



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

Métodos para medição da estrutura do pasto

Revisão apresentada como parte
das exigências da disciplina ZOO752 -
Métodos de Avaliação de Pastagens

Magno José Duarte Cândido
Matrícula 38204/98
magno@alunos.ufv.br

VIÇOSA – MINAS GERAIS
Março/2002

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	2
2. IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA DO PASTO	2
2.1. INTERRELAÇÃO ENTRE ESTRUTURA DO PASTO E CRESCIMENTO VEGETAL	2
2.2. A ESTRUTURA DO PASTO E O DESEMPENHO ANIMAL	5
3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO PASTO.....	8
3.1. ALTURA DO PASTO	8
3.2. DENSIDADE POPULACIONAL DE PERFILHOS	8
3.3. DENSIDADE DE FOLHAGEM	9
3.4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	12
4. SENSORIAMENTO REMOTO E A ESTRUTURA DO PASTO	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1. INTRODUÇÃO

Estrutura do pasto pode ser definida como a distribuição e arranjo dos componentes da parte aérea da planta dentro de uma comunidade (LACA e LEMAIRE, 2000). Várias características são utilizadas para descrever como um pasto está estruturado: altura do pasto, densidade populacional de perfilhos e densidade de forragem, índice de área foliar (IAF), ângulo médio da folhagem, distribuição da biomassa por extrato etc.

Investigar a estrutura do pasto significa considerar que o mesmo não é meramente um aglomerado de tecidos com uma certa composição química e um dado valor nutritivo, mas também tomar conhecimento de como esta comunidade vegetal está usufruindo dos recursos abióticos (luz, água e nutrientes) que lhe são disponibilizados e como o animal está usufruindo da produção primária que lhe é disponibilizada.

Assim, pode-se considerar que as características estruturais estão na interface da planta com o animal, sendo de capital importância para a tomada de decisão correta no manejo de pastagens.

Essa revisão foi elaborada com o objetivo de detalhar a importância da caracterização estrutural do pasto para o crescimento do mesmo e para a sua utilização pelos herbívoros e de descrever os métodos de medição das principais características do pasto.

2. IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA DO PASTO

2.1. Interrelação entre estrutura do pasto e crescimento vegetal

A estrutura do pasto está estreitamente relacionada com a taxa de crescimento deste, uma vez que crescimento pode ser considerado como resultado da: a) aquisição de recursos como carbono e nitrogênio; b) utilização desses recursos para o crescimento e c) senescência, cujo saldo líquido é d) acúmulo de forragem que poderá ser utilizada pelo animal. Essa interdependência entre estrutura e crescimento decorre do fato de que a forma como os componentes da parte aérea da planta estão distribuídos afeta grandemente a capacidade de aquisição de recursos da planta. Por sua vez, a forma

como se desenrola o crescimento da planta ao longo do tempo determinará o arranjo e distribuição final dos componentes da parte aérea, que é a estrutura (Figura 1).

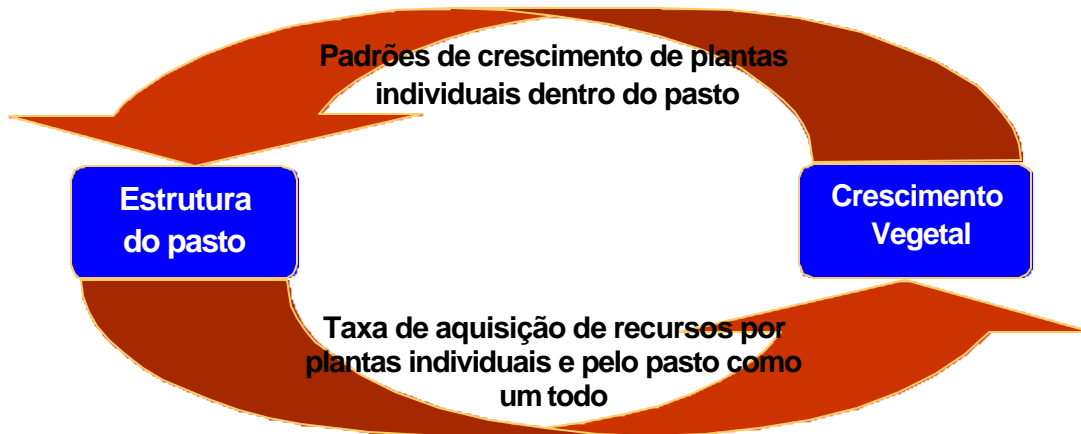


Figura 1 – Representação esquemática da interdependência entre a estrutura do pasto e o seu crescimento.

O principal papel que a estrutura do pasto tem no seu crescimento diz respeito à interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), que é a porção da energia luminosa proporcionada pelo espectro de radiação solar que pode ser aproveitada pela planta para realizar fotossíntese.

Essa RFA é interceptada em diferentes intensidades, dependendo da estrutura do dossel, principalmente no que se refere à cobertura de folhas em relação à superfície do solo (IAF) e ao ângulo médio da folhagem, o que é visualizado pela seguinte equação, que também inclui o quanto da RFA interceptada efetivamente fica na folha para ser utilizada na fotossíntese:

$$E_a = K_1 \left(1 - e^{-K_2 \text{ IAF}} \right)$$

onde:

E_a = eficiência de absorção da RFA incidente;

K_1 = coeficiente relacionado às propriedades óticas das folhas;

K_2 = coeficiente de extinção, relacionado ao ângulo médio da folhagem;

IAF = índice de área foliar (m^2 de folhas/ m^2 de solo).

Segundo Varlet-Grancher et al. (1989), citados por LACA e LEMAIRE (2000), um valor de 0,95 sempre é atribuído para K_1 na maioria das espécies estudadas. Já os valores de K_2 podem variar de 0,5-0,6 em plantas do tipo erectófilas, como *Festuca arundinacea*, até 0,8-0,9 para plantas do tipo planófilas, como *Medicago sativa* e *Digitaria decumbens*.

Nas espécies com folhas planófilas (K_2 elevado), grande quantidade de RFA é interceptada como pequena quantidade de folhagem, limitando o IAF crítico (IAF atingido quando 95% da RFA é interceptada) a um valor baixo, caracterizando baixa eficiência de utilização da RFA incidente e repercutindo em baixa produção de forragem, que é estreitamente relacionada ao IAF (GOMIDE, 2001). FAURIE et al. (1996), investigando a partição e utilização de luz em pastos mistos de azevém perene (*Lolium perenne*) + trevo (*Trifolium repens*), relataram menor eficiência de utilização da RFA incidente para o trevo, o que estava aparentemente relacionado com maior quantidade de RFA incidente interceptada, por unidade de área, pelas suas lâminas foliares, as quais caracteristicamente são planófilas. Além disso, existe uma grande dificuldade de reaproveitamento da RFA transmitida pelas camadas superiores do dossel. Já nas espécies erectófilas (K_2 reduzido), o arranjo da folhagem permite melhor distribuição da RFA incidente ao longo de perfil do dossel, além de permitir melhor aproveitamento da RFA transmitida das camadas superiores (Figura 2).

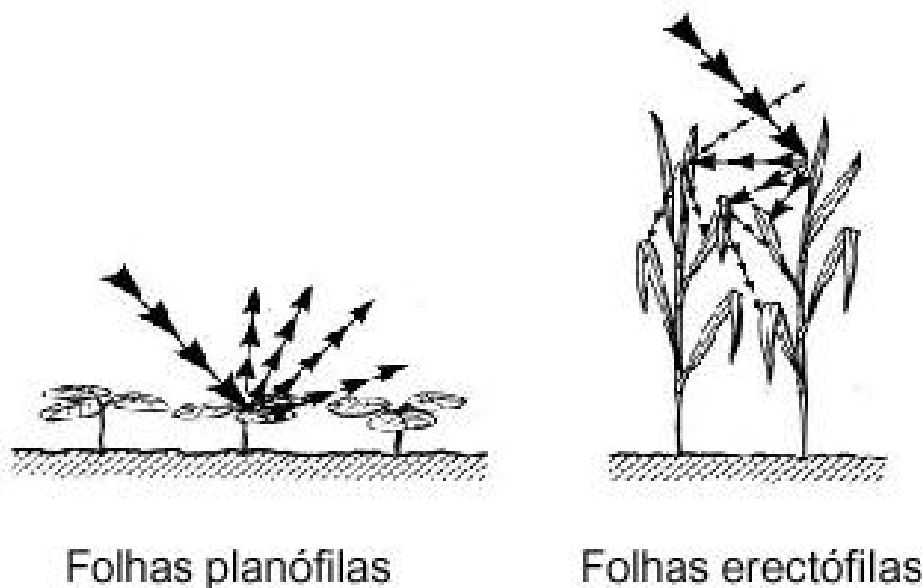


Figura 2 – Ação do ângulo foliar sobre a distribuição de luz no perfil do dossel (Gillet, 1984, citado por PEDREIRA et al., 2001).

A distribuição da folhagem nas camadas do perfil do dossel também afeta de forma marcante a interceptação e a distribuição de luz e, nesse sentido, é importante conhecer como o IAF está arranjado verticalmente no dossel. Essa distribuição tem implicação não só do ponto de vista morfológico, afetando a proporção da forragem que é removida pelo corte ou pastejo a uma determinada altura, mas também é importante fisiologicamente nos processos de fotossíntese e competição por luz, especialmente em pastagens consorciadas, pois as folhas não recebem radiação de maneira uniforme, tendo as folhas apicais uma tendência de receber mais luz que as folhas basais (PEDREIRA et al., 2001), o que reduz a atividade fotossintética destas e prejudica a taxa de crescimento do pasto como um todo.

2.2. A estrutura do pasto e o desempenho animal

As características estruturais do pasto, têm grande influência sobre o desempenho dos animais em pastejo, o qual pode ser mais bem interpretado em função do consumo dos animais (MOORE e SOLLENBERGER, 1997).

O consumo dos animais em pastejo é função do tempo de pastejo (TP) e da taxa de ingestão (TI) (ALLDEN e WHITTAKER, 1970). Esta por sua vez, é função da ingestão por bocado (IB) e da taxa de bocado (TB) (COSGROVE, 1997), variáveis grandemente afetadas pela estrutura do pasto (Figura 3).

A maior altura do pasto afeta negativamente o consumo pela menor participação de folhas nas camadas superiores do pasto e apresenta alta correlação negativa com o tamanho do bocado (STOBBS, 1973b; PENNING et al., 1991), em função da dificuldade de apreensão da forragem com a presença de colmos mais longos (BARTHAM e GRANT, 1984). STOBBS (1973b) observou que, na medida em que avançava o período de crescimento, de duas até oito semanas, a altura do pasto de *Setária anceps* e *Chloris gayana* se elevava de 15 para 60 cm ou mais e a proporção de folhas na biomassa total da parte aérea diminuía de 83 para 44 %, comprometendo o tamanho do bocado (Figura 4). Tal fato também foi verificado por SILVA et al. (1994) em pasto de capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.).

A densidade do pasto afeta o consumo tanto pela sua disposição horizontal – densidade populacional de perfilhos, quanto vertical – densidade de forragem. A menor densidade de perfilhos afeta negativamente principalmente a taxa de ingestão

(UNGAR e NOY-MEIR, 1988), através do comprometimento no tamanho do bocado não compensado pelo aumento na taxa de bocado (BLACK e KENNEY, 1984) acarretando redução do consumo. Também afeta negativamente o tamanho do bocado pelo maior tamanho individual dos perfilhos, com maior proporção de tecidos de sustentação os quais são evitados pelo animal no momento da apreensão da forragem (BARTHAM, 1981). A menor densidade de forragem, por sua vez, afeta negativamente o tamanho do bocado, o qual é função da área do bocado e da profundidade do bocado pois, ao buscar atingir uma maior área no movimento de apreensão da forragem o que, a princípio, levaria ao aumento no tamanho do bocado, o animal compromete em maior intensidade a profundidade do bocado (LACA et al., 1992). Da mesma forma, STOBBS (1973a) comparando pastos com diferentes densidades de forragem em função de adubação nitrogenada, reguladores de crescimento e de diferenças na composição botânica, verificou menores bocados nos pastos de menor densidade.

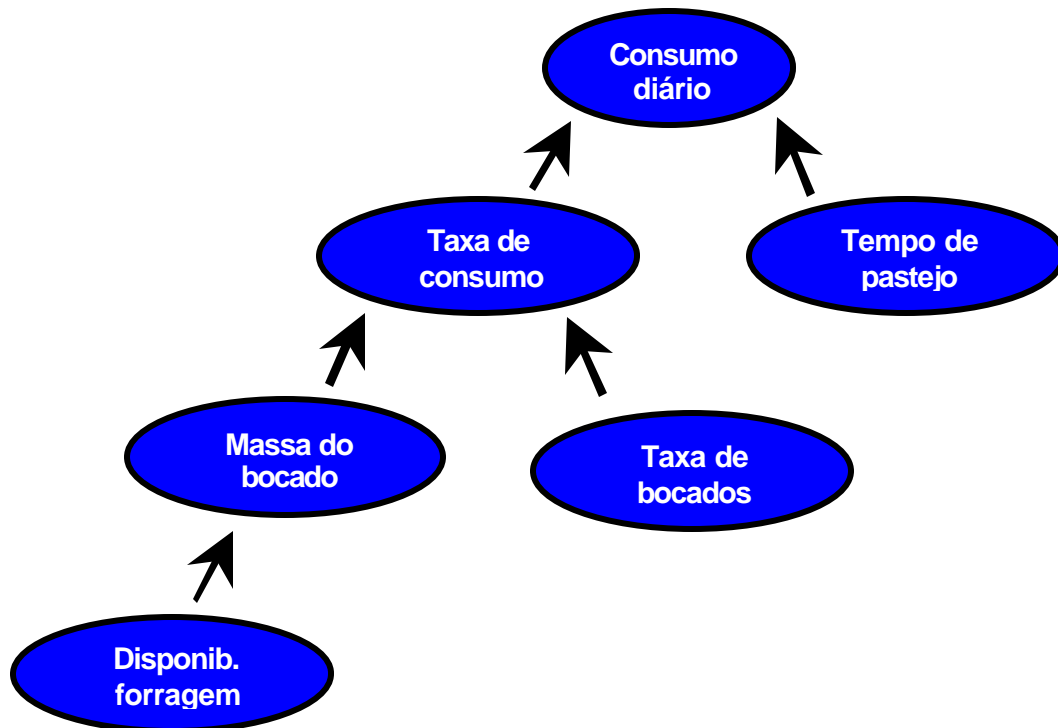


Figura 3 - Efeito de uma característica estrutura do pasto (disponibilidade de forragem) sobre o comportamento ingestivo e o consumo diário de forragem (adaptado de Cangiano, 1999, citado por CARVALHO et al., 2001).

A relação folha/colmo também tem influência no consumo devido à preferência dos animais pelas folhas (FORBES e HODGSON, 1985), que apresentam maior facilidade de apreensão e maior valor nutritivo. Ainda que o animal possa compensar o menor valor nutritivo do pasto via pastejo seletivo (BREDON et al., 1967; MANNETJE, 1974; CHACON e STOBBS, 1976), ou aumento no tempo de pastejo (CHACON e STOBBS, 1976; EUCLIDES et al., 1999), o consumo será comprometido pela redução na taxa de bocado (FORBES e HODGSON, 1985).

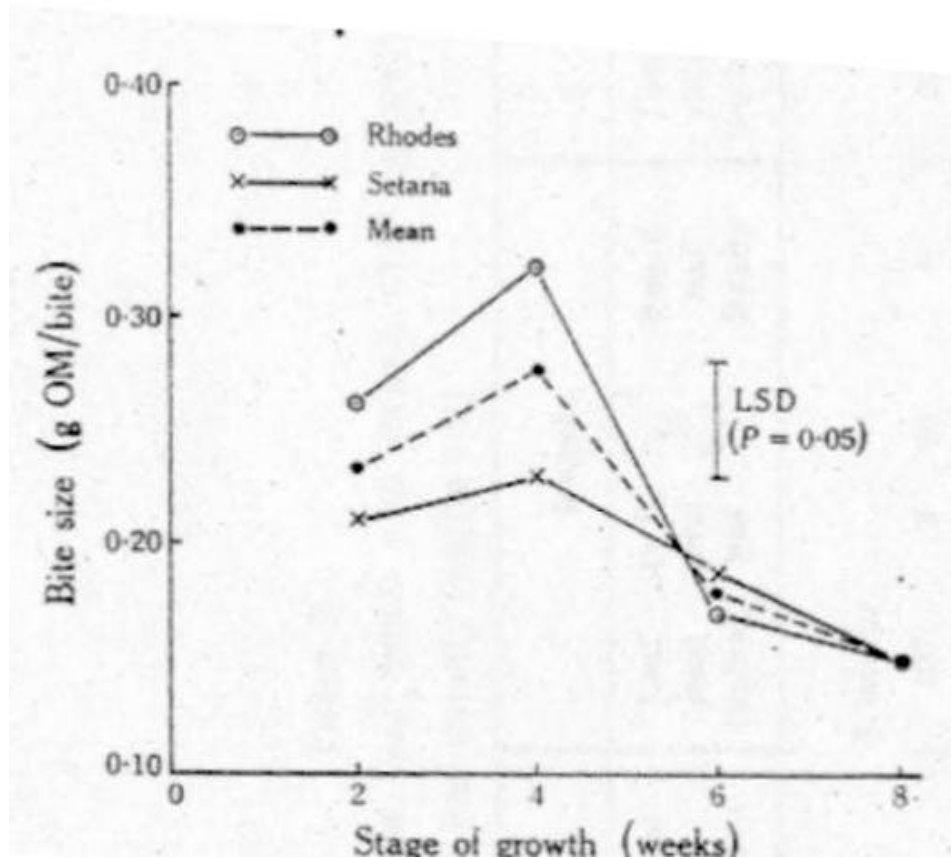


Figura 4 - Tamanho do bocado em vacas Jersey pastejando capins setaria (*Setaria anceps* cv. Kazungula) e rhodes (*Chloris gayana*) em diferentes estágios de crescimento. O menor tamanho do bocado nas primeiras semanas de crescimento decorre da altura do pasto ser inferior à ideal para facilitar o movimento de apreensão da forragem. Uma vez que essa altura mínima é alcançada, o tamanho do bocado passa a ter relação inversa com a altura do pasto (STOBBS, 1973b).

3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO PASTO

3.1. Altura do pasto

Essa característica por si só não apresenta boa correlação com o desempenho animal no que concerne a pastos tropicais, que apresentam distribuição heterogênea da folhagem ao longo do perfil do dossel (FORBES, 1988). No entanto, pela praticidade de sua determinação, é uma ferramenta importante no acompanhamento da condição do pasto dentro de um manejo preconizado.

Um equipamento simples mas eficiente para medição da altura do pasto foi desenvolvido na Inglaterra (Bircham, 1981, citado por RHODES e COLLINS, 1993). Consiste numa régua cilíndrica e graduada que desliza no interior de outro cilindro com um canal longitudinal vazado, por onde desliza livremente na vertical uma haste. Essa haste, ao tocar a primeira parte de um órgão vegetal é paralisada, procedendo-se à leitura da altura no cilindro externo. Para gramíneas cespitosas, o número de pontos amostrados para obtenção de uma estimativa da altura média com coeficiente de variação (CV) de 15% deve ser em torno de 35 para um piquete com área inferior a 2400 m². A pequena redução no CV com mais pontos amostrados torna sem efeito a tentativa de se aumentar a precisão buscando-se maior número de amostragens além do recomendado (CÂNDIDO¹, dados não publicados).

Outro método, citado por CARNEVALLI et al. (2001), avaliando o desempenho de ovinos em pastos de *Cynodon* spp. sob lotação contínua, consiste em se utilizar uma folha de acetato (transparência) colocada aleatoriamente em alguns pontos do pasto, onde são lidas a maior e a menor altura com uma régua, obtendo-se assim a média.

Já ALMEIDA et al. (2000), investigando a dinâmica de pasto de capim elefante-anão 'Mott' (*Pennisetum purpureum*) pastejado por bovinos sob diferentes ofertas de forragem residual, utilizaram uma régua graduada observada á distancia de, aproximadamente cinco metros, à altura de curvatura das folhas.

3.2. Densidade populacional de perfilhos

Essa característica tanto permite avaliar a persistência de um pasto, a partir de medidas tomadas periodicamente durante um longo intervalo de tempo, como também

¹ CÂNDIDO, M.J.D. Universidade Federal de Viçosa, Doutorando em Zootecnia, magno@alunos.ufv.br.

caracteriza a dinâmica populacional da unidade estrutural básica do pasto (perfilho) e ainda são úteis quando se deseja estimar produção e acúmulo de forragem a partir de estimativas morfofenéticas.

GOMIDE (2001), investigando a morfofisiologia do capim Mombaça sob pastejo rotativo por bovinos utilizou o seguinte método. Dois ou três dias após a saída dos animais dos piquetes, três observadores faziam a contagem do número de touceiras em 50m². Nesta mesma área, touceiras representativas da média tiveram seus perfilhos vivos contados para a determinação do número de perfilhos por planta. A densidade da população de perfilhos era obtida como o produto destas duas variáveis.

Uma alternativa a este método, ainda carecendo de comprovação científica, seria em experimentos onde já é utilizada uma armação para determinação da massa forrageira, aproveitar esse utensílio para se proceder à contagem do número de perfilhos dentro do mesmo, tantas vezes quantas forem o número de amostras para a estimativa da massa forrageira. A contagem deveria ser feita antes do corte, quando rente ao solo, ou, do contrário, após o corte para ser facilitada.

Para determinação da densidade populacional de perfilhos em gramíneas estoloníferas, CARNEVALLI e SILVA (1999) utilizaram amostradores circulares de 22 cm de diâmetro, totalizando área de 0,04 m², aproximadamente, lançados ao acaso na área, dez vezes, perfazendo 140 amostras/ha ou 5,6 m² de área amostrada/ha. Todos os perfilhos vivos presentes no interior do amostrador era contado.

3.3. Densidade de folhagem

Numa investigação experimental da relação entre estrutura do dossel e eficiência de utilização de luz, é essencial que a estrutura do dossel seja quantificada em termos da distribuição vertical do IAF e das frações da planta ao longo do perfil do dossel, o que pode ser obtido estimando-se a densidade de folhagem.

Segundo WARREN WILSON (1959), a densidade da folhagem seria o total de área de folhagem - entendendo-se folhagem como todos os órgãos componentes da parte aérea da planta - por unidade de volume, contudo esse conceito pode ser extrapolado para matéria seca de folha por extrato do perfil do dossel. Para a estimativa dessa característica, um método pioneiro é o do ponto-quadrado, desenvolvido por Levy e Madden em 1933 (WARREN WILSON, 1959) e que consistia numa estimativa quantitativa do pasto através do deslocamento de agulhas longas verticalmente ao longo

do perfil do dossel, registrando-se o número de contatos entre a ponta das agulhas e a folhagem.

Já o método descrito por WARREN WILSON (1959) consistiu no registro, dentro de camadas sucessivas do dossel do contato entre a folhagem e agulhas posicionadas verticalmente e horizontalmente, obtendo-se assim o ângulo médio da folhagem com a horizontal e a densidade da folhagem por camada. A soma da densidade da folhagem de todas as camadas proporcionava uma estimativa do índice de área foliar (área de superfície de lâmina foliar – apenas uma superfície – por unidade de área de solo).

Através desse método, WARREN WILSON (1959) constatou que o ângulo médio da folhagem de azevém (*Lolium multiflorum*) decrescia de 86,6 para 21,7° quando a altura do pasto variou de zero a 28 cm. Da mesma forma, a densidade da folhagem, decresceu de 0,304 para 0,007 cm²/cm³. Com tais informações, pôde-se caracterizar a folhagem do dossel de azevém, para as condições desse estudo como sendo mais densa e ereta próximo ao solo e com folhas cada vez mais curvadas em direção ao topo do dossel. Ainda segundo esse autor, o método apresenta duas limitações: a) a espessura da agulha que deve ser mínima, pois um diâmetro de 2 mm superestima a área da folhagem em 5% para folhas com largura de 4 cm, mas em 200% para folhas com largura de 1 mm; b) o método só é adequado para pastos cuja altura não ultrapasse um metro, o que limita o seu uso em pastos de gramíneas cespitosas tropicais, cuja altura média facilmente pode chegar a 1,5-2,0 m.

Outra limitação do método dizia respeito ao posicionamento vertical da agulha, o que, segundo WARREN WILSON (1960) acarretava em medição não da área vertical da folhagem, mas da sua projeção vertical, subestimando a área foliar real para espécies erectófilas e superestimando a área foliar real para as planófilas.

Assim é que o método do ponto-quadrado inclinado não registra valores extremos de área de folhagem (100% para folhagem completamente horizontal e 0% para folhagem totalmente vertical). Conseqüentemente, a estimativa da área foliar será bem mais acurada que nos pontos-quadrados verticais.

Os primeiros trabalhos com ponto-quadrado inclinado adotaram um ângulo de 45°, mas WARREN WILSON (1960) relatou que a maior acurácia foi obtida com inclinação 32,5°. GRANT (1993), por sua vez, ressaltou que a utilização de uma única agulha inclinada a 32,5° permitia estimativas com amplitude total de intervalo de confiança de 20%, ao passo que a utilização de duas agulhas inclinadas, uma com 13° e a outra com 52° de inclinação, reduzia a amplitude total do intervalo de confiança para a

estimativa para 4%. A figura 5 ilustra um ponto-quadrado adaptado para utilização tanto com agulhas verticais como com agulhas inclinadas.

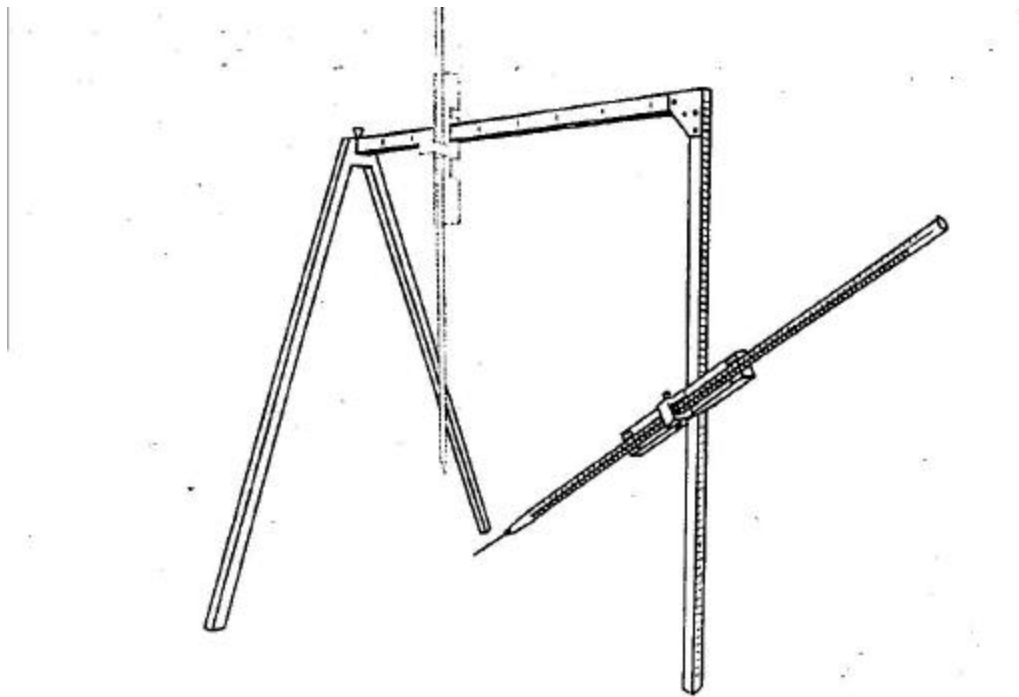


Figura 5 - Um ponto-quadrado projetado para ser utilizado com uma agulha na vertical ou com uma inclinação de 32,5° com a horizontal (GRANT, 1993).

Outro método, descrito por RHODES (1971), permite coletar uma camada estreita do dossel com um mínimo de perturbação. O equipamento consiste basicamente de uma caixa estreita e alta aberta na base, cujas dimensões podem ser visualizadas na Figura 6.

Uma das laterais da caixa é composta por sarrafos de madeira de 4 cm de largura, com um espaço entre cada um deles. A caixa é alocada sobre o solo na área a ser amostrada. O dossel é então cortado ao nível do solo, sendo recolhida toda a biomassa por extrato. O equipamento é então removido do pasto e disposto horizontalmente numa superfície, quando os sarrafos individuais podem ser abertos e as camadas de biomassa cortadas e removidas. Uma vantagem dessa técnica é que o procedimento de corte estratificado pode ser padronizado, proporcionando grande repetibilidade dos resultados entre experimentos.

A desvantagem refere-se à grande mão-de-obra requerida para fazer grande quantidade de amostras.

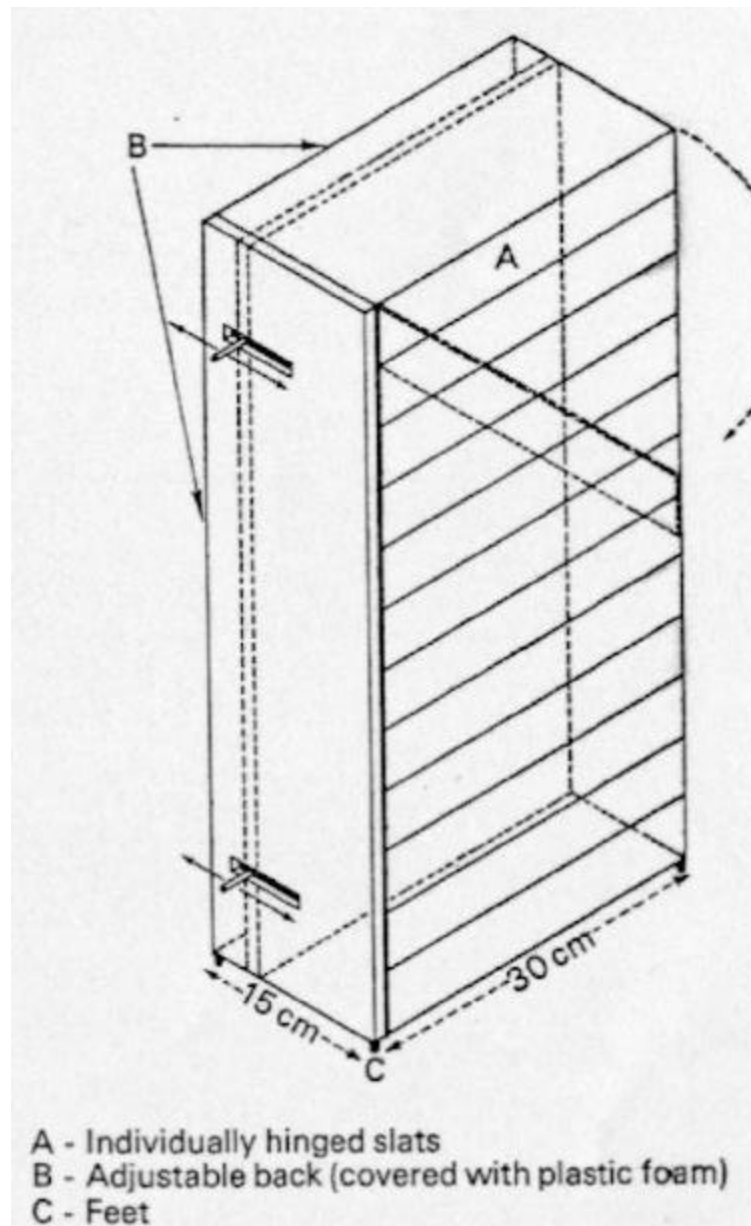


Figura 6 – Representação esquemático de um equipamento para corte estratificado (RHODES, 1971).

3.4. Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF), área de superfície de lâmina foliar (somente um lado) por unidade de área de solo, pode ser estimado de forma direta ou indireta.

A forma direta consiste em se coletar toda a biomassa presente dentro de uma armação de área conhecida. Essa amostra é levada ao laboratório e seu peso fresco é

registrado. Em seguida, é efetuada uma sub-amostragem onde, na sub-amostra é efetuada a separação entre colmo/bainha e lâmina foliar, sendo pesadas essas duas frações. A seguir, as lâminas foliares dessa sub-amostra têm sua área estimada por meio de um aparelho de leitura ótica similar a um “scanner”, podendo ser manual ou de mesa, o qual envia as informações para um integrador de área foliar, que soma todas as áreas de folhas lidas pelo “scanner” tantas vezes quanto necessárias para completar a sub-amostra. Outra possibilidade, em não dispondo do “scanner” e do integrador de área foliar, é fazer medidas de largura e comprimento em segmentos razoavelmente uniformes de lâmina foliar por meio de uma régua, multiplicando as medidas e somando as áreas, obtendo-se área foliar da sub-amostra. A sub-amostra de área de lâmina foliar conhecida é então pesada novamente e seu peso-fresco registrado. Por regra-de-três, obtém-se a área de lâmina foliar da amostra total, cujo peso fresco tinha sido registrado anteriormente. Sabendo-se a área da armação utilizada para fazer a amostragem, é possível calcular a área de lâmina foliar por unidade de solo.

É um método que apresenta boa acurácia. No entanto, sua precisão dependerá do número de amostras efetuadas, o que é um limitante para tal método, uma vez que cada amostra obtida demanda bastante trabalho. Além disso, é um método destrutivo, não sendo recomendado para áreas muito pequenas, ou quando se desejar fazer medidas repetidas no tempo.

Outro método que pode ser utilizado e não é destrutivo é o do ponto-quadrado. GROENEVELD (1997) utilizou o ponto-quadrado para estimar o índice de área foliar em oito espécies, incluindo arbustos e gramíneas herbáceas, presentes no Owens Valley, um ecossistema árido da Califórnia, oeste dos Estados Unidos. Relatou que a correção das frequências derivada do ponto-quadrado vertical requerem um coeficiente K igual a 0,5, ou seja, o IAF de qualquer dessas espécies poderia ser estimado simplesmente multiplicando a frequência de contato do ponto-quadrado por dois.

Um outro método que permite associar grande quantidade de pontos amostrados e de forma não-destrutiva é através estimacão da RFA interceptada pelo dossel. Para tanto, há vários equipamentos disponíveis no mercado, como o sistema de análise de dossel, da Delta-T inglesa (Figura 7).

Esse equipamento consiste em um solarímetro posicionado acima do topo do dossel para medir a RFA total incidente, uma sonda que é posicionada ou na base do dossel ou em alguma altura pré-determinada, a fim de se obter uma estimativa da RFA transmitida naquele ponto, obtendo-se então a porcentagem da RFA incidente que foi

interceptada até aquele ponto. Os dados são integrados por meio de um computador portátil, provido das equações de extinção da luz similares às desenvolvidas por Monsi e Saeki, que calcula o IAF e também o ângulo médio da folhagem.



Figura 7 – Sistema de análise de dossel, Sun-scan, Delta-T Devices, Cambridge, Inglaterra.

Segundo WELLES e NORMAN (1991) utilizando um equipamento similar produzido pela LI-COR (LI-COR LAI-2000), várias medições abaixo do dossel são efetuadas para se obter uma média espacial mais representativa da vegetação em estudo. Assim, sugerem que dez medições seriam suficientes, dependendo da heterogeneidade do dossel e do tamanho da área que está sendo investigada e para a qual os dados serão extrapolados.

Com esse mesmo equipamento, ainda é possível estimar a eficiência de absorção da RFA total incidente. Para tanto, basta após ser efetuada a leitura da RFA transmitida na base do dossel, posicionar a sonda no topo do dossel, mas com a superfície que contém os sensores voltada para baixo, promovendo-se a leitura da RFA refletida. A eficiência de absorção da radiação será dada pela fórmula:

$$E_a = \frac{RFA_a}{RFA_0} = \frac{(RFA_0 - RFA_t - RFA_r)}{RFA_0}$$

onde:

E_a = eficiência de absorção da radiação fotossinteticamente ativa (% RFA_0);

RFA_a = radiação fotossinteticamente ativa absorvida;

RFA_0 = radiação fotossinteticamente ativa total incidente no topo do dossel;

RFA_t = radiação fotossinteticamente ativa transmitida na base do dossel;

RFA_r = radiação fotossinteticamente ativa refletida de volta para a atmosfera.

As vantagens desse método são que os dois parâmetros (IAF e ângulo médio da folhagem) podem ser medidos rapidamente e, por não ser destrutivo, as medições podem ser repetidas exatamente no mesmo ponto para investigar a dinâmica do desenvolvimento da área foliar. A restrição reside no tamanho da sonda, que pode causar perturbações à estrutura do dossel, limitando seu uso a dosséis altos, sendo um equipamento inapropriado para dosséis densos e de porte muito baixo (LACA e LEMAIRE, 2000).

BRENNER et al. (1995) compararam vários métodos para estimativa da área foliar em dosséis arbustivos. Relataram que o equipamento LAI-2000 além de fornecer estimativas instantâneas do IAF, ao passo que o ceptômetro requeria medições ao longo do dia, também foi o equipamento mais fácil de se manusear no campo. A restrição do LAI-2000 é o fato de requerer um céu completamente aberto. Já o Sun-scan da Delta-T (Figura 7) não tem restrição quanto à nebulosidade, uma vez que as leituras de RFA acima e abaixo do dossel são efetuadas simultaneamente.

4. SENSORIAMENTO REMOTO E A ESTRUTURA DO PASTO

A investigação de padrões espaciais requer que a localização de todas as medições sejam registrada com precisão. Essa localização pode ser proporcionada ou em relação a uma origem arbitrária, como um marco, uma árvore, um poste etc., ou em coordenadas geográficas. O sistema de posicionamento global (GPS) permite registro eficiente das coordenadas, mas para grande parte dos estudos onde a resolução necessária é inferior a 5m, o custo do equipamento pode ser alto, particularmente se é necessário transitar por posições predeterminadas por um sistema de amostragem casualizado. Nesse caso, a

utilização do GPS requererá correção em tempo real. Mesmo assim, o deslocamento seria extremamente lento e desgastante. A melhor solução envolveria uma trilha uniforme para qual componentes casualizados seriam adicionados como desvios dos pontos conhecidos.

O sensoriamento remoto pode ser grandemente facilitado pelo uso de um GPS mais barato em conjunto com equipamentos de pesquisa tradicionais ou de última geração. Um equipamento chamado “range meter”, desenvolvido pela Lasertech, dos Estados Unidos, não requer refletores espaciais nem necessita ocupar a mesma localização da posição que está sendo investigada. Laca e Fehmi (1998), citados por LACA e LEMAIRE (2000) utilizaram um equipamento desse tipo para registrar áreas inferiores a 1 m² pastejadas por rebanhos de herbívoros sem nenhuma perturbação dos animais, conforme está ilustrado na Figura 8. O mesmo instrumento foi utilizado para percorrer as áreas de pastejo para medir características do pasto. A capacidade de descarregar as informações desse equipamento diretamente para um “laptop” permite o registro simultâneo da posição, hora e comportamento de pastejo do rebanho.

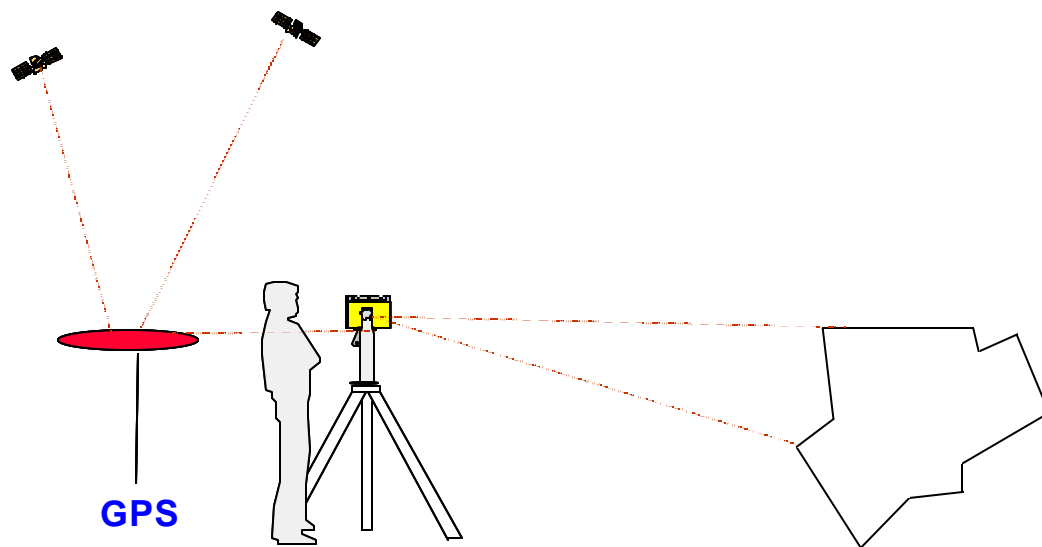


Figura 8 - Representação esquemática da utilização do sensoriamento remoto na investigação da estrutura do pasto (adaptado de Criterium 300, Laser Technology Inc., Engelwood, Colorado, USA, disponível em <http://www.lasertech.com>).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, percebe-se que a estrutura do pasto é determinante do crescimento vegetal, dinâmica de comunidades e processos de pastejo e produção. No entanto, precisa-se considerar que nem sempre é necessário se fazer avaliação da estrutura do pasto a não ser que os processos acima descritos sejam o objetivo da pesquisa.

Uma grande variedade de métodos está disponível para avaliar as diferentes características estruturais, desde métodos diretos até os indiretos. Os primeiros geralmente são mais acurados, mas são tediosos e trabalhosos em dosséis pequenos e inviáveis em grandes áreas. Já os métodos indiretos oferecem meios de se medir vários parâmetros da estrutura do pasto. Nesse caso, deve se ter o cuidado de calibrar o método com alguma medição direta e monitorar a correlação entre os dois ao longo do tempo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLDEN, W.G., WHITTAKER, I.A.McD. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Aust. J. Agric. Res.**, v.21, n.5, p.755-766, 1970.
- ALMEIDA, E.X., MARASCHIN, G.E., HARTHMANN, O.E.L. et al. Oferta de forragem de Capim-Elefante Anão 'Mott' e a dinâmica da pastagem. **Rev. bras. zootec.**, v.29, n.5, p. 1281-1287, 2000.
- BARTHAM, G.T. Sward structure and the depth of the grazed horizon. **Grass Forage Sci.**, v.36, n.2, p.130-131, 1981.
- BARTHAM, G.T., GRANT, S.A. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. **Grass Forage Sci.**, v.39, n.3, p.211-219, 1984.
- BLACK, J.L., KENNEY, P.A. Factors affecting diet selection by sheep. II – Height and density of pasture. **Aust. J. Agric. Res.**, v.35, n.4, p.565-578, 1984.
- BREDON, R.M., TORELL, D.T., MARSHALL, B. Measurement of selective grazing of tropical pastures using esophageal fistulated steers. **J. Range Manage.**, v.20, n.5, p.317-320, 1967.
- BRENNER, A.J., CUETO ROMERO, M., GARCIA HARO, J. et al. A comparison of direct and indirect methods for measuring leaf and surface areas of individual bushes. **Plant Cell Environm.**, v.18, n.11, p.1332-1340, 1995.

- CARNEVALLI, R.A., SILVA, S.C. Validação de técnicas experimentais para avaliação de características agronômicas e ecológicas de pastagens de *Cynodon dactylon* cv. 'coastcross-1'. **Scientia Agric.**, v.56, n.2, p. 489-499, 1999.
- CARNEVALLI, R.A., SILVA, S.C., FAGUNDES, J.L. et al. Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de tifton 85 (*Cynodon* spp.) sob lotação contínua. **Scientia Agric.**, v.58, n.1, p. 7-15, 2001.
- CARVALHO, P.C.F., RIBEIRO FILHO, H.M.N., POLI, C.H.E.C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS /REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** MATTOS, W.R.S. et al. Ed. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.
- CHACON, E., STOBBS, T.H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Aust. J. Agric. Res.**, v.27, n.5, p.709-727, 1976.
- COSGROVE, G.P. Grazing behaviour and forage intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 59-80.
- EUCLIDES, V.P.B., THIAGO, L.R.L.S., MACEDO, M.C.M., OLIVEIRA, M.P. Consumo voluntário de forragem de três cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. **Rev. bras. zootec.**, v.28, n.6, p. 1177-1185, 1999.
- FAURIE, O., SOUSSANA, J.F., SINOQUET, H. Radiation interception, partitioning and use in grass-clover mixtures. **Ann. Bot.**, v.77, n.1, p.35-45, 1996.
- FORBES, T.D.A. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. **J. Anim. Sci.**, v.66, n.9, p.2369-2379, 1988.
- FORBES, T.D.A., HODGSON, J. Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep. **Grass Forage Sci.**, v.40, n.1, p.69-77, 1985.
- GOMIDE, C.A.M. **Características Morfofisiológicas Associadas ao Manejo do Capim-Mombaça (*Panicum Maximum* Jacq.)**. Viçosa: UFV, 2001. 100p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- GRANT, S. Resource description: vegetation and sward components. In: DAVIES, R.D. et al. eds. **Sward measurement Handbook**, 2nd ed., Reading, 1993. p.69-98.

- GROENEVELD, D.P. Vertical point quadrat sampling and an extinction factor to calculate leaf area index. **J. Arid Environm.**, v.36, p.75-485, 1997.
- LACA, E.A., LEMAIRE, G. Measuring Sward Structure. In: MANNETJE, L., JONES, R.M. eds . **Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p.103-121.
- LACA, E.A., UNGAR, E.D., SELIGMAN, N., DEMMENT, M.W. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass Forage Sci.**, v.47, n.1, p.91-102, 1992.
- MANNETJE, L. Relations between pasture attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12, 1974, Moscow. **Proceedings...** Moscow: s. ed., 1974. p.299-304.
- MOORE, J.E., SOLLENBERGER, E. Techniques to predict pasture intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 59-80.
- PEDREIRA, C.G.S., MELLO, A.C.L., OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS /REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** MATTOS, W.R.S. et al. Ed. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 772-807.
- PENNING, P.D., PARSONS, A.J., ORR, R.J., TREACHER, T.T. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. **Grass Forage Sci.**, v.46, n.1, p.15-28, 1991.
- RHODES, I. Productivity and canopy structure of two contrasting varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown in a controlled environment. **J. Br. Grassl. Soc.**, v.26, n.1, p.9-15, 1971.
- RHODES, I., COLLINS, R.P. Canopy structure. In: DAVIES, R.D. et al. eds. **Sward measurement Handbook**, 2nd ed., Reading, 1993. p.139-156.
- SILVA, D.S., GOMIDE, J.A., QUEIROZ, A.C. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Mott): Efeito sobre o valor nutritivo, consumo de pasto e produção. **Rev. bras. zootec.**, v.23, n.3, p.453-464, 1994.
- STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. **Aust. J. Agric. Res.**, v.24, n.6, p.809-819, 1973a.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Aust. J. Agric. Res.**, v.24, n.6, p.821-829, 1973b.

UNGAR, E.D., NOY-MEIR, I. Herbage intake in relation to availability and sward structure: grazing processes and optimal foraging. **J. Appl. Ecol.**, v.25, n.3, p.1045-1062, 1988.

WARREN WILSON, J. Analysis of the spatial distribution of foliage by two-dimensional point quadrats. **New Phytol.**, v.58, n.1, p.92-99, 1959.

WARREN WILSON, J. Inclined point quadrats. **New Phytol.**, v.59, n.1, p.1-8, 1960.

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