



Fatores Abióticos e Rendimento Potencial do Azevém (*Lolium multiflorum* Lam.)

Quarta-feira, 3 de novembro de 2010
Newton de Lucena Costa

Introdução

A produtividade e a perenidade da pastagem decorrem de sua capacidade de reconstituição de nova área foliar, após o pastejo, a qual está estreitamente relacionada com as condições ambientais, como umidade e fertilidade do solo, temperatura, radiação solar, características genéticas da planta forrageira e as práticas de manejo da pastagem. As condições do ambiente são determinantes no processo de formação e manutenção dos tecidos vegetais e, conseqüentemente, da formação da área foliar.

1. Água

A água é o principal veículo de transporte de nutrientes para todas as partes da planta, conferindo turgidez aos tecidos e mantendo em equilíbrio a sua temperatura da planta (GALETI, 1982). Muitos processos fisiológicos na planta como a expansão e o alongamento de folhas, a abertura e fechamento estomático e a fotossíntese são regulados pela pressão de turgescência das células (TAIZ; ZEIGER, 2004). O consumo de água pelas plantas forrageiras é determinado pela demanda evaporativa da atmosfera, tipo de solo e pelas características da planta (área foliar, distribuição e profundidade do sistema radicular), além de sua habilidade em utilizar a água armazenada no solo e a capacidade de controlar as perdas pelo mecanismo estomático (MATZENAUER; SUTILI, 1983). A expansão foliar é um dos processos fisiológicos mais sensíveis a deficiência hídrica. A planta cessa o alongamento de folhas e raízes muito antes dos processos de fotossíntese e divisão de células serem afetados. A evapotranspiração potencial da pastagem geralmente excede a precipitação pluvial, de modo que a real é aproximadamente igual à precipitação, o que torna a água o fator isolado que mais limita a produção primária (TIESZEN; DETLING, 1983). O comportamento de uma planta cultivada, em situação de déficit hídrico, dependerá do estágio de desenvolvimento, do genótipo e da duração e severidade da restrição hídrica (PETRY et al., 1999).

A quantidade de água absorvida e transportada está diretamente relacionada com a quantidade de energia solar interceptada, constituindo-se em um mecanismo eficiente de dissipação de calor, evitando o dessecamento foliar e assegurando temperaturas adequadas para a realização dos processos metabólicos internos da planta (LEMAIRE, 2001). Em algumas circunstâncias, as plantas podem ser beneficiadas com o sombreamento, como resultado de redução na demanda de água. A maior umidade do solo deve ser ajustada com o aumento do número de pastejos, pois a aceleração do desenvolvimento da planta forrageira acarreta declínio nos teores de proteína bruta e elevação dos de fibra, reduzindo o consumo de forragem pelos animais.

Em ecossistemas de pastagens, a produtividade de forragem é regulada pela assimilação e alocação de carbono e nitrogênio e pela evapotranspiração. Desta forma, além de afetar os processos fisiológicos e as características morfogênicas e estruturais da gramínea, o estresse hídrico pode prejudicar o crescimento da pastagem ao reduzir a absorção de nitrogênio e de outros nutrientes (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987). Ainda que o manejo de fatores abióticos, como água e nutrientes, provoque respostas da pastagem consideravelmente importantes, a magnitude dessas respostas é altamente dependente do controle da desfolhação. Para *Panicum maximum* cv. Tobiatã, Dias Filho (1996) reportou uma correlação negativa entre a expansão de folhas e o nível de umidade do solo, a qual foi reduzida em

60% quando a gramínea foi submetida a déficit hídrico moderado. Em pastagens de azevém, Freitas et al. (2003) constataram que a utilização de lâminas de irrigação de 2 e 5 cm proporcionou incrementos de 159 e 265% para o crescimento de raízes; 19 e 103% para a matéria seca (MS) de raízes e, 78 e 125% para a MS da parte aérea, respectivamente, comparativamente à pastagem não irrigada.

2. Temperatura

A temperatura constitui importante fator abiótico determinante da distribuição, da adaptabilidade e da produtividade das plantas, em função de sua capacidade em manter a fotossíntese líquida sob temperaturas supraótimas, ou acima do ótimo requerido para a fotossíntese líquida máxima. Desta forma, a temperatura é um dos fatores ambientais que provoca efeito imediato sobre os processos bioquímicos (respiração e fotossíntese), físicos (transpiração) ou morfogênicos das plantas (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000). As temperaturas durante o dia devem ser ótimas para fotossíntese e o acúmulo líquido de biomassa, enquanto à noite, as temperaturas mais baixas conservam energia por meio da redução do metabolismo respiratório. O crescimento da planta deve-se ao aumento da temperatura que proporciona mudanças bioquímicas nas células, com elevação na taxa de crescimento foliar. Em temperaturas muito baixas a redução no crescimento tem como causa a diminuição na assimilação de CO₂. A temperatura estabelece uma forte interação com a radiação luminosa e influencia de forma acentuada e imediata o crescimento da folha, limitando a divisão e o alongamento das células, condicionando a sua eficiência fotossintética, notadamente em elevados níveis de radiação luminosa, o que reflete em diferentes curvas de resposta do crescimento, em função da temperatura do ar das gramíneas forrageiras (HODGSON, 1990).

A temperatura influencia na qualidade da forrageira, pois sob altas temperaturas as forrageiras apresentam maior proporção de parede celular e menor digestibilidade, além do aumento na lignificação da parede celular (WILSON, 1982; VAN SOEST, 1994). A temperatura afeta a velocidade de aparecimento das folhas, pois se trata de um atributo termo-dependente. As variações da temperatura ao longo do dia demandam contínuos ajustamentos da planta, de modo a manter a produtividade fotossintética de suas folhas. As espécies forrageiras de clima tropical produzem muito pouco quando expostas a temperaturas menores que 16°C (WHITHMAN, 1980).

A temperatura sob a qual a planta se desenvolve tem maior influência sobre a taxa de alongamento de folhas do que sobre sua taxa de aparecimento (MARASCHIN, 1995), podendo ter sua taxa de alongamento foliar aumentada (GASTAL et al., 1992). Bahmani et al. (2000) observaram crescimento exponencial do perfilhamento com o aumento dos graus-dia, porém no tratamento sombreado (15% da radiação fotossinteticamente ativa) esse crescimento foi linear, sendo que foi possível perceber uma diferença significativa entre grupos genéticos x tratamentos de luz x graus-dia x número de perfilhos por planta estudada (*Lolium perenne* cvs. Ellet e Grasslands Ruanui). A temperatura ótima para o máximo crescimento está ao redor de 18 a 20°C. O crescimento é paralisado com temperaturas baixas, apresentando baixo desempenho produtivo no inverno e, mesmo mantendo as folhas verdes, é sensível a geadas fortes.

3. Radiação Solar

A radiação solar é a fonte primária de toda a energia que mantém a ecosfera do planeta, a qual é convertida em energia química através da fotossíntese, processo físico-químico onde são sintetizados compostos orgânicos a partir de matéria-prima inorgânica, na presença de luz solar (LARCHER, 1975). A produção forrageira se baseia na transformação de energia solar em compostos orgânicos pela fotossíntese, onde o dióxido de carbono da atmosfera é combinado com a água e convertido em carboidratos com a utilização da energia solar. A produtividade primária de uma pastagem é determinada basicamente pela quantidade de carbono acumulada por unidade de área de solo, por unidade de tempo. O carbono é o

principal constituinte dos tecidos vegetais e a taxa de acúmulo de biomassa de um pasto é determinada pela taxa com que o nutriente é assimilado pelas plantas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

A radiação influi significativamente na taxa de alongamento das hastes. Admite-se que as maiores taxas de alongamento ocorrem sob condições de primavera e verão, quando as temperaturas máximas e mínimas atingem 33/28°C e 27/22°C, respectivamente. Nas condições de outono, o máximo de alongamento das hastes ocorre com temperaturas de 27/22°C, havendo decréscimos se as temperaturas atingem 33/28°C (FERRARIS et al., 1986).

A captação da radiação incidente pelas culturas depende do seu IAF, posição solar, geometria e tamanho da folha, ângulo de inserção, idade, arranjo das plantas, época do ano e nebulosidade (VARLET-GRANCHER et al., 1989) e ainda da espécie cultivada e de práticas de manejo na cultura. Se o IAF aumentar muito, a produção de MS não acompanhará, porque haverá grande quantidade de folhas basais sombreadas e folhas velhas que serão menos eficientes fotossinteticamente. Além da quantidade de luz, outro aspecto importante da luz diz respeito à sua qualidade, especificamente à relação V/Ve (vermelho/vermelho extremo) da luz incidente em cada camada de folhas. A ativação de gemas e a produção de novos perfilhos são dadas por esta relação V/Ve da radiação incidente, relação essa que é reduzida à medida que se aumenta a área foliar do dossel (MATTHEW et al., 2000). Provavelmente, devido a isso, a produção de novos perfilhos pára antes da área foliar de equilíbrio ser alcançada. Gautier et al. (1999) estudando duas cultivares de azevém perene (*L. perenne* L.) observou que a diminuição da relação V/Ve reduziu o índice de perfilhamento por reduzir o site filling, ao passo que a diminuição da luz azul não teve efeito significativo no perfilhamento. As respostas de perfilhamento ao fluxo de fótons fotossintéticos e a relação V/Ve foram semelhantes nas duas cultivares selecionadas para contrastar o comprimento de folha curta e longa.

A eficiência do uso da radiação pelas plantas depende da interação entre a vegetação e o ambiente, que define como os processos de fotossíntese e transpiração serão afetados pelos elementos climáticos e edáficos ou como a estrutura do dossel afeta a quantidade de radiação incidente que atinge os seus diferentes estratos e sua absorção pelas plantas (RUSSELL et al., 1989). A relação entre a produção de MS e a quantidade de PAR interceptada ou absorvida tem sido amplamente usada para definir a eficiência de uso da radiação pelas culturas (SIVAKUMAR; VIRMANI, 1984; COSTA et al., 1996). Em condições não limitantes, vários autores demonstraram a linearidade da relação entre a MS total acumulada e a disponibilidade da PAR (BISCOE et al. 1975; MONTEITH, 1965, 1977; GALLAGHER; BISCOE, 1978; BONHOMME, 2000; SCHÖFFEL; VOLPE, 2001; SILVA JÚNIOR et al., 2009), mormente quando se considera a comunidade de plantas e não a folha isoladamente. Posteriormente o modelo proposto foi utilizado para caracterizar o comportamento individual e em conjunto de várias espécies (C3 ou C4), em termos de potencial para um dado ambiente (GOSSE et al., 1986). Entretanto, nem sempre o aumento linear de MS, em função da radiação interceptada, resulta em aumentos lineares de produtividade (SHIBLES; WEBER, 1965, 1966; SCHÖFFEL; VOLPE, 2001), evidenciando que há outros fatores relacionados com a produtividade, como potencial genético e disponibilidade de água e nutrientes.

O fluxo de energia dentro do sistema pastoril compreende o captura inicial da energia solar pela vegetação, que a converte em energia química pela fotossíntese nas células clorofiladas das plantas. A ingestão da vegetação pelos herbívoros determina a conversão da energia capturada pelas plantas em produto animal. Na ausência de herbívoros, a energia capturada e transformada pelas plantas é transferida para os decompositores após a senescência. O funcionamento do ecossistema pastagem é caracterizado por fluxos de energia (radiação, calor sensível) e de massa (CO₂, H₂O, N, minerais) entre as plantas de uma comunidade, o solo e atmosfera (LEMAIRE, 2001), representados pelos diferentes processos fisiológicos de captação de energia e nutrientes. Esses fluxos são influenciados pelas características estruturais da população de plantas, em termos de tamanho e distribuição espacial das superfícies de troca, como área foliar e distribuição radicular. Por outro lado, a interação

entre plantas e seu ambiente externo é regulada por fatores fisiológicos, como a difusão estomática de CO₂ e água, fotossíntese e respiração, absorção do nitrato ou fixação de nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O papel fundamental da radiação solar decorre de que mais de 90% do peso seco das plantas provém diretamente da assimilação fotossintética do carbono. A fração mineral absorvida do solo pelas raízes representa apenas 6 a 9% do peso seco total da planta. Neste contexto, o conhecimento do processo da fotossíntese das comunidades vegetais e os fatores que a afetam, torna-se primordial para a otimização da produtividade primária do ecossistema.

A capacidade produtiva de biomassa de um sistema pastoril pode parecer ilimitada considerando-se o imenso e contínuo suprimento de energia solar. Entretanto, a produtividade primária (biomassa vegetal/área/tempo) é muito baixa na maioria dos ecossistemas naturais ou cultivados. A produtividade primária é limitada basicamente por duas categorias de restrições ecológicas. A primeira restrição diz respeito à qualidade da radiação solar que atinge a superfície da terra. Apenas 45% desta energia estão dentro do espectro da radiação que é efetivo para a fotossíntese (PAR = radiação fotossinteticamente ativa compreendida na faixa de comprimentos de onda entre 400 a 700 nm). Os restantes 55% do espectro não são convertidos em energia química, não formando biomassa. No entanto, esta fração é importante para o ecossistema ao ser absorvida na forma de energia calórica pela atmosfera, solo e vegetação, gerando o ambiente térmico necessário às reações de síntese e para funcionamento do ciclo hidrológico e de nutrientes. A segunda categoria de restrições ecológicas que limitam a produtividade primária envolve a disponibilidade de outros fatores abióticos cujo nível pode impedir a máxima captação da energia solar. Água, temperatura e nutrientes frequentemente limitam o desenvolvimento da área de folhas necessária para a máxima captação da radiação fotossinteticamente ativa incidente (NABINGER, 1997, 2001).

4. Nutrientes

A produtividade de uma pastagem de gramíneas depende de vários fatores, como condições climáticas, edáficas e manejo a que são submetidas, principalmente em relação ao nível de nitrogênio, por tratar-se do nutriente mais limitante ao crescimento das plantas (CHAPIN et al., 1987), cuja deficiência afeta negativamente a fotossíntese, reduzindo a síntese e atividade da enzima responsável pela assimilação do CO₂ (Rubisco) (MAKINO et al., 1984). Alterações deste tipo podem ter significado bastante expressivo em termos práticos, podendo-se obter respostas lineares de rendimento de MS até o nível de 300 kg N/ha, em gramíneas sob lotação contínua (Soares, 1999). Por outro lado, o nitrogênio é o insumo de custo mais elevado nas pastagens cultivadas de inverno. Segundo Restle et al. (1999), a adubação nitrogenada (445 kg de uréia/ha) representou 41,77% da composição dos custos para implantação e uso da pastagem de aveia preta mais azevém. Utilizando a mistura de triticale mais azevém, Soares (1999) cita que a adubação nitrogenada (389 kg de uréia/ha) representou 39,86% do custo total da pastagem. Quando há uma adequada oferta de N no solo, a sua maior absorção pela gramínea afeta positivamente a produtividade de forragem, contudo, não se observa um incremento linear no seu conteúdo de N, como consequência do declínio da quantidade de N absorvida por unidade de biomassa adicional (GREENWOOD et al., 1990; LEMAIRE; SALETTE, 1984). A absorção e alocação de N entre os diversos compartimentos da planta contribuem para o entendimento dos processos que governam o fluxo de N e suas relações com a qualidade ambiental e a qualidade do produto, pois a absorção e acumulação de N nos cultivos representam os dois maiores componentes do ciclo do N no agroecossistema (LUSTOSA, 2002).

Algumas características estruturais podem ser modificadas conforme a disponibilidade dos nutrientes para as plantas forrageiras. A produção de perfilhos, que pode ser controlada pela disponibilidade do nitrogênio e, em menor escala, pelo fósforo e o potássio, podendo acentuar o aparecimento de folhas no perfilho, favorecendo maior interceptação de luz. O tamanho da folha é também importante, mas em algumas espécies é inversamente

proporcional à taxa de aparecimento, sendo observadas variações entre e dentro de espécies (HUME, 1991). Em ambiente uniforme, a taxa de aparecimento de folhas é considerada constante, porém é amplamente influenciada por mudanças estacionais, que podem ser causadas pela disponibilidade de água e nutrientes no solo.

Em sistemas de pastejo, a constante remoção da área foliar previne a máxima absorção de luz por um período extenso, minimizando a competição por este recurso, mas pode diminuir o desenvolvimento das raízes, acentuando a competição por nutrientes. O contrário pode ser esperado em sistemas em que se mantém constante a área foliar. Stobbs (1975) verificou que doses crescentes de nitrogênio mineral aplicados à *Setaria anceps* cv. Kazungula aumentaram a produção de MS total e de folhas, particularmente nas camadas superiores do dossel. Pearse e William (1984) avaliando o efeito do intervalo de cortes e doses de adubação nitrogenada em azevém perene constataram o favorecimento da produção de primórdios foliares com a aplicação de nitrogênio. A taxa de alongamento foliar aumentou de 4,2 para 12,1 mm/perfilho.dia, devido à adição de nitrogênio na dose de 132 kg/ha. Davies (1971) verificou que o aparecimento de folhas nessa espécie foi bastante influenciado pela dose de nitrogênio aplicado. Segundo Mazzanti et al. (1994), quando se aumenta a dose de nitrogênio aplicada, sem o conseqüente ajuste da pressão de pastejo, no caso de lotação contínua ou de diminuição no intervalo de descanso em lotação intermitente, pode-se estar permitindo aumento exagerado da senescência, acúmulo de material morto e queda na taxa de crescimento da pastagem. Em geral, ocorre diminuição na duração da vida da folha em alta disponibilidade de nitrogênio, em função da competição por luz, determinada pelo aumento da taxa de alongamento foliar e pelo maior tamanho final das folhas, assim, os resultados de decréscimo na duração da vida da folha com as doses de nitrogênio são explicados pela maior renovação de tecidos em plantas adubadas com nitrogênio. Os primórdios foliares de azevém perene (*L. multiflorum* Lam.) quando estabelecido em solo com condição hídrica adequada e fertilização nitrogenada, passaram a se expandir rapidamente, aumentando o número de folhas vivas/perfilho (MAZZANTI, 1997). Blombäck e Eckersten (1997) simulando o crescimento e a dinâmica de nitrogênio em azevém perene, constataram que o efeito combinado de baixas temperaturas e disponibilidade de N reduziram o crescimento potencial da gramínea em até 80%, limitando a maximização da radiação solar interceptada. O estresse de N isoladamente, contribuiu para a redução do crescimento em 50%, sendo este o principal fator de redução.

Referências Bibliográficas

BAHMANI, I.; HAZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Differences in tillering of long- and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. *Crop Science*, v.40, p.1095-1102, 2000..

BISCOE, P.V.; SCOTT, R.K.; MONTEIH, J.L. Barley and its environment. III. Carbon budget of the stand. *Journal of Applied Ecology*, v.12, p.269-293, 1975.

BONHOMME, R. Beware of comparing RUE values calculated from PAR vs. solar radiation or absorbed vs. intercepted radiation. *Field Crops Research*, v.68, p.247-252, 2000.

BLOMBÄCK, K.; ECKERSTEN, H. Simulated growth and nitrogen dynamics of a perennial rye grass. *Agricultural and Forest Meteorology*. v. 88, p.37-45. 1997.

COSTA, L.C.; MORISON, J.I.L.; DENNET, M.D. Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modeling approaches. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.4, p.11-17, 1996.

DAVIES, A. Changes in growth rate and morphology of perennial ryegrass swards at high and low nitrogen levels. *Journal of Agricultural Science*, v.77, p.123-134, 1971.

DIAS FILHO; M. B. Efeito do estresse hídrico em alguns aspectos agrônômicos e fisiológicos do capim Tobiata (Panicum maximum Jacq. cv. Tobiata) em casa de vegetação. Piracicaba: ESALQ, 1996, 103p. Dissertação de Mestrado.

FERRARIS, R.; MAHONY, M.J.; WOOD, T.T. Effect of temperature and solar radiation on the development of dry matter and attributes of elephant grass (Pennisetum purpureum Schum.). Australian Journal of Agriculture Research, v.37, p.621-632, 1986.

FREITAS, F.A.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F. et al. Análise multivariada de populações de azevém (Lolium multiflorum L.) em diferentes regimes de água. Revista Brasileira de Agrociência, v.9, n.1, p.17-23, 2003.

GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. Journal of Agricultural Science, v. 91, p.47-60, 1978.

GALETI, P.A Conservação do solo, reflorestamento, clima. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 236p. 1982.

GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. Annals of Botany, v.70, p.437-442, 1992.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (Lolium perenne L.) selected for contrasting leaf length. Annals of Botany, v.83, p.423-429, 1999.

GOSSE, .G.; CHARTIER. M.; VARLET-GRANCHER. C.; BONHOME. R.; ALLIRAND. J.M.; LEMAIRE, G. Prediction maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercept par un couvert végétal. Agronomie, v.6, p. 47-58, 1986.

GREENWOOD, D.J.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G.; CRUZ,P,; DRAYCOTT, A.; NEETESON, J.J. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. Annals of Botany. v.66, p.425-436, 1990.

HODGSON, J. Grazing management: science into practice. London: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.

HUME, D.E. Leaf and tiller production of prairie grass (Bromus willdenowwii) and two ryegrass (Lolium) species. Annals of Botany, v.67, p.111-121, 1991.

LARCHER, W. Physiological plant ecology. Berlin: Spring-Verlag, 1975. 252p.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. Proceedings... São Paulo: ESALQ, 2001, p.29-37.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN. D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36

LEMAIRE, G; SALETTE, Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélevement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. 1. Etude de l'effet du milieu. Agronomie, v.4, p.241-249, 1984

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds). Grassland ecophysiology and grazing

ecology. London: CAB International, 2000. p.265-288.

LUSTOSA, S.B.C. Características estruturais e morfogênese de azevém anual em resposta ao nitrogênio. Curitiba: UFPR, 2002. 64p. Tese de Doutorado em Produção Vegetal.

MAKINO, A.; MAE, T.; OHIRA, K. Relation between nitrogen and ribulose 1,5-biphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. *Plant Cell Physical*, v.25, p.429-37, 1984.

MARASCHIN, G.E. Manejo de coastcross-1 sob pastejo. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON. 1995, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1995. p.93-107.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. London: CAB International, 2000. p.127-150.

MATZENAUER, R.; SUTILI, R. A água na cultura do milho. Porto Alegre, *Boletim IPAGRO*, v.11, n.26, p.17-32, 1983.

MAZZANTI, A. Adaptación de especies forrajeras a la defoliación. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAENS COM ANIMAIS, 1., 1997, Maringá. Anais... Maringá: UEM, p.75-84, 1997.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue sward continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. *Grass and Forage Science*, v.49, p.352-359, 1994.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*, v.49, p.111-120, 1994.

MITTELMANN, A.; CORRÊA, B.O.; KUHN, M.D. et al. Produtividade de acessos de azevém anual (*Lolium multiflorum*). In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., Pelotas, 2005. Anais... Pelotas: UFPel, p.23-35, 2005.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. *Annals of Botany*, v.29, p.17-37, 1965.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1997. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997. p.213-251.

NABINGER, C. Manejo da desfolha. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 2001. p.192-210.

PEARSE, P.J.; WILLIAM, D. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. *Journal of Agriculture Science*, v.103, p.405-413, 1984.

PETRY, M. T.; CARLESSO R.; WOLSCHICK. D. et al. Consumo de água e rendimento de grãos de sorgo granífero cultivado em diferentes classes de solo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., Pelotas. 1999. Resumos... Pelotas: SBEA, 1999. 3p.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B. Produção animal e retorno econômico em misturas de gramíneas anuais de estação fria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.2, p.235-243,

1999.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kazungula swards. *Australian Journal of Agriculture Research*, v.24, p.997-1007, 1975.

RODRIGUES, L.R.A; RODRIGUES, T.J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P.R.C; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Eds.). *Ecofisiologia da produção agrícola Piracicaba: POTAFOS*, p.203-230, 1987.

RUSSEL, G.; JARVIS, P.G.; MONTEITH, J.L. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: RUSSEL, G.; JARVIS, P.G.; MONTEITH, J.L. (Eds.). *Plant canopies: their growth, form and function*. Cambridge: Cambridge University, 1989. p.21-39. (Society for Experimental Biology Seminar Series, 31).

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para produção de fitomassa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, n.2, v.9, p.241-249, 2001

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, v.6, p.55-59, 1966.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, v.6, p.575-577, 1965.

SILVA JÚNIOR, L.C.; SILVA, W.J.; BISINOTTO, F.F. Efeito da radiação fotossinteticamente ativa no crescimento e desenvolvimento de gramíneas forrageiras. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009, 4p.

SIVAKUMAR, M.V.K.; VIRMANI, S.M. Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.31, n.1, p.131-141, 1984.

SOARES, A.B. Produção animal em pastagem de triticale (*Xtriticosecale*) mais azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) submetida a níveis de adubação nitrogenada. Santa Maria: UFSM, 189p. 1999. Dissertação de Mestrado.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 3.ed., 2004. 719p.

TIESZEN, L.L.; DETLING, J.K. *Productivity of grassland and tundra*. Berlin: Springer-Verlag, v.12, 1983, p.173-203

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. New York: Comstock Publishing, 1994. 476p.

VARLET-GRANCHER, C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M. et al. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, v.9, p.419-439, 1989.

WILSON, J.R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Farnham: CAB, 1982. p.111-131.

Newton de Lucena Costa (Embrapa Roraima), André Faé Giotri (UFPR), Ricardo Augusto de Oliveira (UFPR), Aníbal de Moraes (UFPR)