

Variação temporal da fitomassa seca relativa de *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu e Xaraés

E. R. Detomini* e D. Dourado Neto**

Introdução

Em estudos de ecofisiologia de pastagens é essencial a obtenção da fitomassa seca relativa das diferentes estruturas das plantas forrageiras quando se visa caracterizar a partição de fotoassimilados ao longo da rebrota. O balanço entre fotossíntese e respiração promove a geração de uma quantidade de carbono, sendo que parte desta quantidade é fixada da atmosfera e outra é consumida para a formação de diversos compostos sintetizados, os quais serão então alocados às diferentes estruturas da planta (folhas, colmos, raízes, reservas), de acordo com uma ordem de prioridade ditada pelas ofertas do meio externo e pela demanda interna da planta. Numa condição de oferta ambiental não restritiva, a proporção de fotoassimilados alocados para cada compartimento é função apenas do estágio fenológico do dossel (Keulen et al., 1989).

Numa condição de disponibilidade de água, nutrientes e radiação solar não limitantes, a prioridade de alocação do carbono numa gramínea obedece a seguinte ordem: folha > colmos > perfilhos > raízes > reservas, ressaltando que muito mais carbono é alocado para a formação de folhas devido à planta ter que investir no recurso mais limitante, que neste caso é a radiação solar (Nabinger, 2002). Entretanto, numa condição de deficiência de água ou de nitrogênio, a proporção de carbono alocado

ao sistema radicular é maior em relação à parte aérea, pois, nesse caso, há necessidade da planta investir mais na busca dos recursos mais escassos, no caso a água e o nitrogênio.

Em solos de alta fertilidade e em ambientes não restritivos quanto à água e aos elementos do clima, genótipos hábeis em alterar sua partição interna em favor da parte aérea são favorecidas (Pedreira et al., 2001). Para que haja saldo de carbono a ser alocado para o sistema radicular em situações adversas, a planta necessita alterar a partição de fotoassimilados (Keulen et al., 1989) e acaba penalizando a alocação às estruturas da parte aérea, interferindo no alongamento de colmos, na emissão de perfilhos e até mesmo no tamanho de folhas (Nabinger, 2002).

O objetivo deste trabalho é caracterizar a variação temporal de fitomassa seca relativa do capim *Brachiaria brizantha*, cultivares (cv.) Marandu e Xaraés.

Material e métodos

Os dados de fitomassa seca relativa foram compilados a partir dos dados de fitomassa seca absoluta obtidos por Detomini (2004) nos experimentos conduzidos entre 22/11/2003 e 27/01/2004 em condições de campo na área de experimentação do pivô central, atualmente sob égide do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) situado no Município de Piracicaba, SP, geograficamente localizado na latitude 22.7083, a uma altitude de aproximadamente 550 m.

O clima correspondente é Cwa, segundo a classificação de Köppen, ou seja,

* Eng. Agrônomo, MSc. Doutorando em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP. Piracicaba, SP. detomini@esalq.usp.br

**Professor Associado, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

mesotérmico tropical úmido com três meses mais secos (junho, julho e agosto), com concentração de chuvas no verão. O solo do local é caracterizado morfológicamente como Nitossolo eutroférico típico (nova classificação), com declividade média ao redor de 2.5% (relevo suave ondulado), apresentando em sua camada mais superficial (0 - 20 cm de profundidade) uma análise que constatou: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 4.9$, matéria orgânica = 25 g/dm³, P = 45 mg/dm³, S = 45 mg/dm³, K = 6.2 mmol_c/dm³, Ca = 53 mmol_c/dm³, Mg = 17 mmol_c/dm³; Al = 0, C.T.C. = 118.2 mmol_c/dm³ e V = 64%.

O delineamento em quadrado latino foi empregado (Figura 1), apresentando 5 estádios de acúmulo para cada genótipo (tratamentos = Desenvolvimento relativo: I = 0.18, II = 0.41, III = 0.64, IV = 0.81, e V = 1) implicando, portanto, na existência de cinco repetições (no espaço) para cada tratamento (distribuídos no tempo). As populações de plantas caracterizam pastagens bem estabelecidas, homogêneas e adensadas dos genótipos cv. Marandu lançado pelo CIAT como pasto cv. Toledo (Lascano et al., 2002) e Xaraés. As adubações nitrogenadas e potássicas foram feitas através de fertirrigação —parceladas em duas vezes: uma logo no início e outra

10 dias após o corte —aplicando-se 390 kg/ha de N e 250 kg/ha de K, respectivamente.

Para se obter as variáveis-resposta (fitomassa seca de hastes, folha, material senescente e raízes) oriundas da variável independente (desenvolvimento relativo) foram necessárias 25 parcelas de aproximadamente 39 m² cada, sendo que de cada parcela útil (retângulo amostrador de 0.5 m² lançado três vezes aleatoriamente dentro de cada parcela) coletou-se a parte aérea para posteriormente separá-la em hastes, folha, material em senescência e material morto da rebrota anterior. As diferentes estruturas foram secadas em estufa a 65 °C por 72 h e depois pesadas para a obtenção de fitomassa seca.

A coleta de raízes foi realizada em dois pontos por parcela, sendo uma dentro da coroa (recém-cortada ao nível do solo) e outra imediatamente ao lado da mesma, fazendo-se a média das duas para a extrapolação. Utilizou-se para essas amostragens uma sonda de 4.5 cm de diâmetro (Figura 2) nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, neste caso considerou-se a somatória das massas dessas profundidades. As amostras foram lavadas com água corrente para separar o solo das raízes, em peneiras de 1 mm e 0.25 mm, onde as raízes eram retidas. Em

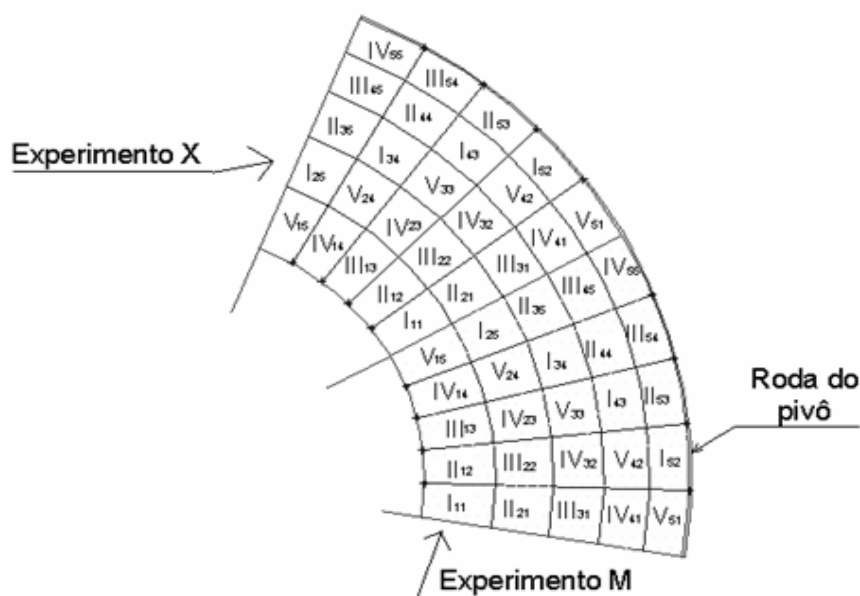


Figura 1. Delineamento em quadrado latino. X: Cultivar Xaraés; M: Cultivar Marandu.

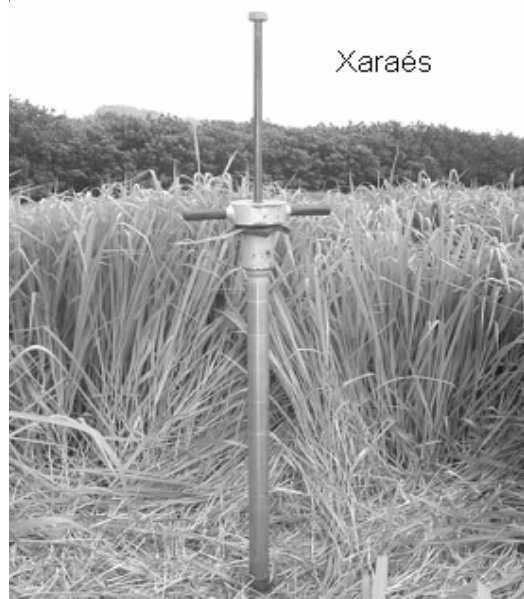


Figura 2. Equipamento para coleta de raízes (0 - 40 cm de profundidade).

seguida as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel, secas a uma temperatura de 65 °C por 72 h e pesadas para a avaliação da fitomassa.

A irrigação nas parcelas foi monitorada através de tensiometria, irrigando-se até a umidade correspondente à capacidade de campo sempre que os equipamentos indicassem uma tensão crítica, a qual foi assumida como sendo 0.4 m, valor este referente à média dos três tensiômetros (de cada uma das três baterias) posicionados em 15, 30 e 45 cm de profundidade.

Baseando-se no conceito de graus-dia (Bonhomme, 2000), convencionou-se neste experimento que o desenvolvimento relativo (Dr) máximo ocorreu por volta de momento 602.70 graus-dia (Detomini, 2004), o qual se caracterizou o desenvolvimento correspondente o instante final da rebrota ($Dr = 1$). Convencionou-se também que a temperatura basal inferior —valor de temperatura abaixo da qual o desenvolvimento relativo começa a ser comprometido— assumia o valor de 15 °C.

Diante destas premissas, têm-se:

$$Dr_i = \frac{\sum_{i=0}^n GD_i}{602.70} \quad (1)$$

em que, Dr_i e GD_i se referem ao desenvolvimento relativo e à soma térmica (°C) no i -ésimo dia de rebrota; respectivamente.

Onde:

$$GD_i = \overline{T_{d_i}} - T_{BI} ; \text{(quando } \overline{T_{d_i}} > T_{BI} \text{)} \quad (2)$$

E, em dias menos quentes, pode se ter também as seguintes condições (Villa Nova et al., 1999):

$$GD_i = \frac{(\overline{T_{d_i}} - T_{BI})^2}{(\overline{T_{d_i}} - T_{min_i}) \cdot 2} ; \text{(quando } \overline{T_{d_i}} = T_{BI} \text{)} \quad (3)$$

$$GD_i = \frac{(T_{max_i} - T_{BI})^2}{(T_{max_i} - T_{min_i}) \cdot 2} ; \text{(quando } \overline{T_{d_i}} < T_{BI} \text{)} \quad (4)$$

$$GD_0 = 0 \quad (5)$$

em que, $\overline{T_{d_i}}$, T_{max_i} e T_{min_i} se referem à temperatura média do ar, à máxima temperatura (°C) registrada, e à mínima temperatura (°C) registrada no i -ésimo dia do ciclo de rebrota, respectivamente; e T_{BI} à temperatura basal inferior. As análises de regressão foram obtidas através do aplicativo TableCurve®.

Resultados e discussão

As descrições estatísticas das formas funcionais escolhidas para expressar o comportamento biológico da variação temporal de fitomassa seca relativa de folhas, hastes, material senescente e sistema radicular dos capins *B. brizantha* cvs. Xaraés e Marandu são apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente. Todos os modelos apresentaram altos coeficientes de determinação (significativos a 1% pelo Teste 'F') e apresentaram os valores dos parâmetros em intervalos de confiança isentos do valor zero.

Para o capim *B. brizantha* cv. Xaraés, a proporção de folhas em relação à fitomassa total aumentou de forma crescente até 64% do desenvolvimento relativo do dossel, chegando a representar

Tabela 1. Descrição estatística das formas funcionais obtidas sobre a variação temporal da fitomassa seca relativa (folha, haste, material em senescência e raiz) ao longo do desenvolvimento relativo do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (sem restrição hídrica ou nutricional).

Forma funcional que descreve o comportamento biológico*	Parâmetros da equação	Intervalo de confiança (95%)	r ²
$\frac{FSF}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c - 1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.242605 b = 0.751506 c = 2.088428	a: 0.233689 → 0.251522 b: 0.693593 → 0.809418 c: 1.986752 → 2.349653	0.97
$\frac{FSH}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c - 1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.420614 b = 2.187498 c = 1.803148	a: 0.206839 → 0.634338 b: 0.078434 → 4.296562 c: 1.622665 → 1.983630	0.98
$\frac{FSMs}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c - 1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.133880 b = 1.061083 c = 4.946286	a: 0.124060 → 0.143700 b: 0.976401 → 1.145764 c: 4.252719 → 5.639854	0.98
$\frac{FSR}{FST} = a + b \cdot Dr^{0.5} + c \cdot e^{-Dr}$	a = 1.507803 b = -0.921082 c = -0.712087	a: 1.062054 → 1.953552 b: -1.200360 → -0.641805 c: -1.136884 → -0.287289	0.93

- Legenda: Dr = Desenvolvimento relativo; FST = Fitomassa seca total; FSF = Fitomassa seca de folhas; FSH = Fitomassa seca de hastes; FSMs = Fitomassa seca de material em senescência; FSR = Fitomassa seca de raízes.

22.35% de toda a fitomassa no estágio final de desenvolvimento (Dr = 1). A proporção de hastes em relação à fitomassa total (Figura 3), entretanto, permaneceu crescente até o final do ciclo, quando representava aproximadamente 32.5% de toda a fitomassa seca. Já a proporção de material em senescência sofreu aumentos

substanciais, nitidamente, a partir de 41% do desenvolvimento relativo do dossel, vindo a representar por volta de 13.12% de toda a fitomassa seca no final do ciclo da rebrota (100% do desenvolvimento relativo).

O capim *B. brizantha* cv. Marandu apresentou padrões similares ao capim

Tabela 2. Descrição estatística das formas funcionais obtidas sobre a variação temporal da fitomassa seca relativa (folha, haste, material em senescência e raiz) ao longo do desenvolvimento relativo do capim *Brachiaria brizantha* Marandu (condições não restritivas).

Forma funcional que descreve o comportamento biológico	Parâmetros da equação*	Intervalo de confiança (95%)	r ²
$\frac{FSF}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c - 1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.203755 b = 0.728843 c = 2.289589	a: 0.196794 → 0.210716 b: 0.687287 → 0.770398 c: 2.123070 → 2.456108	0.97
$\frac{FSH}{FST} = a \cdot Dr^b$	a = 0.361542 b = 1.067804	a: 0.342437 → 0.380646 b: 0.924616 → 1.211099	0.96
$\frac{FSMs}{FST} = a \cdot Dr^{-c-1} \cdot b^{c+1} \cdot e^{\frac{[b^c \cdot Dr^{-c} - 1](-c-1)}{c}}$	a = 0.122808 b = 0.942080 c = 2.000000	a: 0.115335 → 0.130280 b: 0.848025 → 1.036136 c: 1.339508 → 2.660491	0.96
$\frac{FSR}{FST} = a + b \cdot Dr + c \cdot Dr^{2.5} + d \cdot e^{Dr}$	a = -22.720733 b = -25.561825 c = -15.321293 d = 23.517616	a: -28.267477 → -17.173989 b: -31.486981 → -19.636668 c: -18.949017 → -11.693569 d: 17.963334 → 29.071884	0.98

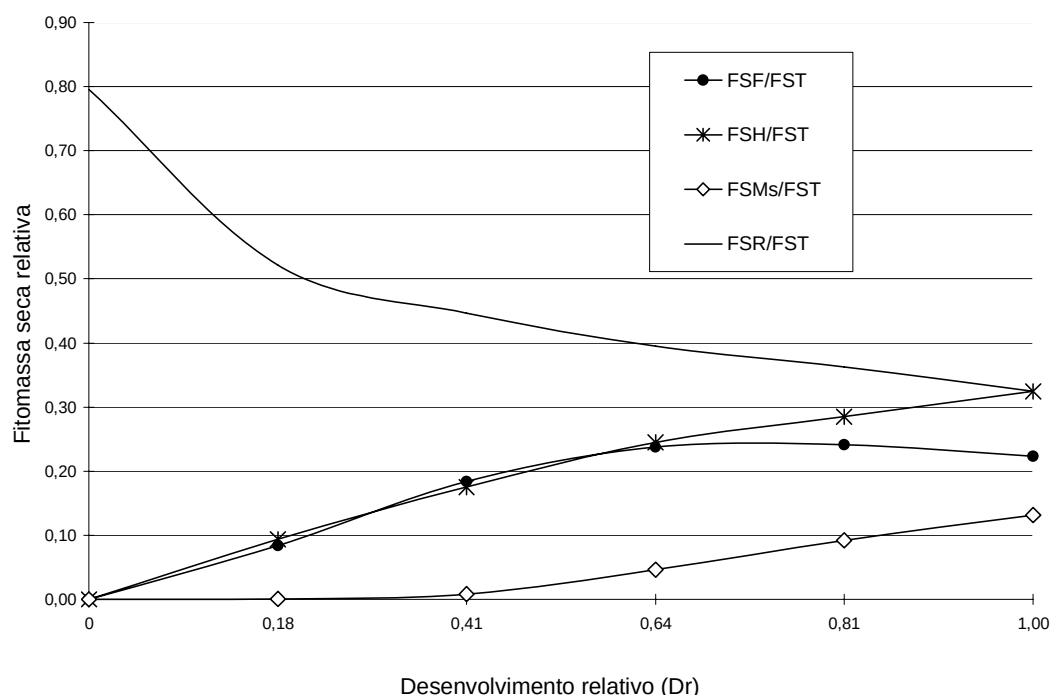


Figura 3. Variação temporal da fitomassa seca relativa do capim *B. brizantha* cv. Xaraés. As curvas de haste, folha e material senescente se referem à fitomassa seca relativa elaborada no ciclo de rebrota considerado

Xaraés no que diz respeito apenas à variação temporal de fitomassa seca relativa de folhas, com pequenas diferenças apenas na magnitude dos valores (Figura 4). Para o capim cv. Marandu, as proporções de fitomassa seca de folhas em relação a fitomassa seca total atingiu no máximo próximo a 20% (Dr = 0.64), vindo a declinar no final do ciclo. Já as formas funcionais das variações temporais de fitomassa seca relativa de haste, material senescente e sistema radicular apresentaram-se de maneira diferenciada aos genótipos, sendo que o capim cv. Marandu apresentou um padrão de declínio de fitomassa seca relativa de sistema radicular menos drásticos até Dr = 0.81.

Nas Figuras 3 e 4, no ponto onde Dr= 0, o restante dos 20% (ordem de grandeza) de fitomassa seca relativa se refere ao material morto da rebrota anterior, componente o qual não é ilustrado graficamente quanto à variação temporal. Contudo, quando o dossel atingiu 64% do desenvolvimento relativo, essas estruturas haviam praticamente se desprendido por completo, vindo a se juntar à material orgânica do solo.

A explicação fisiológica da variação temporal da parte aérea ao longo da rebrota reside no fato que, a partir de 41% do desenvolvimento relativo do dossel (ou 240 graus-dia após o corte), em função da ocorrência do auto-sombreamento das folhas mais velhas pelas mais novas neste subperíodo, desencadeando conseqüentemente uma provável caracterização interceptação máxima (ou próximo disso) de luz quando o dossel atingiu próximo de 64% do desenvolvimento relativo; ou seja, a máxima taxa de acúmulo, a qual é resultante da maior diferença entre fotossíntese bruta e respiração do dossel (Loomis e Connor, 1996).

Na prática, essas variações sugerem que, para populações já estabelecidas, bem homogêneas e adensadas de ambos os genótipos, um subperíodo compreendido entre 41% e 64% do desenvolvimento relativo seria considerado ideal para a colheita ou pastejo (no caso de lotação intermitente) em sistemas intensificados, o que pode acontecer antes de 25 dias de descanso do pasto nas épocas mais quentes do ano, por exemplo. No presente experimento, 41% e 64% do desenvolvimento relativo foram correspondentes a aproximadamente 240 e 360 graus-dia,

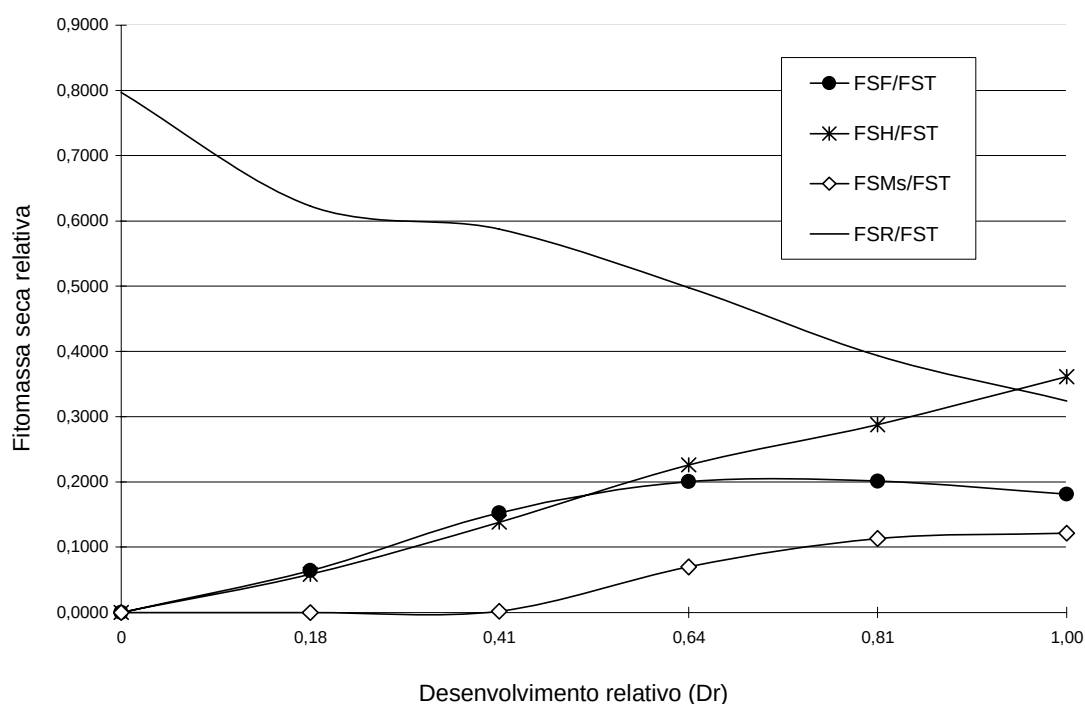


Figura 4. Variação temporal da fitomassa seca relativa do capim *B. brizantha* cv. Marandu. As curvas de haste, folha e material senescente se referem à fitomassa seca relativa elaborada no ciclo de rebrota considerado.

respectivamente, considerando-se a temperatura basal inferior igual a 15 °C. Cabe ressaltar que a rebrota anterior era proveniente de um período de 600 graus-dias de acúmulo, e que apresentava os entre-nós já alongados.

Muito provavelmente, desfolhações que por ventura fossem feitas nesse período (compreendido entre 41% a 64% do desenvolvimento relativo da pastagem) seriam passíveis de garantir as melhores proporções de folha ao longo da rebrota, bem como as menores proporções de haste e material em senescência, e com as raízes ocupando entre 45% e 40% da fitomassa (no caso do capim cv. Xaraés) e entre 50% e 60% (capim cv. Marandu). Isso seria suficiente para garantir também uma rebrota posterior rápida e vigorosa, e traria melhorias ao uso da pastagem ao longo de sua perenização, pois favoreceria a dinâmica das rebrota subseqüentes.

Para ambos os cultivares, a fitomassa seca de sistema radicular, a qual representava aproximadamente 80% da fitomassa seca total no momento do corte

—o restante da fitomassa era referente a perfilhos com meristemas apicais decapitados— teve um drástico declínio em relação à fitomassa seca total do momento inicial do ciclo de rebrota avaliado. Posteriormente, houve declínio em menor aceleração, até que a fitomassa de raízes atingisse por volta de 32.5% da fitomassa seca total no final do ciclo de rebrota (Dr = 1). Essa proporção é inferior às proporções encontradas por Kanno et al. (1999) que relataram valores da ordem de 53% a 76% de fitomassa de raízes em relação ao todo, para diversas gramíneas tropicais.

Entretanto, cabe ressaltar que o sistema empregado no experimento contemplou a ausência de déficit hídrico e a presença de elevados níveis de nitrogênio, o que fez com que o dossel não penalizasse a parte aérea em detrimento do acúmulo de raízes; conceito que se aplicou principalmente ao capim cv. Xaraés que, pelo fato de produzir maior fitomassa seca absoluta e relativa de parte aérea em praticamente todos os estádios de desenvolvimento (Detomini, 2004) caracterizou-se pela maior habilidade, em relação ao capim cv. Marandu, em alocar

carbono para a parte aérea nessas condições. Logo, o capim cv. Xaraés apresenta-se como excelente opção para uso em sistemas intensivos de produção (que contemplam irrigação e suprimento de nitrogênio, p.e.).

O conceito representado na Figura 5 pode elucidar, de uma forma mais clara, a adequação de um genótipo a um determinado ambiente em função de sua partição de fotoassimilados. Se dois genótipos (A e B, por exemplo) são submetidos a uma oferta ambiental não restritiva (cenário 1) ao desenvolvimento vegetal, o genótipo que apresentar maior habilidade em produzir parte aérea deverá ser considerado o mais adequado para sistemas intensivos, como é o caso do genótipo A. Porém, se este mesmo genótipo for submetido a uma restrição ambiental (principalmente de suprimento hídrico-cenário 2) ele deverá supostamente alterar sua partição em prol do sistema radicular, que tenderá a ser relativamente maior e absolutamente menor em fitomassa que o do cenário 1.

Nestas condições, a fitomassa seca absoluta total (parte aérea mais sistema radicular) deverá ser também menor. Isso pode eventualmente ocorrer em menores proporções, no caso do genótipo B, podendo

este vir a produzir absolutamente mais parte aérea que o genótipo A, no caso do cenário 2.

Analogamente ao presente trabalho, estudos posteriores podem ser realizados visando a caracterização da variação temporal de fitomassa seca relativa de outros genótipos também importantes, e levando-se em consideração ainda a presença de animais em pastejo sob lotação intermitente, ao longo de sucessivas rebrotas, executando-se a desfolha quando o dossel atingir 95% a 100% da interceptação luminosa.

Por fim, salienta-se a importância de se desenvolver métodos experimentais que permitam separar as raízes vivas de um ciclo de rebrota anterior ao ciclo de rebrota em estudo das raízes vivas pertencentes a este último, conforme colocado por Detomini et al. (2004). Estudos envolvendo dinâmica de raízes de gramíneas tropicais são limitados, mesmo para as gramíneas de clima temperado (Thornley, 1998) e pouco alimentam os modelos de simulação de acúmulo de fitomassa de pastagens, os quais devem exigir informações de parte aérea e de raízes para serem melhor concebidos e empregados para que se faça a verificação da adequação de um genótipo a um determinado ambiente.

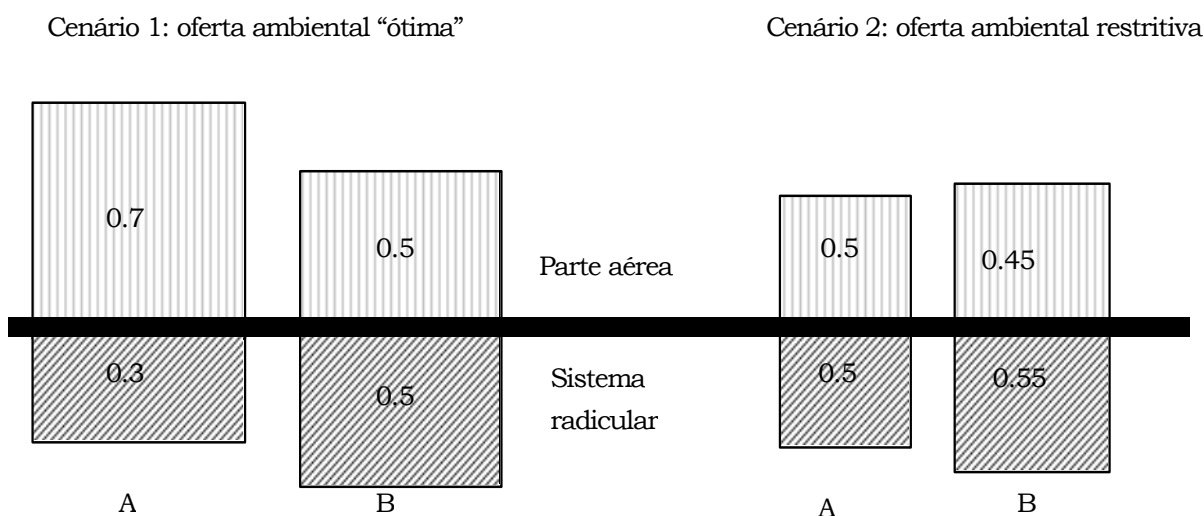


Figura 5. Representação esquemática das diferenças de fitomassa seca absoluta e relativa entre dois genótipos (A e B) sob diferentes cenários (1 e 2) de oferta ambiental. Genótipo A: hábil em produzir parte aérea; Genótipo B: rústico.

Conclusión

O estudo da fitomassa seca relativa de genótipos submetidos a condições não limitantes é fundamental em estudos que buscam a compreensão da interação entre planta e atmosfera, pois fornecem uma idéia geral sobre a caracterização da partição de fotoassimilados numa condição em que o genótipo possa expressar seu potencial biológico de acúmulo de fitomassa e de parte aérea, mais especificamente. O capim *B. brizantha* cv. Xaraés apresenta-se como excelente opção forrageira em sistemas de produção que contemplam um adequado suprimento hídrico e de nutrientes, haja visto a sua maior habilidade em produzir parte aérea nessas condições. A dinâmica do sistema radicular e o rendimento em fitomassa seca relativa da planta sob restrição hídrica e/ou nutricional devem ser também melhor investigados para os principais genótipos empregados em pastagens nos sistemas tropicais.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais à Fundação Agrisus pelo apoio financeiro e pelo fomento às pesquisas voltadas a uma agropecuária sustentável, economicamente viável e socialmente mais justa.

Resumen

Entre noviembre de 2003 y enero de 2004, en el Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiros da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) situado en el municipio de Piracicaba, SP, Brasil, bajo condiciones teóricamente óptimas de disponibilidad de humedad y nutrientes, y variables de radiación y brillo solar y temperatura, se hizo una caracterización del cambio temporal de fitomasa seca relativa (FSR) del sistema radicular y componentes de la parte aérea de los cultivares *Brachiaria brizantha* Xaraés y Marandu. La magnitud de los valores de FSR a través del período experimental permitió desarrollar ecuaciones útiles para evaluar las propiedades favorables de estos cultivares en sistemas de producción intensiva en

zonas tropicales, especialmente el cv. Xaraés.

Summary

The study of relative dry-matter of forage plants is essential to characterize the destination of carbon into the plants and to establish the physiological principles that drive the production of the pasture in the existing systems, being therefore very important for decision making in pasture management and for the adoption of some genotypes. Plants need to modify their carbon assimilates partition to take better advantage of the existing environmental conditions. Field trials were carried through in near-optimal conditions of water and nutrients supply in the Plant Production Department of the Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiros da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), aiming to characterize the relative dried biomass of root systems and different tissues of shoots of *Brachiaria brizantha* (Marandu and Xaraés cultivars). Only climatic attributes (solar radiation, temperature and day light length) varied during the trial period. The magnitude of relative dry-matter values, during the trial time, allowed the development of useful equations to assess the suitable properties regarding to the temporal variation of those values, reinforcing the data bases of the chosen genotypes. As Xaraés grass had shown better ability by producing a much shoot under these conditions, this genotype might be mentioned as an excellent option for forage production under intensive management.

Referências

- Bonhomme, R. 2000. Bases and limits to using degree-day units. *Europ. J. Agron.* 13:1-10.
- DetominI, E. R. 2004. Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha* variedades cultivadas Marandu e Xaraés. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ),

Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 112 p.

- _____.; Dourado Neto, D.; Barioni, L. G.; Manfron, P. A.; Zerbini, M. A.; e Ballaminut, C. E. 2004. Variação das proporções de fotoassimilados em pastagens de capim Xaraés ao longo de uma rebrota. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 41. Campo Grande, 2004. Anais. CD-Rom.
- Kanno, T.; Macedo, M. C.; Euclides, V. P.; Bono, J. A.; Santos, J. D.; Rocha, M. C.; e Beretta, L. G. 1999. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian savannas. Grassl. Sci. 45:9-14.
- Keulen, H. Van.; Goudriaan, J.; e Seligman, N. G. 1989. Modeling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. En: Russel, G.; Marshall, B.; e Jarvis, P. G. Plant canopies: their growth, form and function. Society for Experimental Biology. Seminar series 31. Cambridge University Press. p. 83-104.
- Lascano, C.; Pérez, R.; Plazas, C.; Medrano, J.; e Argel, P. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Villavicencio, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 22 p.
- Loomis, R. S. e Connor, D. J. 1996. Crop ecology –Productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press. 538 p.
- Nabinger, C. 2002. Manejo da desfolha. En: Simposio sobre Manejo da Pastagem, 17, Piracicaba, 2002. Anais. Piracicaba. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (FEALQ). p. 133-158.
- Pedreira, C. G.; Mello, A. C. de; e Otani, L. 2001. O processo de produção de forragem em pastagens. En: Mattos, W. R. (comp.). A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). p. 772-807.
- Thornley, J. H. 1998. Grassland dynamics - an ecosystem simulation model. Wallingford: Cab International. 241 p.
- Villa Nova, N. A.; Barioni, L. G.; Pedreira, C. G.; e Pereira, A. R. 1999. Modelo para produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. Rev. Bras. Agromet. 7(1):75-79.