. G., L. M. da Costa & W. Moura Filho, A. J. Regazzi. 1995. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 30 (2): 175-185.
- Benincasa, M. M. P. 1988. Análise de crescimento de plantas; noções básicas. UNESP, Jaboticabal, SP. 42 p.
- Carvalho, O. S. 1979. Acumulação de massa seca, produção de grãos, absorção e distribuição de nutrientes do sorgo

- granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench.) em função da adubação nitrogenada. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 82 p.
- Cecato, U., A. O. Machado, E. N. Martins, L. A. F. Pereira, M. A. A. de F. Barbosa, G. T. dos Santos. 2000. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, 29 (3): 660-668.
- Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1993. Recomendações para estabelecimento e utilização do *Stylosantes guianensis* cv. Mineirão. Embrapa-CPAC Planaltina, DF. 7 p. (Comunicado Técnico 67).
- Feitosa, C. T.; S. S. S. Nogueira; M. A. N. Gerin & F. S. O. Rodrigues Filho. 1993. Avaliação do crescimento da utilização de nutrientes pelo amendoim. Scientia Agrícola, Piracicaba, 50 (3): 427-437.
- Ferreira, A. de M. 2001. Emergência, crescimento e senescência de uma cultivar de braquiária em condições de Cerrados. 2001. Dissertação de Mestrado em Biologia - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade federal de Goiás, Goiânia, Goiânia. 46 p.
- Godoy, R., L. A. R. Batista, G. de F. Negreiros & J. R. P. de Carvalho. 1997. Avaliação agrônômica e seleção de germoplasma de guandu forrageiro [*Cajanus cajan* (L.) Mill] proveniente da Índia. Revista Brasileira de Zootecnia, 26 (3): 447-453.
- Jandel Scientific. 1999. Sigmaplot, Scientific Graphing Software Transform & Curve Fitting: revision SPW 5.0. San Rafael. 1 v.
- Jank, L., Y. Savidan, M. T. de Souza & J. C. G. Costa. 1994. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. Revista Brasileira de Zootecnia, 23 (3): 433-440.
- Kluthcouski, J. & L. F. Stone. 2003. Palhada de braquiária no sistema plantio direto. In Kluthcouski, J.; Aida, H.; Stone, L. F. (Ed.). Integração lavoura pecuária: agregação de valores, custo e sustentabilidade. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, Cap. 18.
- Loomis, R. S. & J. S. Amthor. 1999. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. Crop Science, 39 (6): 1584-1596.
- Machado, F. A., M. P. S. & H. T. S. Nascimento. 1998. Avaliação de acessos do gênero *Stylosanthes* para a produção de feno. Embrapa/Embrapa Meio Norte, Teresina, Piauí. 3 p. (Embrapa Meio Norte. Pesquisa em Andamento 75).
- Machado, E. C., J. I. Fahl, A. R. Pereira, H. V. Arruda & W. J. da Silva. 1980. Análise de crescimento de quatro variedades de milho em três diferentes populações. I. Análise quantitativa do crescimento através de funções ajustadas. In Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 13, Londrina. Resumos. p. 67.
- Marquadt, D. W. 1963. An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. Society for Industrial and Applied Mathematics Journal, New York, 11: 431-441.
- Magalhães, V. S., J. R. Santos, A. W. Albuquerque, J. P. V. Costa & C. S. Santana. 2003. Produção de fitomassa e de acúmulo de nitrogênio em leguminosas para utilização em sistema plantio direto. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29. Ribeirão Preto São Paulo. Anais. CD-Rom.
- Menezes, L. A. S. 2002. Alteração de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura. 73 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Portes, T. de A., S. I. C. de Carvalho, I. P. de Oliveira & J. Kluthcouski. 2000. Análise de crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35 (7): 1349-1358.
- Rosa, S. R. A. da. 2002. Efeito da competição interespecífica no crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras. Dissertação de Mestrado, Escola de Agronomia e de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 101 p.
- Salton, J. C. & A. N. Kichel. 1998. Milheto, uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Revista Plantio Direto, 45 (1): 41-43.
- Sano, E. E., A. de O. Barcellos & H. S. Bezerra. 1999. Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no cerrado brasileiro. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. 21 p. (Boletim de Pesquisa 3).
- Savidan, Y. H.; Jank, L.; Costa, J. C. G. (1990). Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. 68 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos 44).
- Sementes Matsuda. Sementes para pastagem. Álvares Machado. 2001. Não paginado.
- Teixeira Neto, M. L. 2002. Efeito de espécies vegetais para cobertura, no sistema plantio direto na região dos cerrados, sobre as propriedades do solo. Dissertação de Mestrado, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 151 p.
- Urchei, M. A.; Rodrigues, J. D.; Stone, L. F. 2000. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35 (3): 497-506.
- Valentin, J. F. & P. Moreira. 1994. Vantagens e limitações dos capins Tanzânia-1 e Mombaça para a formação de pastagens no Acre. Embrapa/CPAF-Acre, Rio Branco. 3 p. (Comunicado Técnico 60).