

# AVANÇOS METODOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DE PASTAGENS

CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA

Departamento de Produção Animal

USP - ESALQ

Piracicaba, SP 13418-900

## Introdução

O estabelecimento da competitividade crescente dentro dos diversos setores da economia em anos recentes, fruto das medidas de estabilização originadas do Plano Real, tem incentivado e até mesmo forçado o aumento da eficiência dos processos produtivos e da qualidade do produto nos mais variados setores de produção. Isto faz com que os empreendimentos – inclusive os do setor primário, como a agricultura e a pecuária – não só reconheçam, mas sintam a necessidade de se afastar da extensificação e do extrativismo, buscando a tecnificação e a intensificação como alternativa potencial para a redução dos custos de produção por unidade de produto gerado (Euclides & Euclides Filho, 1997). Nesse contexto surge a crescente importância do conceito de escala de produção, e é nítida a tendência para redução da margem de lucro (já pequena na atividade pecuária) e aumento nos riscos, por ocasião da tomada de decisão. Daí a necessidade dessa tomada de decisão ser avaliada e feita dentro de critérios técnicos provados, principalmente no caso do produtor profissionalizado dedicado à pecuária empresarial.

A demanda por tecnologia tende a aumentar nesse cenário e, apesar da intensificação, o uso de pastagens como principal componente dos rebanhos de animais ruminantes deverá ter o seu lugar assegurado. Isso ocorre principalmente em função da possibilidade de se reduzir (e manter reduzidos) os custos com a alimentação dos rebanhos que pode representar até 70% do custo total de produção, em alguns casos. Não obstante, é necessário que não se perca de vista que a atividade só pode ser conduzida e avaliada dentro de um enfoque sistêmico, pois uma visão compartimentalizada quase nunca traduz o cenário real e raramente dá subsídio adequado à tirada de conclusões (Euclides & Euclides Filho, 1997).

No contexto da produção animal baseada em pastagens, muito tem sido discutido sobre o papel do animal no processo de avaliação e o consenso é que quanto mais cedo o animal for incorporado no processo de avaliação, melhor (Mochrie et al., 1981; Matches, 1992; Maraschin, 1994). A importância de se incorporar o animal nos protocolos de avaliação é óbvia e deve ser a opção de preferência tão logo seja tecnicamente possível e economicamente viável. Esse procedimento tem como premissa básica permitir que os dados de experimentação sejam representativos dos sistemas de produção e das situações às quais se pretende aplicá-los.

## OPÇÕES EM PESQUISA COM PLANTAS FORRAGEIRAS E PASTAGENS

Antes de se optar pela experimentação para avaliar uma determinada tecnologia (e.g., um novo cultivar, um novo manejo, uma nova estratégia de adubação do pasto) é preciso que o pesquisador seja capaz de situar o cenário com o qual se depara e, em última análise, avaliar as opções. Em alguns casos a experimentação não é necessariamente a melhor alternativa, mas se isso não for logo reconhecido, pode-se desperdiçar tempo, esforço, e dinheiro. Dentro do contexto da pesquisa científica com pastagens e plantas forrageiras, a literatura identifica uma série de protocolos que incluem níveis sequencialmente lógicos do processo de avaliação de novos genótipos (espécies, cultivares, etc.) oriundos de melhoramento genético, desde coletas, introduções e seleções, até os híbridos obtidos dos cruzamentos dirigidos e, numa perspectiva polêmica, quiçá as pastagens transgênicas de um futuro próximo. Independente da origem do material a ser avaliado, não raramente o pesquisador se apressa em identificar uma área experimental e, feita a análise de terra, preparar o solo, casualizar os tratamentos (com ou sem blocos) e concluir o estabelecimento de suas parcelas ou pastos experimentais enquanto houver chuva e calor.

Existem, no entanto, situações em que a experimentação pode não ser a opção mais adequada, pelo menos num primeiro momento. Isso, potencialmente, possibilita o uso mais racional de recursos e infra-estrutura. Discutindo opções em pesquisa com pastagens e plantas forrageiras, Morley (1981) escreveu que programas de pesquisa que estudam processos básicos em agricultura, frequentemente levam a um melhor entendimento desses processos e ao desenvolvimento de novas tecnologias (produtos ou métodos para obtê-los) que, em última análise, geram aumento da eficiência e da produtividade dos sistemas primários (entendida como quantidade de produto produzido por unidade de recurso despendido na produção). Além da experimentação, outros procedimentos estão disponíveis ao pesquisador que, embora comumente lance mão deles, raramente reconhece sua utilidade. Se o objetivo é a aquisição de novos conhecimentos, desenvolvimento de produtos (incluindo material biológico ou não), então a experimentação é necessária. Se uma aplicação de tecnologia é o objeto de estudo, então pode haver outros procedimentos mais adequados, que se enquadram, segundo aquele autor, em cinco categorias. A primeira delas é o "sit-and-think" (sente e pense), que pode incluir busca na literatura, discussões com colegas, e visitas a fazendas. Enquanto que esse procedimento pode ter custo reduzido e revelar-se extremamente útil, nas mãos de um indivíduo procrastinador pode gerar longas demoras na geração de resultados palpáveis. Nesse caso, o custo do procedimento pode se tornar alto, em função de oportunidades potenciais que serão perdidas no processo. Em favor desse procedimento, Morley (1981) argumentou que, à medida que o conhecimento se expande e que novas tecnologias oferecem oportunidades para aumento da eficiência produtiva dos sistemas primários, a experimentação pode não ser necessariamente a escolha mais apropriada para avaliar essas tecnologias ou colocá-las em funcionamento, uma vez que é um procedimento lento, caro, e inevitavelmente restrito no tempo e no espaço. Nesse caso, os "estudos de caso", "levantamentos e censos", e, mais recentemente as técnicas de modelagem e simulação por computador (tanto de processos como de sistemas completos) podem oferecer economias substanciais de tempo e dinheiro. Em alguns casos, os "ensaios-piloto", usados nas fases iniciais de aplicação de novas tecnologias, podem ser imprescindíveis, principalmente quando os custos de aplicação são altos. Nesses casos, se a informação coletada indicar que a relação custo:benefício é baixa, a adoção da tecnologia em escala maior pode ser recomendada com o acompanhamento e monitoramento dos resultados, mas sem maiores investigações. Morley (1981) exemplificou esse processo argumentando que a introdução do trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.) no sul da Austrália não esperou por pesquisas exaustivas.

Do ponto de vista da investigação, Morley (1981) propôs uma série de opções, que seriam as de preferência de acordo com cada situação específica. Os chamados estudos de caso seriam indicados onde se procura identificar situações existentes onde o problema sob estudo já se manifesta e onde, muitas vezes, soluções já foram propostas e estão sendo experimentadas com graus variáveis de sucesso. Se uma tecnologia de potencial valor ou uma similar a ela, já está sendo utilizada, mesmo num número pequeno de sistemas de produção (fazendas), é possível ter uma idéia de sua utilidade de modo simples e barato, simplesmente estudando os resultados obtidos naqueles sistemas. Levantamentos feitos através de literatura são outra alternativa, geralmente usada num contexto de extensão, na qual o profissional se baseia para desenvolver recomendações. Raramente um componente dos programas institucionais de pesquisa, o levantamento pode ser interessante em situações como o planejamento de aplicações específicas de tecnologia para definir a região de aplicação, o modo de aplicação, e seu impacto socio-econômico e biológico. A compilação e a correta interpretação da informação gerada nos levantamentos é de fundamental importância para que se possa desenvolver estratégias adequadas relativas à adoção da tecnologia em questão.

Uma técnica que vem ganhando importância como recurso investigativo na pesquisa com pastagens, é a simulação e o uso de modelos computacionais no estudo de componentes e de sistemas completos de produção animal em pastagens. Com os avanços tecnológicos na área de informática, o poder computacional dos computadores pessoais de hoje é muitas ordens de magnitude superior ao que era há poucos anos. Com isso, tanto a concepção de modelos (definidos no contexto de um sistema, como o conjunto de equações que regem e descrevem quantitativamente o funcionamento do sistema no tempo) como a simulação (definida como o processo de resolução dessas equações, dentro das regras estabelecidas pelo modelo, conforme o tempo varia, isto é, simulando ou imitando um

sistema real através da quantificação do desempenho do sistema fictício com o decorrer do tempo, pelo cálculo dos valores das variáveis-resposta, com o decorrer do tempo) vêm ganhando importância não só no cenário acadêmico da pesquisa, como no potencial de uso como ferramenta de suporte à tomada de decisão pelo produtor (Peart & Curry, 1999). Esse é o caso do modelo GRAZE (Loewer & Parsch, 1995; Loewer, 1998) e do StockPol (Marshall et al., 1991; McCall & Thiter, 1993) desenvolvidos nos EUA e na Nova Zelândia, respectivamente. Peart & Curry (1998) ponderaram que muitos indivíduos ligados ao setor agropecuário podem perguntar por que não há mais produtores fazendo uso efetivo dessa tecnologia nas fazendas, sugerindo que, se isso não ocorre então o custo do desenvolvimento da tecnologia não se justifica. Esse raciocínio ignora, no entanto, o fato de que, historicamente, a maior parte da pesquisa agropecuária teve como objetivo (imediate ou não) a elucidação de como um organismo em particular (planta ou animal) ou mesmo um sistema, respondem ao impacto de modificações em seu ambiente (i.e., tratamentos) e que, em última análise, os modelos foram desenvolvidos a partir dessas elucidações.

A história da modelagem de sistemas "planta-animal" talvez não seja tão longa quanto a de sistemas agrícolas, pois no primeiro caso há dois sistemas relativamente complexos a serem modelados. Componentes isolados parecem ser mais facilmente estudados e avanços significativos vêm sendo alcançados. Dentre os modelos disponíveis estão o CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) que simula respostas produtivas de animais em função de características qualitativas dos alimentos (Fox & Black, 1984; Fox et al., 1995) e o modelo de Unidades Fototérmicas, proposto por Villa Nova et al. (1983), que estima a produção de biomassa das culturas através da ação combinada da temperatura e do fotoperíodo. Este último mostrou-se adequado na previsão da produtividade de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) (Villa Nova et al., 1999) e de gramíneas *Cynodon* spp. (Medeiros et al., 2001). O uso da modelagem e da simulação tanto na avaliação dos sistemas e seus componentes, como no auxílio à tomada de decisão, apesar de útil e barato, tem tido até o momento seu uso limitado a poucas situações onde há bibliotecas de dados disponíveis para o seu emprego, o que ocorre com maior frequência em sistemas de pastagens de clima temperado, mas somente em anos recentes começou a surgir para pastagens e sistemas de produção tropicais. A principal razão para isso parece ser a escassez de estudos de enfoque reducionista, que gerem informações detalhadas a respeito da ecofisiologia dos componentes e dos sistemas, conforme reivindicado por Carvalho (1997), que enfatizou a necessidade de estudos mais analíticos que elucidem os fatores que compõem as respostas de plantas e animais nesses sistemas.

Como parte do processo de decisão sobre a adoção ou não de uma nova tecnologia, o primeiro passo deve ser o desenvolvimento de "pacotes" que sirvam como proposta de utilização para usuários potenciais (Morley, 1981). Nesse caso, o uso de uma nova espécie ou cultivar forrageiro, por exemplo, pode requerer um "pacote" com orientações técnicas sobre como estabelecer, conduzir, e colher a forragem (com máquina ou com animal), práticas de adubação, etc. O próximo passo envolve a decisão sobre a extensão em que a nova tecnologia deverá se adotada num primeiro instante. Ensaios-piloto em fazendas selecionadas podem trazer segurança ao processo, mas postergar a adoção de uma tecnologia eficiente pode acabar saindo mais caro. Critérios envolvendo a escolha das propriedades a serem usadas nesses ensaios, incluem a representatividade das mesmas face aos sistemas de produção típicos da região em questão, de modo que a casualização pode ser danosa, se as propriedades e os proprietários escolhidos não reunirem as habilidades necessárias.

## A EXPERIMENTAÇÃO NA AVALIAÇÃO DE PASTAGENS E PLANTAS FORRAGEIRAS

No contexto acadêmico, a experimentação visa estabelecer o valor de um novo material forrageiro, seja ele oriundo de coleta, seleção, e introdução, ou de programas de melhoramento genético onde a interferência humana direciona o aparecimento de genótipos, tradicionalmente via hibridização. Mais recentemente, com o advento da biotecnologia e o aparecimento dos organismos transgênicos, novas oportunidades de obtenção de cultivares com aptidões específicas deverão surgir. Entre espécies, as de leguminosas forrageiras têm sido geneticamente modificadas com maior sucesso e frequência. Isso se deve, principalmente, ao fato de que *Agrobacterium* não infecta tão bem as gramíneas, além da dificuldade de se regenerar plantas inteiras de gramíneas a partir de cultura de

tecidos, este último um requisito fundamental do processo de transformação de plantas (Bingham & Conger, 1995). Além de fornecer uma estimativa do valor forrageiro de novas espécies, variedades, cultivares, ecótipos etc., a experimentação também é usada para o estabelecimento de práticas de manejo que visem otimizar o uso do material em questão, incluindo estratégias (frequência, intensidade, época, etc.) de desfolha e práticas de adubação. A quantificação de respostas através de medições quantitativas e qualitativas é, portanto, importante não só no desenvolvimento de novos cultivares, mas também para otimizar seu uso como recurso produtivo, incluindo a elucidação de relações causa-efeito nas diferentes escalas de observação, desde a célula do tecido vegetal ou da flora ruminal até o sistema de produção com seus componentes bióticos e abióticos.

### **A questão da terminologia**

A comunicação clara e concisa é provavelmente o principal fundamento sobre o qual a ciência, a educação, e a aplicação bem-sucedida do conhecimento são construídas. Tanto no meio acadêmico como na aplicação prática, os últimos 25 anos têm assistido a um crescimento notável da forragicultura e da terminologia a ela associada. As definições associadas a essa terminologia, no entanto, são frequentemente dúbias ou obscuras. Termos regionais dentro de um idioma, e dificuldade de tradução e versão de termos de um idioma para outro, dão origem a uma proliferação desordenada de palavras para tentar descrever um único conceito. O uso indiscriminado desse vocabulário impreciso torna a comunicação inexata e a ciência praticada difícil de se interpretar.

À medida que a forragicultura brasileira progride a passos largos, com o crescimento da massa crítica de cientistas, pesquisadores e técnicos qualificados, nossa geração de tecnologia tende, cada vez mais a extrapolar nossas fronteiras geográficas. Existe o estímulo crescente para que publiquemos em língua inglesa, tanto em nossos periódicos domésticos como nos grandes periódicos estrangeiros das "escolas" norte-americana e britânica. Para isso, é necessário que saibamos nos expressar.

Não obstante as poucas contribuições já oferecidas (e.g., Nascimento Jr., 1982; Rodrigues & Reis, 1997), a literatura científica nacional não possui, até hoje, um glossário na área de plantas forrageiras e pastagens, que tenha sido amplamente adotado e, o que é principal, desenvolvido em consonância com a terminologia usada internacionalmente. Em outras palavras, comunicamo-nos mal conosco mesmos, e talvez pior com nossos colegas estrangeiros. O que se segue é uma proposta deste autor para, ao menos, minimizar esse problema.

Em 1989, o "American Forage and Grassland Council" votou pela formação, e implementou o "Forage and Grazing Terminology Committee", cuja missão era desenvolver um conjunto de termos técnico-científicos na área de pastagens e plantas forrageiras, que fosse aplicável tanto no contexto acadêmico da redação científica, como no seu uso em ensino e extensão. Esse glossário, em língua inglesa, seria adotado por autores e editores de publicações técnico-científicas, bem como por educadores e técnicos na transferência de tecnologia em pastagens. Assim, um painel tri-nacional (EUA, Nova Zelândia, e Austrália) de cientistas foi formado com a missão de estabelecer uma terminologia padrão e, talvez mais importante, a conceituação inequívoca dos termos propostos, estimulando o uso de alguns novos, ratificando o conceito de outros consagrados, e recomendando justificadamente o desuso de outros, geralmente dúbios, ultrapassados, ou simplesmente incorretos. O resultado desse esforço (The Forage and Grazing Terminology Committee, FGTC, 1992) foi uma adesão maciça dos cientistas de língua inglesa ao novo glossário, que, além do esforço conjunto, beneficiou-se de trabalho anterior de Hodgson (1979).

Embora alguns dos termos propostos não tenham tradução imediata ou fácil para a língua portuguesa, muitos conceitos utilizados por cientistas brasileiros encontram correspondente em nosso idioma. Alguns dos mais importantes e usados na literatura nacional em pastagens, traduzidos literalmente do glossário original (FGTC, 1992) são oferecidos a seguir. Em cada definição o termo original é citado em primeiro lugar em itálico seguido da melhor tradução (em vários casos a tradução verbatim) para o Português entre parênteses. O formato foi alterado, com diversos termos omitidos do glossário original. Termos afins foram agrupados conforme o original, seguidos de comentários deste autor quando julgado pertinente. Se um termo mencionado nos comentários não estiver previamente definido, ele o será mais adiante.

*Forage* (forragem): partes comestíveis das plantas, exceto os grãos, que podem servir na alimentação dos animais em pastejo, ou colhidas e fornecidas.

*Herbage* (sem tradução técnica adequada; em português, usada como sinônimo de *forage*): a biomassa de plantas herbáceas, exceto os grãos, geralmente acima do nível do solo, mas incluindo raízes e tubérculos comestíveis.

*Sward* (dossel ou relvado): população de plantas herbáceas, caracterizada por um hábito de crescimento relativamente baixo, e uma cobertura do solo relativamente uniforme, incluindo tanto a parte aérea como órgãos subterrâneos.

A principal diferença é dos dois primeiros termos, onde se descreve quantitativamente uma massa sem características de forma ou estrutura, para o terceiro termo, que exprime a idéia da comunidade vegetal em três dimensões com arquitetura, altura, estrutura e densidade definidas e com propriedades de interceptação de luz, ângulos foliares etc., em sua conformação original, como se apresenta no campo. Este autor sugere que "dossel" não seja exclusivo de plantas de porte baixo, como quer a definição, pois isso poderia trazer alguma polêmica. Uma pastagem de capim-elefante ou um canavial com 3 ou 4 m de altura, vistos do alto (e.g., 100 m de altura) têm propriedades (cobertura do solo, superfície da vegetação) visualmente semelhantes às de uma pastagem de capim Tifton 85 (*Cynodon* spp) de 10 ou 15 cm vista de um ou dois metros acima do solo. É apenas uma questão de escala. O termo "dossel" parece ser mais aplicado ao contexto florestal (cobertura do solo pelas copas das árvores).

*Grazing method* (método de pastejo): procedimento ou técnica de manejo do pastejo, idealizada para atingir objetivos específicos. Referente à estratégia de desfolha e colheita pelos animais.

*Grazing system* (sistema de pastejo): combinação integrada entre os componentes animal, planta, solo, e fatores ambientais, mais o método de pastejo, com o objetivo de se atingir metas específicas.

Na literatura nacional é frequente o equívoco de autores que escrevem "sistema de pastejo", querendo dizer "método de pastejo". Também é comum o uso incorreto de "pastoreio" (que é o ato, geralmente humano, de conduzir o rebanho ao pasto) como sinônimo de "pastejo" (ato, do animal, de colher forragem com a boca)

*Pasture* (pastagem): um tipo de unidade de manejo de pastejo, fechada e separada de outras áreas por cerca ou outra barreira, e destinada à produção de forragem para ser colhida principalmente por pastejo.

*Paddock* (piquete): área de pastejo correspondente a uma sub-divisão de uma unidade de manejo de pastejo (e.g., uma pastagem), fechada e separada de outras áreas por cerca ou outra barreira.

Na literatura nacional, é comum o uso de "piquete" com o sentido de "pastagem". Este autor sugere que "piquete" seja usado apenas como uma sub-unidade de "pastagem" (e.g., os "piquetes" de uma "pastagem" sob lotação rotacionada). Alguns termos regionais usados como sinônimo de "piquete" incluem "potreiro" (Rio Grande do Sul).

*Carrying capacity* (capacidade de suporte): a máxima taxa de lotação que proporciona um determinado nível de desempenho animal, dentro de um método de pastejo, e que pode ser aplicada por determinado período de tempo sem causar a deterioração do ecossistema. A capacidade de suporte é flutuante entre anos e dentro de anos, e pode ser abordada e discutida dentro de estações ou de períodos do ano. A capacidade de suporte média de uma pastagem, geralmente se refere à média de vários anos, ao passo que a capacidade de suporte anual geralmente se refere a um ano específico.

Sendo um reflexo da produtividade do pasto, a capacidade de suporte é melhor apreciada em função de níveis de adubação, principalmente a nitrogenada.

*Forage allowance* (oferta de forragem): relação entre o peso (matéria seca) de forragem por unidade de área e o número de unidades animais (ou "unidades de consumo de forragem", definidas como "um animal com uma taxa de consumo de forragem de 8 kg MS/dia) em um ponto qualquer no tempo. Uma relação quantitativa e instantânea entre forragem e animal. O inverso de "pressão de pastejo".

*Grazing pressure* (pressão de pastejo): relação entre o número de unidades animais ou unidades de consumo de forragem e o peso (MS) de forragem por unidade de área, em um ponto qualquer no tempo. Uma relação animal-forragem. Deve ser preterido em favor de "oferta de forragem".

Estes dois conceitos (OF e PP), sendo um o inverso do outro (ou seja,  $OF = 1/PP$  ou  $OF = PP^{-1}$ ) envolvem um número de problemas, do ponto de vista de sua conceituação e interpretação por parte de cientistas e pesquisadores. Como consequência, essas dificuldades, inevitavelmente, acabam se transportando para técnicos e produtores. O primeiro problema diz respeito à expressão de "pressão de pastejo" usando a unidade "kg MS por kg PV". Ora, essa não é a unidade de pressão de pastejo, mas sim de oferta de forragem. A isso está associado o uso de "%", na expressão de PP (que na verdade é OF), o que complica ainda mais o entendimento do conceito. De acordo com a definição, a relação é quantitativa e pontual, ou seja, tem caráter instantâneo. Assim, quando se diz, por exemplo, que a "pressão de pastejo" (querendo dizer na verdade "oferta de forragem") foi de 6 % (6 kg MS por kg PV por dia), está implícita uma conceituação equivocada. Dá-se a idéia, em primeiro lugar, de que ao animal foi ofertada uma "ração diária" de forragem durante o período de pastejo, que correspondia a uma proporção constante do seu PV. Isso traz duas dificuldades. A primeira é a noção de que há uma quantidade ofertada ao animal e que deverá desaparecer por consumo. Isso é palpável e compreensível se o animal acaba de entrar em um piquete e nele vai permanecer até que um critério qualquer determine o término do período de pastejo, e a saída do animal. Mas mesmo assumindo que isso seja verdade, como certificar-se de que a cada um dos "n" dias de ocupação, o animal consumirá "1/n" do total ofertado? Ocorre que, durante um período de ocupação de uma unidade de pastejo em desfolha intermitente, o consumo diário não é constante, mas decresce conforme o período de pastejo progride (Blaser et al., 1986). Logo, qual o valor correto de OF durante o período de pastejo? No caso de lotação contínua, esse problema desaparece, pois a relação quantitativa entre o que é ofertado (o que o animal vê e sente, algo a que ele, conseqüentemente, responde) e o total de PV na área é facilmente calculada para qualquer ponto no tempo, seguindo a definição de OF. O uso de "%" na expressão do valor de OF traz ainda outro problema relativo à ordem de grandeza do que é calculado. Aparentemente, o valor de "kg MS" usado no cálculo geralmente se refere ao que será permitido ao animal consumir, acima da altura ou da quantidade de forragem a ser deixada após o pastejo. Isso parece não fazer sentido uma vez que o conceito de OF tem utilidade no estudo das relações quantitativas da interface planta-animal e sobre como isso afeta o consumo de forragem e, em última análise, o desempenho. Em outras palavras, a OF se presta principalmente ao objetivo de tentar explicar as respostas comportamentais e produtivas de um animal, quando diante dele se apresenta uma entidade caracterizável quantitativamente (a forragem e sua massa), mas onde o animal evidentemente desconhece a real proporção que lhe será permitido consumir. Portanto o animal não responde à quantidade de forragem (kg MS/ha) acima do resíduo, mas sim ao total de kg MS/ha que ele enxerga diante de si, pois simplesmente não sabe qual será o resíduo. Seu comportamento ingestivo e desempenho diários são o reflexo da quantidade total de forragem na pastagem a cada dia. Isso é mais facilmente compreendido em lotação contínua, pois cálculos instantâneos de OF dão a noção correta da relação quantitativa predominante ao longo de dias, semanas, e até mesmo meses (dependendo do balanço entre as variações na quantidade de forragem presente e as variações no total de peso vivo animal em pastejo). Em lotação rotacionada onde a variação na massa de forragem ocorre de maneira mais intensa, surge a dificuldade de se decidir como calcular a OF. O procedimento mais comum é o uso da massa de forragem no momento da entrada dos animais no piquete em conjunto com a premissa de que a cada um dos "n" dias de pastejo, "1/n" da massa será consumido.

Isso, já foi visto, não é verdade, além do que a massa supostamente "racionada" durante "n" dias não é a massa de forragem total (que é a que deve ser usada no cálculo de OF por razões já apresentadas), mas sim a massa do horizonte consumido. E a resposta do animal não é à forragem presente no horizonte consumido, mas sim à massa total ofertada. A colheita é feita à discrição do animal. Assim, parece fazer sentido o método de cálculo de OF proposto por Sollenberger & Moore (1997), que obedece à definição de OF (relação quantitativa instantânea entre massa de forragem e total de peso vivo animal) e integra as variações de massa de forragem ao longo do período de pastejo. Assim, aqueles autores propõem que uma massa de forragem média  $[(\text{inicial} + \text{final})/2]$  seja usada como a "massa média de forragem" presente durante o período de pastejo. Pode-se também usar o peso vivo total médio, pois este varia com magnitude bem menor que a massa de forragem, e, portanto tem um impacto bem menor sobre o cálculo de OF. Esse procedimento é lógico, pois permite a comparação de OFs entre métodos de pastejo (lotação contínua versus rotacionada) partindo de um procedimento de cálculo análogo e, em ambos os casos a definição de OF é respeitada. Segundo Mott (1973) deve ser enfatizado que o conceito de pressão de pastejo, e, conseqüentemente o de OF, é muito mais útil na discussão de respostas de animais e não leva em consideração o que seria o equilíbrio ótimo para a planta, em termos de sua produtividade e persistência. Além disso, a manutenção de um determinado nível de OF pode implicar em amplas flutuações nas condições do dossel. É concebível, no entanto, que se o manejo em função de OF for a opção num ambiente de pesquisa, seja valioso quantificar as respostas morfológicas e fisiológicas das plantas para que seja possível aferir a validade do emprego dos níveis de OF em estudo.

*Stocking rate* (taxa de lotação): relação entre o número de animais ou de unidades animais (UA) e a área da unidade de manejo por eles ocupada, durante um período específico de tempo (uma estação de pastejo, um verão, etc.).

*Stocking density* (densidade de lotação): relação entre o número de animais ou de unidades animais (UA) e a área da unidade de manejo por eles ocupada, medida num ponto específico do tempo (portanto, uma medida instantânea). Também chamada de taxa de lotação instantânea.

A taxa de lotação é frequentemente expressa como "carga animal", um termo não recomendado. Também ocorre o uso de "lotação" como sinônimo de taxa de lotação. Diz-se, por exemplo, que a "lotação" foi diminuída na seca, quando o correto é dizer que a "taxa de lotação" foi reduzida. "Lotação", como será visto mais adiante, é o modo de ocupação da unidade de manejo e a estratégia de colheita de forragem usando animais. A diferença entre taxa de lotação e densidade de lotação está na janela de tempo usada para definir as duas grandezas. Considere-se, por exemplo, uma pastagem de 1 ha ocupada por quatro UA durante toda a estação de pastejo (por exemplo, 180 dias de verão). A taxa de lotação é 4 UA/ha. Se essa pastagem for dividida em 4 piquetes de 0,25 ha e o lote de 4 UA permanecer 10 dias em cada um deles, voltando ao mesmo piquete após 30 dias, a taxa de lotação durante os 180 dias de pastejo continua sendo 4 UA/ha, mas a densidade de lotação, expressa pontualmente, é de 4 UA em 0,25 ha ou 16 UA/ha.

*Forage mass* (massa de forragem): quantidade - massa ou peso seco - total de forragem presente por unidade de área acima do nível do solo (preferencialmente, mas não obrigatoriamente). Medida de caráter pontual, normalmente expressa em kg MS/ha.

*Forage accumulation* (acúmulo de forragem): aumento na massa de forragem de uma área de pastagem durante um determinado período de tempo.

*Available forage* (forragem disponível): porção da massa de forragem, expressa como peso ou massa por unidade de área, que está acessível para o consumo dos animais. Este é um termo não recomendado uma vez que "forragem" é uma entidade definida e a "porção da massa que está disponível para consumo" é algo hipotético e sujeito à controvérsia da especulação, mesmo quando um

resíduo pós-pastejo é usado como referência. Pode ocorrer, por exemplo, de parte da forragem abaixo do resíduo ser consumida antes que a altura média do resíduo seja atingida.

Os termos "forragem disponível" e "disponibilidade de forragem" são frequente e erroneamente usados como sinônimos de "massa de forragem". Também é comum o uso de "crescimento" como sinônimo de acúmulo. "Acúmulo" é o resultado líquido do balanço entre crescimento (síntese de novos tecidos vegetais), que soma massa, e os processos que subtraem massa (senescência e morte de tecidos) da comunidade vegetal. Alguns autores, para maior clareza, usam o termo "acúmulo líquido", embora, pela definição, isso seja redundante.

*Continuous stocking* (lotação contínua): método de pastejo onde os animais têm acesso irrestrito a toda a área pastejada, sem sub-divisão em piquetes e alternância de períodos de pastejo com períodos de descanso. Frequentemente (e erroneamente) expressa por "pastejo contínuo".

*Rotational stocking* (lotação rotacionada): método de pastejo que utiliza subdivisão de uma área de pastagem em dois ou mais piquetes que são submetidos a períodos controlados de pastejo (ocupação) e descanso. Também conhecido como "pastejo rotacionado", este um termo não recomendado, uma vez que o que é "rotacionado" (movimento este que nem sempre é óbvio) é a lotação (ocupação) e não o pastejo.

Este é mais um ponto polêmico da terminologia. A vasta maioria dos autores brasileiros faz uso intenso da expressão "pastejo contínuo". Contra isso pode-se oferecer dois argumentos. Primeiro, animais não pastejam continuamente, mas sim dividem o seu tempo entre o pastejo e outras atividades como caminhada, ruminação, ócio, etc. Segundo, plantas individuais ou pequenas áreas dentro da pastagem, mesmo sob lotação contínua, não são pastejadas continuamente, experimentando momentos de desfolha que se alternam com períodos de descanso. Neste caso trata-se de períodos de descanso incertos e não controlados e que são mais curtos quanto maior for a taxa de lotação, embora possam ser de até algumas semanas, em pastos sob lotação contínua e taxa de lotação muito baixa. No caso da lotação rotacionada, o período de ausência de desfolha é conhecido e garantido para cada piquete.

É evidente que o conjunto de termos apresentado acima não é completo nem definitivo. Trata-se, todavia, de um esforço coletivo levado a cabo por um painel de especialistas de renome internacional e elaborado segundo a natureza semântica e etimológica dos termos, no contexto de sua aplicação técnica e científica. Mais ainda, reflete uma tendência internacional que, apropriadamente traduzida, permite que a pesquisa brasileira seja reportada com exatidão nos veículos de divulgação nacionais e internacionais. Parece sensato abraçar a idéia e adotar algo internacionalmente consagrado.

### **O processo de avaliação**

A quantificação de respostas de plantas e animais em sistemas de pastejo é tarefa árdua e requer método para que as informações geradas sejam exatas, precisas, e de utilidade, tanto ao pesquisador que busca interpretar os resultados de sua pesquisa, como ao produtor que precisa tomar decisões de manejo. No contexto da pesquisa, a quantificação de características quantitativas e qualitativas é vital em programas de melhoramento e avaliação de cultivares, seleções e introduções, bem como no estabelecimento de práticas de manejo que otimizem o processo produtivo.

Diversos enfoques experimentais e diversas filosofias de avaliação de plantas forrageiras e pastagens são reportadas na literatura. A pesquisa tem por objetivo identificar problemas e propor soluções com base nos resultados da experimentação. Em alguns casos, uma solução potencial é a identificação, e introdução de novas espécies e/ou cultivares, sejam eles oriundos de coleta, seleção e introdução, ou ainda de programas de melhoramento genético. A avaliação criteriosa desses novos materiais, assumida como obrigatória e indispensável, tem como objetivos principais (1) assegurar a melhoria e/ou a manutenção dos níveis de produtividade a longo prazo, (2) identificar as melhores estratégias de utilização e uso eficiente e racional da forragem produzida, e (3) quantificar o grau de confiabilidade possível de ser esperado do material avaliado e seu efetivo potencial para gerar



melhorias no sistema de produção animal. Assim, podem ser identificadas algumas variações filosóficas no tocante aos procedimentos envolvidos na avaliação, embora os protocolos tenham sempre o mesmo objetivo final. Algumas perguntas importantes precisam, então, ser respondidas, como: Dentro de uma coleção de genótipos (sejam eles introduções, seleções, ou híbridos oriundos de melhoramento genético) de um banco de germoplasma, como proceder para que seja possível escolher os melhores materiais com potencial para lançamento comercial como cultivares? Mais ainda, qual ou quais as estratégias mais adequadas de utilização desses materiais? Quais as suas exigências em termos de nutrição mineral, água, luz, temperatura? Quais os determinantes morfofisiológicos de sua produtividade e persistência sob corte ou pastejo?

Numa situação ideal, hipotética, equipes multidisciplinares, compostas por melhoristas de plantas, especialistas nas áreas de agronomia, solos, climatologia, e nutrição animal trabalharia em programas de avaliação que se caracterizassem em esforços coordenados. Nesse procedimento, o material a ser avaliado seria fornecido pelos melhoristas à equipe de avaliação que se responsabilizaria pela avaliação do material. Embora pouco comum no Brasil, inúmeras Universidades no exterior possuem um especialista em melhoramento genético de plantas forrageiras que trabalha em íntima cooperação com cientistas de outras áreas na avaliação de novos materiais forrageiros. Nesses ambientes, não é raro que um processo se inicie com um número elevado (várias dezenas, às vezes centenas) de genótipos, dos quais se procura selecionar uns poucos (às vezes apenas um) para lançamento comercial visando o seu uso em pastagens. Para tanto, é importante quantificar o desempenho dos novos materiais em condições próximas ou iguais às que serão enfrentadas quando da sua incorporação ao sistema de produção, o que inclui grandes áreas estabelecidas, frequentemente sendo colhidas por animais em pastejo. Nesse cenário, pode-se, inclusive, querer testar múltiplos níveis de adubação e/ou múltiplas estratégias de manejo do pastejo. Surge, então, o problema relativo à impossibilidade operacional e econômica de se levar tal proposta a efeito, pois é no mínimo muito difícil avaliar dezenas de genótipos em ensaios de pastejo, onde as unidades experimentais têm milhares de metros quadrados de área, necessários para a manutenção dos animais no experimento. Um experimento testando uma dúzia de genótipos sob dois ou três níveis de adubação e duas ou três estratégias de manejo teria que ter dezenas de hectares. Além de um custo provavelmente proibitivo, a coleta de dados e o gerenciamento do experimento seriam um desafio mesmo aos pós-graduandos, estagiários, e técnicos mais eficientes e trabalhadores.

A premissa básica de um protocolo ou esquema de avaliação passa a ser, então, a de identificar, através de uma sequência racional de etapas e usando metodologia mais barata que os grandes experimentos de pastejo, quais os materiais mais promissores, dentre os genótipos componentes do banco de germoplasma. Dessa forma, aqueles materiais com menos aptidão para a finalidade em questão, podem, de maneira rápida e mais barata, ser descartados cedo no processo. Com isso, é possível racionalizar recursos em termos de insumos e infra-estrutura, e submeter aos caros e elaborados ensaios de pastejo apenas os materiais com as "melhores" características, eliminando cedo no processo aqueles que por alguma razão possuam características "indesejáveis". Assim, os esquemas de avaliação consistem, normalmente, de sequências lógicas de experimentos ou conjuntos de experimentos, onde, ao mesmo tempo em que se elimina os "piores" materiais, aplica-se o conhecimento sobre aqueles que vão se mostrando mais promissores a cada etapa concluída. Apesar de existirem variações, fruto das diferentes políticas institucionais e filosofias de trabalho, os protocolos propostos e utilizados pelos órgãos de pesquisa ao redor do mundo compartilham desse mesmo objetivo, e são bem exemplificados pelo esquema proposto por Mott & Moore (1970) que sugeriram cinco etapas de avaliação (Figura 1). O protocolo proposto, há mais de 30 anos usado na Universidade da Flórida (EUA) inclui desde a simples caracterização agrônômica e qualitativa de um grande número de materiais, passando por etapas sucessivas cada vez mais caras e elaboradas, onde um número cada vez menor de genótipos permanece no processo e chegando ao final com uns poucos (às vezes um único ou mesmo nenhum) materiais aptos para obtenção do registro de cultivar e lançamento comercial.

Figura 1. Protocolo "Mott & Moore" (Protocolo Florida) de avaliação de forragens (Mott & Moore, 1970).

Fase de Avaliação		Parâmetros Agronômicos	Parâmetros Qualitativos
I	Introduções e "Breeder's Lines"	Resistência a pragas e doenças, produtividade, relação haste:folha, rebrota, florescimento, fenologia e ontogenia, produção de sementes, tolerância à seca e encharcamento	Composição química, DIVMO, rel. haste: folha, características anatômicas, FDN, FDA, compostos tóxicos
II	Ensaio de corte em parcelas	Respostas ao ambiente, adubação, desfolha, crescimento estacional, produtividade	Composição química, DIVMO, FDN, FDA
III	Respostas da planta ao animal ("Mob-grazing")	Tolerância ao pastejo (intensidade vs. frequência), produtividade e persistência sob pastejo	Composição química, DIVMO, FDN, FDA
IV	Respostas do animal à forragem pastejada ("Grazing Trials")	Produtividade e capacidade de suporte da pastagem	Digestibilidade <i>in vivo</i> de nutrientes, consumo voluntário, conversão alimentar, produção por animal (GMD ou leite), composição química e DIVMO, compostos tóxicos
V	Sistemas de produção	Sequência de pastejo, suplementação com feno, silagem, e concentrados. Equilíbrio entre exigências do animal (demanda) e disponibilidade de pasto e alimentos (oferta). Eficiência (técnica e econômica), uso potencial, e aplicabilidade de tecnologias geradas	

Outros protocolos podem ser encontrados na literatura, como o proposto por Mochrie et al. (1981), onde a introdução do animal no esquema de avaliação acontece mais cedo (na segunda de seis fases), embora os próprios autores reconheçam a dificuldade de se levar a cabo um processo mais elaborado de avaliação, e reconheçam que sua proposta raramente será executada por completo. Jones & Walker (1983) compilaram a literatura pertinente e propuseram o esquema de cinco fases como o mais indicado para estreitar o número de genótipos para um a quatro, na fase final de avaliação e Cameron & McIvor (1980) detalharam o procedimento proposto pelo "Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization - CSIRO" na Austrália, enfatizando que o uso pretendido para o

novo material deve ser determinante dos métodos utilizados na avaliação. Outras instituições, como o Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (Toledo, 1993) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (Euclides & Euclides Filho, 1997) incluem avaliações em múltiplos ambientes através de redes de ensaios regionais. De maneira geral, um processo conduzido de maneira criteriosa pode levar 10-15 anos (não raramente mais do que isso) para identificar um material forrageiro com potencial para lançamento como cultivar comercial (Jones & Walker, 1983).

## **O que medir e como medir**

### *Respostas da pastagem*

Independentemente do objetivo global da avaliação, algumas respostas são imprescindíveis e sua quantificação, seja nos ensaios de corte ou nos de pastejo, deve ser feita de maneira criteriosa para que valores exatos possam ser auferidos. Do ponto de vista quantitativo, talvez a variável-resposta mais importante a ser quantificada seja a massa de forragem (MF). Em experimentos de pastejo, Burns et al. (1989) afirmam que a MF é uma das quatro medições de importância, junto com massa de folhas verdes, qualidade da dieta, e densidade volumétrica ("bulk density") da forragem. De acordo com Frame (1981), em muitos experimentos envolvendo produção animal em pastagens, a falta de medições de MF significa que informações importantes sobre os efeitos do manejo sobre o acúmulo, a taxa de acúmulo ou o consumo, simplesmente não são gerados, o que compromete enormemente a interpretação dos resultados.

Expressa como peso ou massa total de forragem, preferencialmente – mas não necessariamente – medida ao nível do solo (FGTC, 1992) e com base na matéria seca, normalmente a 65 °C até peso constante, a MF é o ponto de partida para o cálculo de outras respostas de interesse. Apesar de ser uma medida instantânea, pontual, a MF permite estimar respostas que integram períodos de tempo, como o acúmulo de forragem (AF) durante um dado intervalo de tempo ou a taxa média diária de acúmulo de forragem, quando o AF é dividido pelo número de dias de acúmulo. Adicionalmente, a MF é necessária para cálculos de respostas importantes nos ensaios de pastejo, como a oferta de forragem (OF). Teoricamente, o método mais exato (i.e., que representa o valor real) de se quantificar a MF seria cortar toda a forragem de uma pastagem ao nível do solo, secá-la e pesá-la (Burns et al., 1989). Evidentemente, embora isso se constitua numa opção factível em ensaios de corte em pequenas parcelas, quando animais fazem parte do contexto experimental e as áreas de pastagem são bem maiores que uns poucos metros quadrados, aparece uma dificuldade fundamental que é a necessidade de se ter alimento disponível de modo a garantir a continuidade do experimento. A alternativa, então, passa a ser a amostragem, através da qual, a partir da quantificação da MF em uma pequena proporção da pastagem, a MF de toda a área é estimada.

Várias são as opções para a amostragem de áreas de pastagem. A mais comum é o uso de amostragem direta (também conhecida como amostragem destrutiva), cortando-se a forragem de uma área delimitada por moldura de madeira ou metálica. Cada área cortada representa uma fração muito pequena da vegetação e isso pode induzir a erros na hora de se estimar a MF total da área. Esses erros são decorrentes tanto do acaso (originado da dispersão dos valores pontuais de MF na superfície da vegetação) como do viés (que pode estar associado ao observador, ao instrumento de medição, à circunstância da medição, etc.). Em função disso, várias são as propostas de técnicos e pesquisadores como sendo "a melhor" ou a "mais correta" maneira de se amostrar uma área de pastagem para estimar a MF, principalmente quando a amostragem é exclusivamente destrutiva (i.e., só amostragem direta é usada). Enquanto que alguns insistem na casualização das estações de amostragem, através de sorteio de suas coordenadas ainda no escritório, ou mesmo do arremesso de quadrados no pasto com os olhos vendados, outros argumentam que o mais correto seria a escolha de locais no pasto onde a MF seria representativa da média. Em ambos os casos os locais seriam, então, cortados e as MFs individuais usadas no cálculo de um valor médio, que seria a estimativa da MF do pasto. É evidente que há argumentos em favor de um método e do outro, o que, em última análise está associado com a

heterogeneidade da vegetação e à dispersão dos valores pontuais de MF na área a ser amostrada, conforme discutido por Guzman et al. (1992). A primeira abordagem parece ser mais apropriada nos casos onde a heterogeneidade espacial em termos de MF não é tão grande, permitindo que se possa obter uma boa estimativa do valor de MF através da média de algumas poucas observações (lembrando que o corte de amostras destrói o pasto e toma tempo, portanto quanto menos, melhor). Numa área onde a MF varia muito, pode-se sortear quatro ou cinco estações ainda no escritório, e só no campo constatar que elas correspondem a pontos de MF igual a zero, por exemplo. Ou então aparece o recurso de se descartar um local porque ele "evidentemente estava muito fora" do valor real. Alguns irão perguntar que casualização é essa. Nesses casos alguns argumentariam em favor da avaliação da área previamente à amostragem, seguida da escolha de umas poucas estações que representariam a média da MF do pasto. Enquanto que isso pode reduzir a dispersão dos valores de MF amostrados, é possível que o efeito do observador seja introduzido nas medições na forma de viés.

O tamanho, formato, e número das áreas a serem cortadas na amostragem, também têm sido objeto de debate. Do ponto de vista operacional, fica claro que amostras menores são cortadas mais rapidamente, são mais facilmente processadas (caso se deseje a separação de seus componentes), e secam mais depressa do que grandes quantidades de forragem. Aqui também, no entanto, parece que a heterogeneidade espacial da vegetação irá determinar o tamanho da área da amostra, que deverá ser representativa também da estrutura (densidade e variações pontuais de MF) da área total sendo amostrada. Em outras palavras, todos os componentes estruturais e a variabilidade do pasto deveriam, idealmente, estar representados, na mesma proporção, na área da amostra.

Uma alternativa que permite uma melhor representação espacial da área amostrada exige que muitos valores de MF sejam medidos na área avaliada. Isso só é possível se cada "leitura" de MF puder ser feita de maneira rápida (porque são muitas) e não destrutiva (para que o efeito da amostragem não interfira na resposta sendo medida). Assim, passa a ser importante identificar características da vegetação que estejam altamente correlacionadas com MF e que possam ser medidas rápida e facilmente. A quantificação de MF passa a ser, então, baseada em amostragens indiretas usando técnicas que devem ser calibradas contra valores reais de MF medidos por amostragem direta (destrutiva). Nesse caso, é importante que a calibração seja feita abrangendo a maior amplitude possível de valores de MF para que, através de análise de regressão, seja possível estabelecer a relação funcional entre a leitura fornecida pelo método indireto e a MF, o que envolve a avaliação dos parâmetros da regressão como coeficiente de determinação e erro padrão da regressão (raiz quadrada do quadrado médio do resíduo). Normalmente a calibração é feita em um número pequeno de locais, onde primeiro se faz a leitura do método indireto e depois o corte da forragem (método direto). Nesses locais, portanto, faz-se a dupla amostragem. Feita a calibração, um grande número de amostragens indiretas pode ser feito na área, incorporando assim bastante da variabilidade espacial da vegetação. Além disso, pode-se calibrar o método indireto em algumas ocasiões durante o período experimental para que se possa identificar agrupamentos de dados de calibração por tratamentos, épocas do ano, etc., além de enriquecer o banco de dados e fortalecer a regressão.

Dentre as medições indiretas usadas na estimativa de MF em uma área de pastagem estão:

1. Avaliação visual: pode ser feita de diversas maneiras e é muito sujeita ao efeito do observador. Exige treinamento prévio para que seja exata e precisa. Uma variação que pode reduzir a subjetividade ao se tentar atribuir um valor absoluto de MF a um ponto da pastagem foi proposta por Haydock & Shaw (1975) e descrita como o "Comparative Yield Method". Nesse procedimento, faz-se a seleção de pontos abrangendo a amplitude de MF da pastagem que são classificados com notas (cinco pontos, classificados de 1 a 5, por exemplo) conforme a MF. Esses locais, após receberem suas notas são cortados e a MF de cada um deles é posteriormente medida após secagem da forragem em estufa. Após o corte o observador estabelece um caminhamento onde periodicamente ele pára e dá uma nota a um grande número de estações, de acordo com o critério estabelecido. Com a calibração que dá a correspondência entre "nota" e MF, o observador calcula a nota média de todas as estações avaliadas visualmente e entra com esse valor na equação de regressão, chegando assim ao valor médio de MF para a pastagem. Aqui a variação de observador para observador pode ser muito grande e observadores pouco ou mal treinados tendem a fazer observações pouco exatas e pouco precisas (Frame, 1981). Isto, de acordo com Mannelje (2000), pode fazer com que a técnica de avaliação

visual possa ter seu uso restrito a aplicações práticas em propriedades, sendo de valor limitado em situações de pesquisa.

2. Altura do dossel: Procedimento análogo à avaliação visual. Calibra-se a altura como indicador de MF e mede-se a altura da forragem com uma régua em um grande número de estações (Figura 2). A altura média é usada na equação de calibração para estimar a MF da área.



Figura 2. Medição de altura do dossel com régua e transparência.

Esse método tem a vantagem de ser simples e de não requerer equipamento sofisticado (apenas uma régua graduada). Todavia, o uso da altura (bem como dos outros métodos indiretos) para estimar MF está, em geral, associado com baixa precisão e baixa exatidão por medição, pois apenas uma aproximação é conseguida em relação ao valor real de MF. A variação pontual da altura do dossel é muito alta e parece ser vantajoso tentar integrar a altura de pequenas áreas do que medir um número excessivamente grande de estações. Isso pode ser feito usando-se uma transparência (filme de acetato) que, colocada sobre a vegetação não a comprime e permite integrar uma área de cerca de 600 cm<sup>2</sup>. A altura média da transparência pode ser medida muito mais rápida e facilmente do que a de um número suficiente de pontos para se chegar a uma mesma altura média do dossel naquela pequena área (Figura 2). Há ainda o problema relativo à densidade da vegetação, que não é constante ao longo dos estratos. Assim, a relação entre altura e MF não é constante dentro da amplitude normalmente observada em comunidades de plantas forrageiras (i.e. se a altura, por exemplo, dobra de 5 para 10 cm, a MF provavelmente não dobra de 2500 para 5000 kg MS ha<sup>-1</sup>), principalmente as gramíneas tropicais (Tabela 1). Em geral, a densidade varia menos em dosséis de leguminosas do que de gramíneas e varia mais dentro de dosséis de gramíneas de clima temperado do que nos de gramíneas de clima tropical (Stobbs, 1975; Moore et al., 1987; Sollenberger & Burns, 2001).

Tabela 1. Densidade volumétrica ("bulk density") de dosséis de uma gramínea [*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf & C.E. Hubb.] e de uma leguminosa (*Aeschynomene americana* L.) de clima tropical.

Estrato do dossel	<i>H. altissima</i>	<i>A. americana</i>
	----- g MS m <sup>-2</sup> cm <sup>-1</sup> -----	
Superior ("topo")	3,7	1,7
Inferior ("base")	9,2	1,8

Adaptado de Moore et al. (1987)

O uso da altura do dossel como medida indireta é, portanto, melhor relacionado com a massa de forragem se a densidade do dossel for uniforme e constante ao longo de todo o perfil. Como isso é improvável, mesmo nos dosséis mais homogêneos, a MF será, não raramente, superestimada quanto mais alto for o dossel, porque as maiores densidades são frequentemente encontradas nos estratos inferiores, próximo à base da vegetação.

3. Prato ou disco medidor: consiste de uma haste (geralmente metálica) graduada, na qual "corre" um disco ou prato, geralmente de alumínio ou galvanizado que, colocado ou solto de uma determinada altura sobre a vegetação, registra uma altura de repouso. (Figura 3). Esta técnica (Santillan et al., 1979) é atraente, pois é baseada no princípio segundo o qual as leituras do instrumento são influenciadas por (ou seja, respondem a) combinações de altura e densidade da cobertura vegetal, i.e., tem a vantagem de combinar duas características do dossel (altura e densidade) que, em conjunto, estão mais fortemente associadas com MF do que a altura sozinha (Mannetje, 2000).



Figura 3. Medição com o prato ascendente ("rising plate meter"). O modelo da figura é comercial, mas há os de fabricação artesanal.

O procedimento ideal é fazer a calibração do prato ou disco em locais selecionados para abranger a amplitude da MF e, de preferência, várias vezes ao longo do experimento. Ao final de uma ou de várias estações de pastejo, de posse da biblioteca de calibração pode-se, através de manipulação estatística ("PROC REG" e "PROC SORT") (SAS Institute, Inc., 1989) selecionar calibrações específicas para cada tratamento (ou fator de tratamento), para cada estação, etc. A calibração é específica para cada técnica, o que quer dizer que uma amplitude de alturas usada para calibrar a régua provavelmente não será a melhor amplitude para a calibração do prato, uma vez que o prato deve ser calibrado com amplitudes de MF. Em outras palavras, pontos de alturas contrastantes medidas com régua podem fornecer a mesma leitura do prato, se as densidades forem diferentes. E frequentemente são, mesmo em pastagens monoespecíficas. Além disso, o disco ou prato medidor é provavelmente uma técnica indireta mais eficiente para medir a MF de dosséis de porte médio a baixo, de espécies folhosas e de colmos macios. Em dosséis com colmos muito grandes e rígidos a leitura pode não levar em conta a densidade, mas responder apenas à altura, resultando em correlações fracas entre altura do prato e MF. O tamanho e o peso do disco podem variar e, embora não haja grande efeito de peso (em discos de mesma área) nem de área (em discos de mesmo peso por unidade de área) na qualidade da calibração e das estimativas de MF (Bransby et al., 1977), valores extremos podem ser prejudiciais uma vez que discos excessivamente leves irão responder apenas à altura e discos excessivamente pesados provavelmente responderão pobremente à densidade e à altura, simplesmente esmagando a vegetação. Da mesma forma, discos excessivamente grandes serão difíceis de transportar e discos excessivamente pequenos não serão capazes de integrar a MF de uma área suficientemente grande, gerando erros elevados por leitura. Os tamanhos mais comuns variam de 0,2 a 1 m<sup>2</sup> (Frame, 1981). A técnica do disco ou prato medidor não é indicada para dosséis de porte alto ou onde grande parte da vegetação está "acamada" (Mannetje, 2000; Oliveira et al., 2001) e, apesar de ser menos suscetível ao efeito de observador (viés) do que a avaliação visual, é sempre melhor que o mesmo observador faça as leituras no experimento todo ou, pelo menos na mesma repetição (Aiken & Bransby, 1992). Alternativamente, pode-se treinar os observadores para que padronizem o procedimento de leitura.

Outros métodos indiretos incluem o uso da capacitância medida por uma sonda eletrônica ("pasture probe"). Alguns modelos comerciais estão disponíveis no mercado e, apesar de pouco utilizada no Brasil, a técnica é conhecida e usada em outros países há pelo menos 40 anos (Mannetje, 2000). A quantificação de MF é baseada no fato de que a capacitância do ar é baixa, enquanto que a da forragem é alta. Similarmente aos outros métodos indiretos, a sonda eletrônica deve ser calibrada antes do uso para que se possa, então fazer várias leituras de maneira rápida e eficiente (Figura 4) abrangendo a variabilidade espacial da pastagem. Uma das desvantagens da técnica é que a capacitância da MF depende da espécie e da concentração de água da massa (Mannetje, 2000), o que torna necessário fazer muitas calibrações envolvendo espécies, estádios de maturidade dentro de espécies, e horas do dia (Burns et al., 1981). Não obstante, Vickery et al. (1980), Vickery (1981), e Vickery & Nicol (1982; citados por Mannetje, 2000) argumentaram que as sondas modernas de um único sensor responde à área superficial da MF e é menos sensível à concentração de água na forragem. Experiências iniciais com pastagens tropicais e o uso da capacitância para quantificação de sua MF foram frustrantes (Jones et al., 1977) justamente devido a esse problema.

A escolha do método indireto deve levar em conta a precisão e exatidão desejadas na estimação da MF, a qualidade da mão de obra e a necessidade de treinamento do(s) operador(es), e a disponibilidade de recursos para aquisição do equipamento. Enquanto que a avaliação visual e a de altura têm custo reduzido, a aquisição de um "rising plate meter" ou de um "electronic capacitance pasture probe", poderá custar algumas centenas de dólares. Se, por um lado, os métodos indiretos podem proporcionar ganhos em agilidade na amostragem e cobertura apreciável da variabilidade local em pastos pastejados (notadamente mais heterogêneos do que pastos onde a forragem é colhida mecanicamente), o uso inadvertido das técnicas ou dos equipamentos podem anular esses ganhos. É importante que se faça calibrações fortes (com muitos pontos) para que as medições indiretas tenham significado. Há casos (e.g., Sanderson et al., 2001) em que a capacitância e a altura são altamente inexatos como preditores de MF, e mesmo o aumento da quantidade de leituras indiretas aumentaria apenas a precisão. Isso ocorre porque o erro padrão da predição (EPP) inclui o erro associado ao corte dos locais de calibração (amostragem dupla) e o erro na leitura usando o método indireto, e ambos

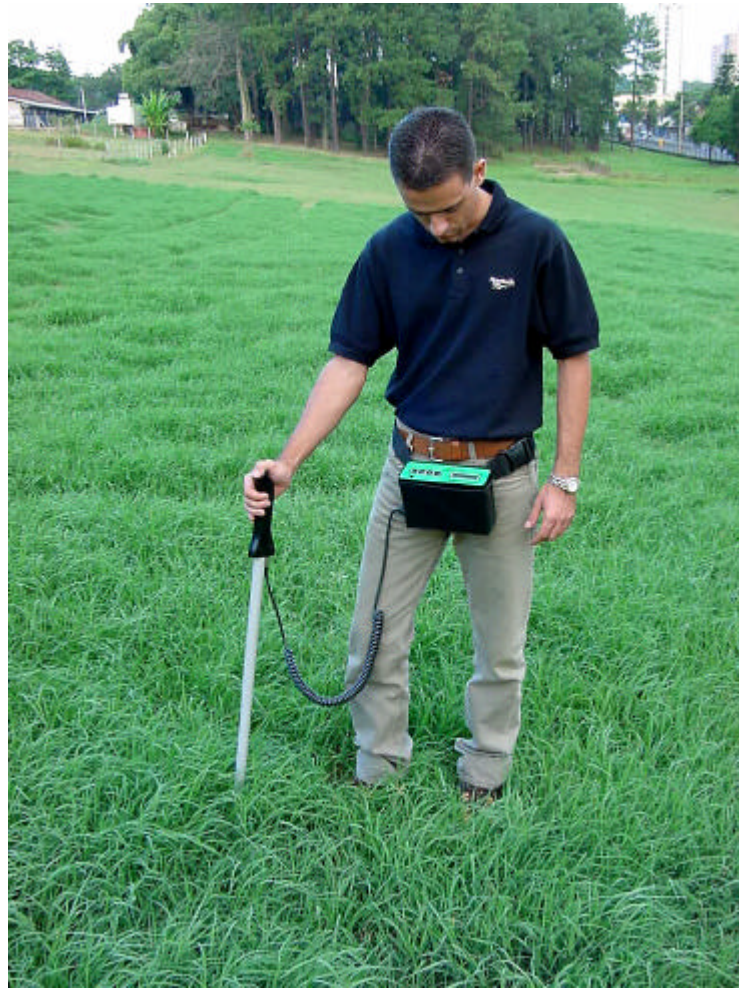


Figura 4. Medição por capacitância com a sonda eletrônica ("Pasture probe").

podem ser reduzidos aumentando-se o número de observações (Fulkerson & Slack, 1993). Sanderson et al. (2001) explicaram que dentre as razões para as correlações pobres (baixos coeficientes de determinação e altos erros-padrão de regressão) entre as amostragens diretas e indiretas, estão a irregularidade do solo (protuberâncias e buracos), pisoteio e acamamento da vegetação, composição botânica (Karl & Nicholson, 1992), e efeitos de observador (Aiken & Bransby, 1992), e tudo isso aumenta a variabilidade tanto na medição direta (destrutiva) como na indireta (não-destrutiva). Além disso, algumas sondas eletrônicas só são capazes de quantificar a capacitância (e, conseqüentemente a MF) num volume de espaço cilíndrico de 100 mm de diâmetro (com o centro correspondendo ao eixo da haste sensora) por 400 mm de altura, o que significa que, se a haste está com a ponta encostada no solo, a MF presente acima de 40 cm de altura não será registrada. Sanderson et al. (2001) enfatizaram a necessidade de boas calibrações para os métodos da altura, do prato, e da capacitância para que os valores de EPP fiquem abaixo de 10%, o que consideram necessário para que o investimento nesse tipo de tecnologia seja viável por parte do produtor.

De posse de valores de MF do pasto em pontos específicos de estação de pastejo, pode-se facilmente calcular o acúmulo (aumento da MF durante um período de rebrota, por exemplo) de forragem para estações do ano, períodos de pastejo, ou todo o ano. Por exemplo, o acúmulo de forragem (AF) durante um período de descanso de um determinado piquete sob desfolha intermitente (lotação rotacionada, por exemplo) é dado por:



$$AF = MF \text{ pré-pastejo}_{\text{ciclo } n} - MF \text{ pós-pastejo}_{\text{ciclo } n-1}$$

Em casos onde o método de pastejo é a lotação contínua e não há períodos de descanso do pasto e de rebrota das plantas, claros, controlados, e definidos (embora plantas individuais experimentem períodos de descanso irregulares e não controlados), faz-se necessário lançar mão de artifícios que permitam medir o acúmulo de forragem em áreas protegidas do pastejo (e.g., usando gaiolas de exclusão). Neste procedimento não há ciclo de pastejo, mas sim, ciclo de amostragem. Por exemplo, num ciclo de amostragem de 21 dias para medição de acúmulo numa pastagem sob lotação contínua, identificam-se no dia "zero" do ciclo de amostragem, três pontos onde a MF é a média do pasto e exclui-se esses locais com gaiolas. No dia "21" mede-se a MF média do pasto (i.e., área pastejada, fora das gaiolas) e a MF das áreas excluídas. Daí:

$$AF = MF \text{ gaiolas}_{\text{dia } 21} - MF \text{ pasto}_{\text{dia zero}}$$

As gaiolas são, então, rotacionadas e ancoradas em novos pontos onde a MF é representativa da MF da unidade experimental, e a MF do pasto (fora das gaiolas) é novamente quantificada. Decorridos mais 21 dias, pode-se calcular mais um AF, como sendo:

$$AF = MF \text{ gaiolas}_{\text{dia } 42} - MF \text{ pasto}_{\text{dia } 21}$$

Logo, a cada data de amostragem mede-se a MF inicial para o próximo ciclo de acúmulo e a MF final do ciclo de acúmulo que acaba de terminar. Esta técnica consiste de um artifício e isso deve ser levado em conta na interpretação das informações geradas. Alguns autores argumentam que dentro da gaiola, o acúmulo (e os processos dos quais ele é resultante) não é o mesmo que fora da gaiola, onde as plantas não estão excluídas do pastejo, o que é verdadeiro. Ocorre que, em situações onde não é possível cortar grandes proporções de área da unidade experimental durante a amostragem (e isso ocorre frequentemente), o uso de gaiolas é de grande utilidade (Pedreira et al., 1999). Dependendo da condição da vegetação no momento da exclusão, o acúmulo medidos dentro das gaiolas pode ser maior ou menor que na área não excluída. Acúmulos superestimados dentro de gaiolas de exclusão foram reportados por Cowlshaw (1951) e Heady (1957). Em ambos os casos, os autores listaram aspectos relacionados com a modificação do ambiente dentro da gaiola (maior umidade, menor movimentação de ar e menores perdas de água por transpiração) como explicação para o fenômeno. Além disso, em dosséis sob lotação contínua onde o índice de área foliar (IAF) é baixo no momento da exclusão, o AF pode ser superestimado, pois durante o período de exclusão o IAF médio é maior e mais favorável a taxas de crescimento altas e taxas de senescência relativamente baixas. Se, por outro lado, o IAF inicial, no momento da exclusão, é alto, o AF pode ser subestimado em função de taxas excessivamente altas de senescência que se estabelecem cedo após a colocação das gaiolas, reduzindo o aumento líquido da MF dentro delas.

Além dessas respostas agronômicas de produção, é comum também que se queira uma estimativa das características qualitativas (valor nutritivo) da forragem em um experimento de pastejo. Amostras do tipo "hand-plucked" (simulando o pastejo dos animais) podem ser obtidas em um piquete prestes a ser pastejado, cortando-se a forragem na altura pós-pastejo pretendida. O procedimento é um pouco mais complicado, todavia, em lotação contínua, pois o "horizonte pastejado" não é facilmente identificável, o que requer a observação do hábito de pastejo para que a simulação seja representativa. Nesse sentido, o uso de animais fistulados no esôfago permite a coleta de boas amostras da forragem pastejada (Euclides et al., 1992), embora Jones & Lascano (1992) tenham alertado para o fato de que o uso pontual de animais fistulados pode fornecer estimativas inexatas do valor nutritivo da dieta selecionada por animais "residentes" (que estão permanentemente no experimento). É também importante ressaltar que o correto processamento da amostra "pós-amostragem" (e.g. secagem, moagem, e armazenamento corretos) e bons procedimentos analíticos no laboratório, não irão compensar uma possível má amostragem no campo (e.g., obtenção de uma amostra não-

representativa). O valor da informação gerada na análise químico-bromatológica (ou qualquer outra que se pretenda) é no máximo tão bom quanto a amostragem feita no campo.

Outras respostas da pastagem podem ser de interesse, dependendo do tema central do estudo e da disponibilidade de infra-estrutura disponível. Dentre as variáveis frequentemente de interesse em estudos agrônomicos envolvendo fisiologia, morfologia, e ecologia de plantas forrageiras sob desfolha, pode-se listar:

- Fluxo e renovação de tecidos, incluindo medidas de acúmulo bruto (crescimento) e senescência (morte): geralmente feitos através de avaliação de partes específicas de plantas individuais (Davies, 1981).
- Medidas relativas à dinâmica das populações de plantas forrageiras na pastagem (sucessão de geração de perfilhos) e densidade populacional em resposta a tratamentos. Também estudadas através de marcações de plantas individuais (Jewiss, 1981; Hay et al., 2000).
- Medidas de persistência: geralmente interpretadas sob o ponto de vista morfofisiológico de plantas individuais, ou de dinâmica de populações (e.g., condição de estande, demografia de perfilhos, etc.), dependendo da base biológica do processo sob investigação. Algumas medições de interesse incluem:
  - composição botânica da pastagem (Grant, 1981; Whalley & Hardy, 2000)
  - teores e "pool" de carboidratos não estruturais e outras reservas orgânicas consideradas "chave" para a produtividade e persistência (Troughton, 1981; Volenec & Nelson, 1995)
  - IAF, interceptação luminosa, assimilação fotossintética de carbono e outros parâmetros de arquitetura e estrutura da vegetação, que definam a condição do estande (Robson & Sheehy, 1981; Parsons, 1981; Rhodes, 1981; Laca & Lemaire, 2000; Roderick et al., 2000)

### *Respostas de animais em pastejo*

A caracterização da vegetação é essencial para a interpretação de estudos de produção animal em pastagens, mas a quantificação do impacto dos tratamentos aplicados (geralmente na pastagem) sobre os animais em pastejo é visto por muitos como o mais importante.

Nos chamados "experimentos de pastejo" (Fase IV, Figura 1) as unidades experimentais são maiores, e a avaliação como um todo é mais cara por tratamento, do que nas etapas anteriores (Fases I a III). Logo, é importante que o pesquisador tenha a habilidade de reconhecer, cedo dentro do processo, os materiais ou tratamentos de desfolha (ou combinações destes) que sejam inviáveis, de forma que apenas os mais promissores possam ser testados nos grandes ensaios com animais.

A quantificação e a interpretação de respostas de animais em experimentos de pastejo pode ser altamente complexa, uma vez que essas respostas são influenciadas por um grande número de fatores (Figura 5). Embora o objetivo aqui seja enfatizar aspectos metodológicos da avaliação de forragens sob pastejo, uma discussão detalhada e profunda sobre todos os fatores envolvidos na determinação das respostas está fora do escopo da presente discussão. Para isso, o leitor é remetido aos trabalhos de Mott (1961), Matches (1970), Bransby (1989), e Stuedemann & Matches (1989).

Normalmente, o pasto é a unidade experimental em experimentos de pastejo e o alto custo por unidade experimental geralmente limita esse tipo de experimento a poucos tratamentos e/ou repetições. Como resultado, muitas vezes o pesquisador opta por delineamentos que maximizem os graus de liberdade do resíduo (GLR), para que o poder de detecção de diferenças não seja comprometido, como no caso do delineamento completamente casualizado. Bransby (1989) argumentou que essa restrição no número de unidades experimentais, o pequeno número de GLR e a falta de poder estatístico a ele associado, são a principal fraqueza nos experimentos de pastejo (Figura 6). Assim, aumentando o GLR em uma ou duas unidades pode ser chave em experimentos com poucos GLR, na medida em que pode aumentar muito o poder do teste. Isso é um aspecto chave na

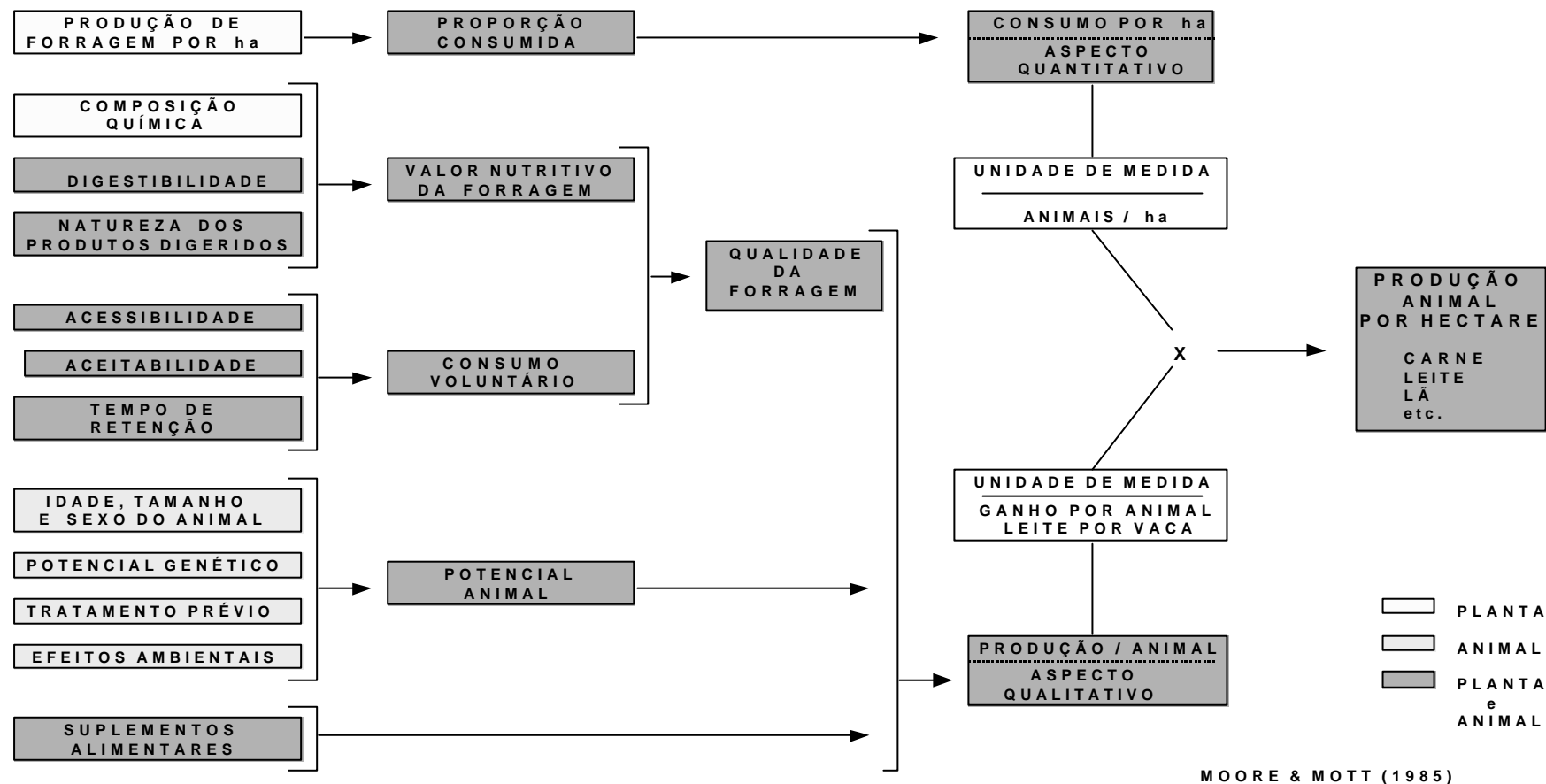


Figura 5. Principais fatores que afetam o desempenho (kg/animal) e a produtividade (kg/ha) animal em pastagens (Mott & Moore, 1985)



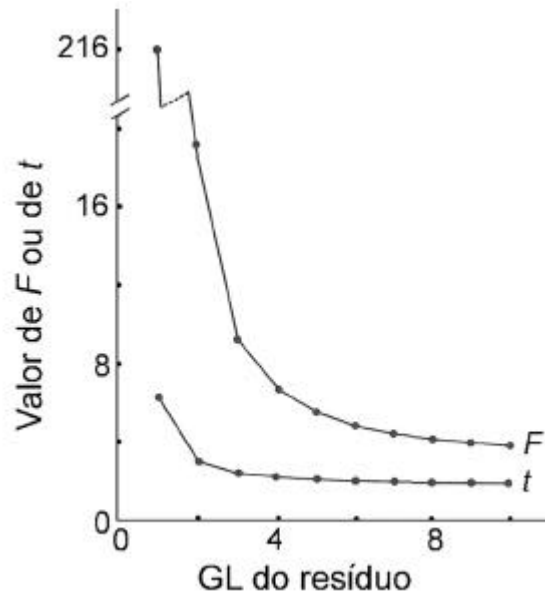


Figura 6. Valores de  $F$  e de  $t$  em função do número de graus de liberdade do resíduo (GLR), assumindo 3 GL no numerador para o teste  $F$ . (Adaptado de Bransby, 1989)

decisão sobre a escolha do tipo de delineamento. Muitos pesquisadores argumentam que o delineamento em blocos casualizados é imprescindível em ensaios de pastejo onde quase sempre conhece-se ou suspeita-se de gradientes ou variação local na área experimental. Embora isso seja frequentemente verdadeiro, o "custo estatístico" pode ser alto, na medida em que o delineamento em blocos "rouba" graus de liberdade do resíduo e aloca-os a "blocos". Se, somado a isso, "bloco" for uma causa de variação não-significativa, a perda é irreparável, pelo menos para o nível de significância originalmente pretendido. Pode-se, nesses casos considerar um nível de significância mais flexível que 1 ou 5%, isso, obviamente, se a literatura mostrar que fez sentido biologicamente, no contexto da variabilidade inerente àquela determinada resposta. Uma outra saída, certamente menos elegante e simplesmente incorreta, mas que infelizmente é, às vezes, utilizada (conforme já testemunhou este autor) é analisar os dados do experimento, que foi concebido e estabelecido no campo num delineamento de blocos, como completamente casualizado, simplesmente tirando "bloco" da análise de variância. Face a essa restrição operacional (baixo número de GLR), alguns autores propuseram a avaliação de forragens sob vários níveis de intensidade de pastejo, sem repetições (Riewe, 1961; Bransby et al., 1988). Essa modalidade experimental não tem sido amplamente adotada, uma vez que envolve um fator de risco, que é maior quanto mais desuniforme for a área experimental (Matches, 1970). Além disso, o tratamento estatístico dos dados requer o uso de covariância e análise de regressão, fugindo do processamento "tradicional".

Tanto os aspectos quantitativos como os qualitativos da forragem, variam em pastos da mesma espécie, sob o mesmo manejo (Sollenberger & Cherney, 1995). Analogamente, o desempenho produtivo de animais em pastejo pode variar dentro da unidade experimental. Para a resposta de desempenho animal, a variação entre animais é, normalmente, a maior fonte de variação em experimentos de pastejo (Petersen & Lucas, 1961), com coeficientes de variação da ordem de 10 a 30%, enquanto que entre unidades experimentais esse valor gira ao redor de 5% (Mott & Lucas, 1953). Para a resposta de produtividade (kg de produto animal por unidade de área) os coeficientes ficam próximos de 10% tanto para animais como para unidades experimentais (Sollenberger & Cherney, 1995). Aumento do número de repetições, de animais por tratamento, e da duração do período de duração do ensaio irão contribuir para a redução do erro experimental enquanto que análise

de covariância pode ser útil na identificação e no controle de variação devido ao animal em experimentos de pastejo (Petersen & Lucas, 1961; Stuedemann & Matches, 1989). Adicionalmente, isso irá também aumentar a precisão do experimento e o poder do teste estatístico. Estimativas da variância e, conseqüentemente, dos tamanhos de amostras necessárias para várias medidas de desempenho animal (Matches, 1970), composição e qualidade da dieta (Obioha et al., 1972; Holecheck & Vavra, 1983), e consumo de forragem (Cordova et al., 1978) podem ser encontradas na literatura. O número ótimo, evidentemente, é o mínimo requerido para um determinado nível de precisão desejado (Stuedemann & Matches, 1989).

Crítérios usados para a seleção da resposta animal a ser medida devem ser relevantes no contexto da hipótese postulada para a justificativa do estudo. Stuedemann & Matches (1989) propuseram duas categorias de respostas animais. As *medidas absolutas* são aquelas onde é possível a comparação com outros trabalhos (e.g., variações no peso vivo), enquanto que as *medidas comparativas* incluem as que têm valor dentro do experimento e podem ou não ser relevantes na comparação com outros se houver possibilidade de padronização (e.g., escores de condição corporal). Além disso, o processo de medição ou de coleta de amostras não deve interferir na interpretação da informação gerada e o observador deve ser capaz de fazer medições ou coletar amostras sem que isso interfira na resposta do animal ao tratamento imposto sobre ele.

Em ensaios de pastejo onde o desempenho produtivo é medido periodicamente como a variação no peso vivo de animais, os erros de pesagem podem ser uma grande fonte de variação, especialmente se o período experimental não for suficientemente longo (Matches, 1970). Nesse tipo de estudo, os animais são geralmente confinados por 12-16 horas (normalmente do final de uma tarde até a manhã do dia seguinte) antes da pesagem, sem água nem comida para reduzir a variabilidade devida ao enchimento do trato digestivo. Se o desempenho de animais individuais for a resposta de maior interesse, duas ou três unidades experimentais (pastos) maiores, capazes de suportar mais animais, são recomendadas, mas se o maior interesse for a detecção de diferenças de produtividade (produto animal por área), então três ou mais pastos menores por tratamento é a melhor opção (Mott & Moore, 1985). Normalmente o que se deve buscar para experimentação são lotes relativamente homogêneos de animais, que sejam representativos do universo ao qual se deseja aplicar os resultados (Sollenberger & Cherney, 1995), embora métodos para designar grupos heterogêneos de animais a unidades experimentais tenham sido apresentados por Mott & Lucas (1953).

### **A escolha do método de pastejo**

No processo de concepção do experimento de pastejo, decisões importantes incluem a escolha do método de pastejo, no que diz respeito à estratégia de desfolha (lotação contínua versus rotacionada) e à modalidade de imposição da taxa de lotação (fixa versus variável). A escolha entre lotação contínua ou rotacionada depende de uma série de fatores que vão desde a biologia da espécie forrageira em estudo (hábito de crescimento e tolerância à desfolha mais ou menos frequente) até a infra-estrutura física da unidade experimental (cercas, água, gerenciamento e manejo dos animais), entre outros. O uso de taxa de lotação variável (TLV) implica em ajustes periódicos da taxa de lotação com base em algum parâmetro (altura média do dossel, MF, OF) que deva permanecer relativamente constante dentro de tratamentos. Se a opção é pelo uso de taxa de lotação fixa (TLF) o procedimento é mais simples e consiste no ajuste da taxa de lotação no início do período experimental, com base em algum parâmetro (produção de forragem estimada para um determinado momento do período, por exemplo), e permanece inalterada a partir de então.

Considerando as opções do pesquisador pelas alternativas referentes à taxa de lotação, Wheeler et al. (1973) propuseram que a TLF é mais adequada quando (1) a produção de forragem é relativamente uniforme e previsível, (2) as características quantitativas e qualitativas da forragem são pouco alteradas quando não há consumo, (3) há pouca flexibilidade experimental e, da mesma forma, nas condições de produção às quais os resultados da pesquisa serão aplicados, e (4) os resultados podem ser aplicados quase que diretamente na prática. Com isso, o uso de TLV seria indicado quando as condições opostas predominarem, o que parece ser o caso na maioria dos sistemas intensificados das regiões de clima tropical, sub-tropical, e temperado. Sollenberger & Cherney (1995) consideraram que a ênfase de Wheeler et al. (1973) sobre a necessidade de se escolher os métodos de pastejo mais

apropriados para um determinado conjunto de objetivos e de condições experimentais, foi importante para colocar em perspectiva um tópico que vem causando debates e polêmica entre os pesquisadores engajados no estudo de plantas forrageiras em pastagens.

Nos estudos onde se usa TLV, há, por definição, duas categorias de animais: os traçadores, ou animais-teste, e os reguladores. Animais traçadores permanecem, obrigatoriamente, na unidade experimental durante toda a duração do experimento e o número de reguladores é, via de regra, baseado na menor taxa de lotação prevista para a unidade experimental durante o período de coleta de dados. Os animais reguladores são adicionados ou removidos dos pastos experimentais para que o parâmetro de manejo escolhido (altura média do dossel, MF, OF) seja regulado (daí o nome dado a esse grupo de animais). O desempenho animal resultante de cada tratamento é calculado com base apenas no desempenho dos animais traçadores. Para cálculo de taxa de lotação média e de produtividade, tanto traçadores como reguladores são incluídos. Apesar de ser um processo simples, o cálculo desses grupos de respostas animais em experimentos de pastejo está sujeito a erros por parte do pesquisador com menos experiência, e um bom exemplo foi dado por Mott & Lucas (1953).

Por vezes polêmicos, os experimentos que usam TLF têm sido historicamente conduzidos com certa frequência em locais onde o perfil da indústria pecuária assim preconiza, além do que eliminam qualquer subjetividade por parte do pesquisador a partir do momento em que as taxas de lotação são estabelecidas e também porque podem ser conduzidos sem a necessidade de pessoal treinado no ajuste da taxa de lotação (Jones, 1981). Nesse tipo de experimento, o cálculo das respostas animais é mais simples e objetivo, uma vez que todos os animais permanecem no experimento todo o tempo.

Embora às vezes seja alvo de polêmica por implicar em ajustes periódicos na taxa de lotação, algo que supostamente o produtor tem dificuldade para fazer, o uso da TLV em experimentação tem a vantagem de controlar com grande eficiência o balanço quantitativo (e, conseqüentemente, o qualitativo) entre a forragem e o animal, através do controle da altura, da massa, ou da OF através do manejo. Isso evita confundimento na comparação entre tratamentos, pois dentro de tratamentos a variação é menor do que com o uso da TLF. Além disso, para aplicar o uso da TLV na propriedade, o produtor não tem, obrigatoriamente, que variar o número de animais, mas pode, alternativamente, variar o tamanho da área pastejada. Isso pode ser feito, fechando algumas áreas aos animais em épocas de excedente de produção, e diferi-las para pastejo posterior, ou ainda colhê-las para conservação.

### **Níveis de intensidade de pastejo em experimentos**

As relações quantitativas entre o componente "forragem" (kg MS/ha) e o componente "animal" (kg PV/ha) têm um impacto marcante sobre a produção e a produtividade. Por causa disso, variar a magnitude dessa relação (por exemplo variando a OF através da variação na taxa de lotação) é uma ferramenta com alto poder de explicação das respostas de desempenho e produtividade animal (Burns et al., 1989). Um modelo clássico que ilustra o efeito da variação da OF (variando a taxa de lotação), sobre o desempenho e a produtividade de animais em pastejo (Figura 7), foi proposto por Mott (1973). Nesse modelo, o ganho por animal ( $g$ ) e ganho por unidade de área ( $G$ ) são plotados contra OF. Entre  $N_u$  e  $N_o$  o desempenho ( $g$ ) é função da qualidade da forragem (Figura 5), que pode variar em função das características químicas da forragem e/ou características estruturais do dossel (incluindo composições botânica e morfológica, densidade, maturidade) e seus respectivos efeitos sobre o hábito de pastejo e o consumo dos animais (Buxton & Mertens, 1995). De  $N_o$  a  $N_m$  a oportunidade de seleção é cada vez menor e o desempenho é cada vez mais uma função da OF (caráter quantitativo). No ponto  $N_m$  os animais são muitos, mas cada um consegue consumir apenas o necessário para manter o PV constante. Nesse ponto, tanto desempenho como produtividade são iguais a zero. O ponto de produtividade máxima ( $G_{máx}$ ) ocorre quando o balanço quantitativo (por exemplo, a OF) é inferior àquele onde o desempenho é máximo ( $g_{máx}$ ), porém dentro de uma amplitude ótima (Mott, 1973). O ponto central da amplitude ótima é, por definição, aquele onde tanto desempenho como produtividade são ótimos ( $g_o$  e  $G_o$ , respectivamente) mas não máximos (Mott & Moore, 1985). Isso mostra que é possível obter desempenho ótimo (pouco inferior ao máximo) e produtividade ótima (muito pouco inferior à máxima) numa mesma OF. Numa proposição diferente, Jones & Sandland (1974) sugeriram que o decréscimo no desempenho ( $g$ ) com a diminuição da OF é

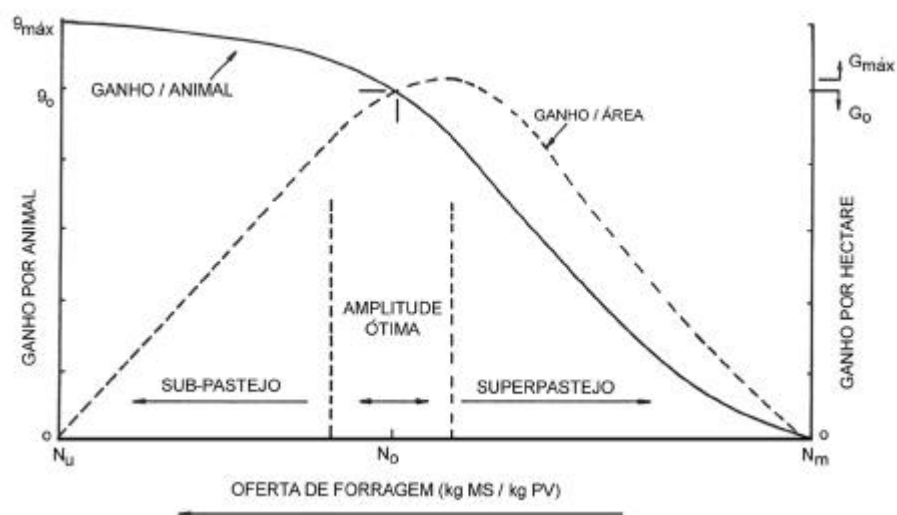


Figura 7. Relação entre a oferta de forragem (OF), variada através da variação na taxa de lotação (N, número de animais por unidade de área), e o desempenho (g) e a produtividade (G) animais. Valores à esquerda no eixo das abscissas correspondem a altas OFs, baixas taxas de lotação, e baixas pressões de pastejo. Valores à direita correspondem a baixas OFs, altas taxas de lotação, e altas pressões de pastejo. Adaptado de Mott (1973).

linear, dentro da amplitude de OFs ou de taxas de lotação realmente praticadas. Mais tarde, Jones (1981) propôs um modelo revisado, similar ao de Mott & Moore (1985), onde para taxas de lotação baixas (entendidas como altos níveis de OF) a relação quantitativa não existe, i.e., o desempenho atinge a assíntota e se nivela. Ambos os modelos, no entanto, parecem sugerir que, na amplitude de taxas de lotação normalmente utilizadas "na prática", a relação tende realmente à linearidade, conforme proposto por Jones & Sandland (1974).

Para contemplar as variações entre anos na produção de forragem (em função nas variações anuais das condições ambientais, ainda que numa mesma localidade), é importante que experimentos usando TLF sejam conduzidos com mais de um (preferencialmente três ou mais) nível de taxa de lotação. Se a opção for pela TLV, o pesquisador tem a alternativa de poder fazer comparações mais objetivas, à medida que pode estabelecer níveis semelhantes de OF (ou de outro parâmetro que esteja sendo usado no controle do equilíbrio quantitativo na unidade experimental) entre tratamentos, pois atua continuamente no ajuste da taxa de lotação (Mott, 1961; Matches, 1970). Independentemente do método escolhido (TLF ou TLV), Bransby (1989) enfatizou que o uso de múltiplos níveis de intensidade de pastejo (aplicados como taxa de lotação, OF, pressão de pastejo, ou da manutenção de uma gama de MFs ou de alturas de dossel) traz um número de vantagens. Entre elas estão (1) a possibilidade de detecção de interações entre tratamento (e.g., tipo de forragem) e intensidade de pastejo, (2) o fato de que a relação entre a resposta animal e o parâmetro de pasto (MF, OF, altura, etc.) pode ser estabelecida para cada tratamento, e (3) os dados gerados são mais úteis para análise econômica e modelagem do que com um único nível de intensidade. Não obstante essas vantagens, o custo da implantação e condução de experimentos com vários níveis de intensidade de pastejo pode ser limitante no uso dessa técnica e, nesse caso, o uso de TLV é recomendado, pois permite a possibilidade de se chegar à intensidade de pastejo ótima (Bransby, 1989).

### Respostas medidas na interface planta-animal: consumo de forragem e hábito de pastejo

Greenhalgh (1982) ponderou que a quantificação direta tanto da digestibilidade da forragem como do consumo por parte de animais em pastejo é tarefa extremamente trabalhosa e os dados gerados são, quase sempre, altamente variáveis. Por causa disso, aquele autor sugere que essas



medições sejam feitas em situações em que haja a necessidade inequívoca dessas respostas para a adequada interpretação dos resultados da pesquisa e apenas quando o pesquisador estiver seguro de que as medições podem ser feitas com um grau de exatidão apropriado para os objetivos do trabalho.

Não existem métodos diretos (*in vivo*) para se medir digestibilidade no animal em pastejo e, em função disso, métodos indiretos foram desenvolvidos e encontram-se descritos na literatura (Le Du & Penning, 1982). Uma abordagem detalhada está fora do escopo deste texto, e apenas uma abordagem superficial é feita a seguir. Le Du & Penning (1982) listaram três principais métodos para a quantificação da digestibilidade: a técnica do quociente ("ratio technique"), a do índice fecal ("fecal index technique") e as técnicas baseadas nos procedimentos *in vitro*. Para a técnica do quociente, existe a necessidade de marcadores que permaneçam inalterados após a passagem pelo trato digestivo e que sejam recuperáveis quantitativamente, e também que a forragem e as fezes sejam adequadamente amostradas. Tradicionalmente, a lignina (considerada um componente indigestível) tem sido usada como marcador (Sollenberger & Cherney, 1995) embora, na prática, capins imaturos ou forragem com baixas concentrações de lignina possam ter digestibilidades aparentes da lignina de até 400 g kg<sup>-1</sup> (Van Soest, 1987). Uso de outros marcadores tais como a fibra em detergente neutro (FDN) ou fibra em detergente ácido (FDA) indigestíveis pode minimizar o problema em função da concentração relativamente alta desses componentes em forragens (Lippke et al., 1986).

A técnica do índice fecal relaciona um componente fecal com a digestibilidade *in vivo* através de regressão (Le Du & Penning, 1982). Essa relação é desenvolvida através de ensaio de digestibilidade usando forragem semelhante àquela sendo pastejada. A concentração do componente nas fezes dos animais em pastejo pode, então, ser usada para estimar a digestibilidade. As vantagens dessa técnica são que não se necessita de amostras da forragem pastejada e apenas pequenas amostras de fezes já são suficientes. Apesar disso, Sollenberger & Cherney (1995) argumentaram que devido às dificuldades de obtenção de amostras representativas da forragem pastejada para fornecimento aos animais confinados, a técnica do índice fecal não é recomendada quando o estudo envolve lotação contínua como método de pastejo ou quando há oportunidade de pastejo seletivo.

Técnicas baseadas em procedimentos *in vitro* requerem que a relação entre as digestibilidades *in vivo* e *in vitro* da forragem seja estabelecida através de ensaio com animais confinados. Amostras representativas da forragem sendo pastejada são, então, obtidas através de simulação de pastejo ou animais com fístula esofageana no pasto, e analisadas para digestibilidade *in vitro* (Le Du & Penning, 1982; Sollenberger & Cherney, 1995).

Mais recentemente, o uso de alcanos como marcadores internos e externos tem oferecido novas oportunidades na quantificação do consumo de animais em pastejo (Mayes et al., 1986). Uma das vantagens é que o uso de alcanos para estimar a digestibilidade da matéria seca pode ser mais exato que os métodos convencionais, o que melhoraria as estimativas de consumo (Holecheck et al., 1986). O uso de alcanos pode fornecer tanto as estimativas de digestibilidade como de produção fecal para o cálculo de consumo e o procedimento pode, inclusive, contemplar as variações individuais de animais, na digestibilidade da forragem (Vulich et al., 1991; Burns et al., 1994).

Métodos indiretos para estimar consumo de forragem por animais em pastejo incluem o método agrônomo da diferença (sujeito à variação de animal para animal e a outras causas de desaparecimento da forragem, como perdas mecânicas decorrentes do pastejo) (Meijs et al., 1982), desempenho animal (Baker, 1982), equações de digestibilidade e produção fecal e comportamento ingestivo (Hodgson, 1982a). Dentre os métodos indiretos, equações de digestibilidade e de produção fecal são os mais frequentemente usados. A produção fecal de animais em pastejo pode ser quantificada através de coleta total ou quantificada pelo quociente entre as concentrações de óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) na forragem e nas fezes (Le Du & Penning, 1982). Se a amostra de fezes não for representativa do total produzido, a estimativa de produção pode ser inexata e a variação, ao longo do dia, na concentração do marcador nas fezes pode ser um problema se o óxido de cromo é fornecido em dose-pulso (Prigge et al., 1981). Métodos que garantem a liberação contínua do marcador podem minimizar esse problema (Brandyberry et al., 1991). Revisões recentes sobre estimativas de consumo de forragem por animais em pastejo foram feitas por Moore & Sollenberger (1997) e Lippke (2002).

A quantificação dos fenômenos que ocorrem na interface planta-animal é valiosa para explicar diferenças de consumo e desempenho de animais em pastejo. Métodos para a quantificação e

descrição dos aspectos comportamentais raramente são aplicados para se estimar o consumo de forragem a longo prazo, ou mesmo para explicar diferenças de consumo relacionadas com o desempenho diário de animais sob manejos contrastantes em cenários de produção (Burns & Sollenberger, 2002), o que também ocorre na quantificação de respostas animais. Hodgson (1982b), Hodgson et al. (1994), e Cosgrove (1997) relacionaram esse fato com o que parece ser uma certa negligência em reconhecer a importância de se caracterizar o comportamento ingestivo de animais em pastejo. Dentre os aspectos de importância que podem ser contemplados através da caracterização do comportamento ingestivo está o papel da altura e da estrutura (arranjo espacial, composição botânica e morfológica, densidade e IAF) do dossel sob pastejo. De diferentes maneiras, esses componentes estruturais (todos possíveis de serem medidos) mais as características comportamentais e de morfologia buco-maxilar do animal, afetam um ou mais componentes do consumo voluntário, conforme definido pelas equações (1), (2), e (3):

$$\text{CVDMS} = \text{TP} \times \text{TB} \times \text{PB} \quad (1)$$

sendo:

$$\text{PB} = \text{VB} \times \text{DV} \quad (2)$$

e:

$$\text{VB} = \text{AB} \times \text{PRB} \quad (3)$$

onde:

CVDMS = consumo voluntário diário de matéria seca ( $\text{g d}^{-1}$ )

TP = tempo de pastejo ( $\text{min d}^{-1}$ )

TB = taxa de bocados ( $\text{min}^{-1}$ )

PB = peso de bocado (g)

VB = volume do bocado ( $\text{cm}^3$ )

DV = densidade volumétrica ("bulk density") da forragem no pasto ( $\text{g cm}^{-3}$ )

AB = área do bocado ( $\text{cm}^2$ )

PRB = profundidade do bocado (cm)

Ungar (1998) defendeu que os componentes elementares do comportamento ingestivo operam em todas as situações de pastejo. Apesar disso, as interações quantitativas entre animais, entre plantas, e entre animais e plantas, não são universais, com muitos fatores externos influenciando as taxas de consumo medidas a curto prazo. O enfoque reducionista (Carvalho, 1997) propõe o estudo de componentes seguido pela apreciação do contexto maior, sendo a principal vantagem a possibilidade de que os fenômenos possam ser modelados e o consumo diário de matéria seca, estimado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa e a experimentação com animais em pastejo e com plantas forrageiras em pastagens, conduzida dentro de critérios científicos e analisada e interpretada segundo padrões válidos (estatística e biologicamente) é requisito básico para o entendimento das relações produtivas no complexo planta:animal, e para o desenvolvimento de sistemas de produção eficientes, que sejam biologicamente sustentáveis e economicamente viáveis. Avanços metodológicos são alcançados na medida em que os procedimentos são testados e provados contra um universo de cenários que representem o contexto mais frequente ou mais relevante da aplicação da tecnologia. A necessidade da experimentação deve ser continuamente ponderada contra o ônus das demandas financeira,

metodológica, de infra-estrutura, e de mão-de-obra. A comunicação deve ser padronizada e ao invés de criarmos novos termos, devemos definir melhor aqueles de que já dispomos, difundindo-os de comum acordo. Isso só será possível se as propostas forem submetidas à avaliação por pares em processos de submissão à publicação em veículos de rigor científico comprovado e inequívoco. A inserção de nossa pesquisa no cenário internacional deve ser prioridade e nossa linguagem deve ser consonante com a dos colegas estrangeiros, para que a haja massa crítica e o debate seja viabilizado.

Na experimentação, a adoção de maiores quantidades de respostas sendo quantificadas, e os estudos de longo prazo devem ser incentivados, pois é temeroso tirar conclusões de experimentos com pastagens, culturas essencialmente perenes, através da observação por tempo limitado. As interações entre tratamentos e anos não podem ser ignoradas. Só isso poderá possibilitar melhor interpretação biológica e aumentar o valor da informação, trazendo objetividade para as discussões acadêmicas e para as recomendações técnicas. A quantificação, quando bem feita, minimiza ou até mesmo elimina a subjetividade da interpretação.

## LITERATURA CITADA

- AIKEN, G.E. & BRANSBY, D.I. 1992. Observer variability for disk meter measurements of forage mass. *Agronomy Journal* 84:603-605.
- BAKER, R.D. 1982. Estimating herbage intake from animal performance. p. 77-93. *In: Leaver, J.D. (ed.) Herbage intake handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.*
- BINGHAM, E.T. & CONGER, B.V. 1995. Forage crop development: application of emerging technologies. p. 21-27. *In: Barnes, R.F; Miller, D.A. & Nelson, C.J. (eds.) Forages (Vol. 2). The science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.*
- BLASER, R.E.; HAMMES Jr., R.C.; FONTENOT, J.P.; BRYANT, H.T.; POLAN, C.E.; WOLF, D.D.; MCCLOUGHERTY, F.S.; KINE, R.G. & MOORE, J.S. 1986. Forage-animal management systems. *Agricultural Experiment Station Bulletin 86-7. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA.*
- BRANDYBERRY, S.D.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E.S. & HARMON, D.L. 1991. Effectiveness of different methods for continuous marker administration for estimating fecal output. *Journal of Animal Science* 69:4611-4616.
- BRANSBY, D.I. 1989. Compromises in the design and conduct of grazing experiments. p. 53-67. *In: Marten, G.C. (ed.) Grazing research: design, methodology, and analysis. CSSA Special Publication no. 16. CSSA-ASA, Madison, WI, USA.*
- BRANSBY, D.I.; MATCHES, A.G. & KRAUSE, G.F. 1977. Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials. *Agronomy Journal* 69:393-396.
- BRANSBY, D.I.; CONRAD, B.E.; DICKS, H.M. & DRANE, J.W. 1988. Justification for grazing intensity experiments: Analyzing and interpreting grazing data. *Journal of Range Management* 41:274-279.
- BURNS, J.C.; TOLEDO, J.M. & MOCHRIE, R.D. 1981. Estimating available forage with the earth-plate capacitance meter. p. 261-268. *In: Wheeler, J.L. & Mochrie, R.D. (eds.) Forage evaluation: concepts and techniques. AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia.*
- BURNS, J.C.; LIPPKE, H. & FISHER, D.S. 1989. The relationship of herbage mass and characteristics to animal responses in grazing experiments. p. 7-19. *In: Marten, G.C. (ed.) Grazing research: design, methodology, and analysis. CSSA Special Publication no. 16. CSSA-ASA, Madison, WI, USA.*
- BURNS, J.C.; POND, K.R. & FISHER, D.S. 1994. Measurement of forage intake. p. 494-532. *In: Fahey Jr., G.C. et al. (eds.) Forage quality, evaluation, and utilization. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.*
- BURNS, J.C. & SOLLENBERGER, L.E. 2002. Grazing behavior and daily performance from warm-season grasses. *Crop Science* 42:873-881.

- BUXTON, D.R. & MERTENS, D.R. 1995. Quality-related characteristics of forages. p. 83-96. *In*: Barnes, R.F.; Miller, D.A. & Nelson, C.J. (eds.) Forages, 5th Ed. (Vol. 2). The science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- CAMERON, D.G. & MCIVOR, J.G. 1980. Evaluation. p. 71-87. *In*: Clements, R.J. & Cameron, D.G. (eds.) Collecting and testing tropical forage plants. CSIRO, Melbourne, Australia.
- CARVALHO, P.C.F. 1997. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. p. 25-52. *In*: Jobim, C.C.; Santos, G.T.; Cecato, U. (eds.) Anais do Simpósio sobre Avaliação de Pastagens com Animais. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 13-14 Mai., 1997. UEM, Maringá, PR.
- CORDOVA, F.J.; WALLACE, J.D. & PEIPER, R.D. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review. *Journal of Range Management* 31:430-438.
- COSGROVE, G.P. 1997. Grazing behaviour and forage intake. p. 59-80. *In*: Gomide, J.A. (ed.) Proceedings of the International Symposium on Animal Production under Grazing. UFV, Viçosa, 1997.
- COWLISHAW, S.J. 1951. The effect of sampling cages on the yield of herbage. *Journal of the British Grassland Society* 6:179-182.
- DAVIES, A. 1981. Tissue turnover in the sward. p. 179-208. *In*: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies, A.; Laidlaw, A.S. & Leaver, J.D. (eds.) Sward measurement handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. & OLIVEIRA, M.P. 1992. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 21:691-702.
- EUCLIDES, V.P.B. & EUCLIDES FILHO, K. 1997. Avaliação de forrageiras sob pastejo. p. 85-111. *In*: Jobim, C.C.; Santos, G.T.; Cecato, U. (eds.) Anais do Simpósio sobre Avaliação de Pastagens com Animais. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 13-14 Mai., 1997. UEM, Maringá, PR
- FOX, D.G. & BLACK, J.R. 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *Journal of Animal Science* 58:725-739.
- FOX, D.G.; BARRY, M.C.; PITT, R.E.; ROSELER, D.K. & STONE, W.C. 1995. Application of the Cornell net carbohydrates and protein model for cattle consuming forages. *Journal of Animal Science* 73:267.
- FRAME, J. 1981. HERBAGE MASS. P. 39-69. *IN*: HODGSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A.; LAIDLAW, A.S. & LEAVER, J.D. (eds.) Sward measurement handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- FULKERSON, W.J. & SLACK, K. 1993. Estimating mass of temperate and tropical pastures in the subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33:865-869.
- GRANT, S. 1981. Sward components. p. 71-92. *In*: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies, A.; Laidlaw, A.S. & Leaver, J.D. (eds.) Sward measurement handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- GREENHALGH, J.F.D. 1982. An introduction to herbage intake measurements. p. 1-10. *In*: Leaver, J.D. (ed.) Herbage intake handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- GUZMAN, G.A.B.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, A.J.; OBEID, J.A. & QUEIROZ, A.C. 1992. Estudo do tamanho e forma ideal da unidade amostral na avaliação da disponibilidade de matéria seca em pastagens. I. Método da máxima curvatura do coeficiente de variação. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 21:396-405.
- HAY, M.J.M.; JONES, R.M. & ORR, D.M. 2000. Plant population dynamics in grasslands. p.123-149. *In*: Mannerje, L.'t & Jones, R.M. (eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal production research. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK.
- HAYDOCK, K.P. & SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:663-670.
- HEADY, H.F. 1957. Effect of cages on yield and composition of the California annual type. *Journal of Range Management* 10:175-177.

- HODGSON, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science* 34:11-18.
- HODGSON, J. 1982a. Ingestive behaviour. p. 113-138. *In: Leaver, J.D. (ed.) Herbage intake handbook.* British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- HODGSON, J. 1982b. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. p. 153-166. *In: Hacker, J.B. (ed.) Nutritional limits to animal production from pastures.* CAB International, Farnham Royal, UK.
- HODGSON, J.; CLARK, D.A. & MITCHELL, R.J. 1994. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. p. 796-827. *In: Fahey Jr., G.C. et al. (eds.) Forage quality, evaluation, and utilization.* ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- HOLECHECK, J.L. & VAVRA, M. 1983. Fistula sample numbers required to determine cattle diets on forest and grassland range. *Journal of Range Management* 36:323-326.
- HOLECHECK, J.L.; WOFFARD, H.; ARTHUN, D.; GALYEAN, M.L. & WALLACE, J.D. 1986. Evaluation of total fecal collection for measuring cattle forage intake. *Journal of Range Management* 39:2-4.
- JEWISS, O.J. 1981. SHOOT DEVELOPMENT AND NUMBER. P. 93-114. *IN: HODGSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A.; LAIDLAW, A.S. & LEAVER, J.D. (eds.) Sward measurement handbook.* British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- JONES, R.J. 1981. Interpreting fixed stocking rate experiments. p. 419-430. *In: Wheeler, J.L. & Mochrie, R.D. (eds.) Forage evaluation: concepts and techniques.* AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia.
- JONES, R.J. & LASCANO, C.E. 1992. Oesophageal fistulated cattle can give unreliable estimates of the proportion of legume in diets of resident animals grazing tropical pastures. *Grass and Forage Science* 47:128-132.
- JONES, R.J. & WALKER, B. 1983. Strategies for evaluating forage plants. p. 185-201. *In: McIvor, J.G. & Bray, R.A. (eds.) Genetic resources of forage plants.* CSIRO, East Melbourne, Australia.
- JONES, R.J. & SANDLAND, R.L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 83:335-342.
- JONES, R.M.; SANDLAND, R.L. & BUNCH, G.A. 1977. Limitations of the electronic capacitance meter in measuring yields of grazed tropical pastures. *Journal of the British Grassland Society* 32:105-113.
- KARL, M.G. & NICHOLSON, R.A. 1987. Evaluation of the forage disk method in mixed grass rangeland in Kansas. *Journal of Range Management* 40:467-471.
- LACA, E.A. & LEMAIRE, G. 2000. Measuring sward structure. p.103-121. *In: Mannelje, L.'t & Jones, R.M. (eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal production research.* CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK.
- LE DU, Y.L.P. & PENNING, P.D. 1982. Animal-based techniques for estimating herbage intake. p. 37-75. *In: Leaver, J.D. (ed.) Herbage intake handbook.* British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- LIPPKE, H. 2002. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. *Crop Science* 42:869-872.
- LIPPKE, H.; ELLIS, W.C. & JACOBS, B.F. 1986. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. *Journal of Dairy Science* 69:402-412.
- LOEWER JR., O.J. 1998. GRAZE: A Beef-forage model of selective grazing. p. 301-417. *In: Peart, R.M. & Curry, R.B. (eds.) Agricultural systems modeling and simulation.* Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- LOEWER JR., O.J. & PARSCH, L.D. 1995. GRAZE Beef-Forage Simulation Model: Case Studies. Southern Cooperative Series Bulletin 381B. Fayetteville, Arkansas: University of Arkansas.
- MANNETJE, L.'t. 2000. Measuring biomass of grassland vegetation. p. 151-177. *In: Mannelje, L.'t & Jones, R.M. (eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal production research.* CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK.

- MARASCHIN, G.E. 1994. Avaliação de forrageiras e rendimento de pastagens com animal em pastejo. p. 65-98. *In: Cecato, U.; Santos, G.T.; Prado, I.N.; Moreira, I. (eds.) Anais do Simpósio Internacional de Forragicultura. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 1994. UEM, Maringá, PR.*
- MARSHALL, P.R.; MCCALL, D.G.; JOHNS, K.L. 1991. Stockpol: a decision support model for livestock farms. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association 53:137-140.*
- MATCHES, A.G. 1970. Pasture research methods. p. 11-132. *In: Barnes, R.F; Clanton, D.C.; Gordon, C.H.; Klopfenstein, T.J. & Waldo, D.R. (eds.) National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, Proceedings...1969. Nebraska Center for Continuing Education, Lincoln, NE, USA.*
- MATCHES, A.G. 1992. Plant response to grazing: a review. *Journal of Production Agriculture 5:1-7.*
- MAYES, R.W.; LAMB, C.S. & COLGROVE, P.M. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science (Cambridge) 107:161-170.*
- MCCALL, D.G.; TITHER, P.M. 1993. Use of the StockPol: computer decision-support model program in commercial consultancy. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association 55:207-208.*
- MEDEIROS, H.R.; PEDREIRA, C.G.S.; VILLA NOVA, N.A.; BARIONI, L.G. & MELLO, A.C.L. 2001. Prediction of herbage accumulation of *Cynodon* grasses by an empirical model based on temperature and daylength. p. 263-265. *In: International Grassland Congress, 19., 2001. São Pedro, SP. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, 2001.*
- MEIJS, J.A.C.; WALTERS, R.J.K. & KEEN, A. 1982. Sward methods. p. 11-36. *In: Leaver, J.D. (ed.) Herbage intake handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.*
- MOCHRIE, R.D.; BURNS, J.C. & TIMOTHY, D.H. 1981. Recommended protocol for evaluating new forages for ruminants. p. 553-559. *In: Wheeler, J.L. & Mochrie, R.D. (eds.) Forage evaluation: concepts and techniques. AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia.*
- MOORE, J.E.; SOLLENBERGER, L.E.; MORANTES, G.A. & BEEDE, P.T. 1987. Canopy structure of *Aeschynomene americana* - *Hemarthria altissima* pastures and ingestive behavior of cattle. p. 93-114. *In: Horn, F.P.; Hodgson, J.; Mott, J.J. & Brougham, R.W. (eds.) Grazing-lands research at the plant-animal interface. Winrock International, Morrilton, Arkansas, USA.*
- MOORE, J.E. & SOLLENBERGER, L.E. 1997. Techniques to predict pasture intake. p. 81-96. *In: Gomide, J.A. (ed.) Proceedings of the International Symposium on Animal Production under Grazing. UFV, Viçosa, 1997.*
- MORLEY, F.H.W. 1981. Options in pasture research. *Tropical Grasslands 15:71-84.*
- MOTT, G.O. 1961. Grazing pressure and the measurement of pasture production. p. 606-611. *In: International Grassland Congress, 14, 1960. Reading, Berkshire, UK. Proceedings.... Alden Press, Oxford, UK.*
- MOTT, G.O. 1973. Evaluating forage production. p. 126-135. *In: M.E. Heath, D.S. Metcalfe, and R.F Barnes (eds.) Forages - The science of grassland agriculture, 3rd ed. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.*
- MOTT, G.O. & LUCAS, H.L. 1953. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. p. 1380-1385. *In: International Grassland Congress, 6, 1952. State College, PA. Proceedings.... PSU, State College, PA, USA.*
- MOTT, G.O. & MOORE, J.E. 1970. Forage evaluation techniques in perspective. p. L1-L10. *In: Barnes, R.F; Clanton, D.C.; Gordon, C.H.; Klopfenstein, T.J. & Waldo, D.R. (eds.) National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, Proceedings...1969. Nebraska Center for Continuing Education, Lincoln, NE, USA.*
- MOTT, G.O. & MOORE, J.E. 1985. Evaluating forage production. p. 422-429. *In: M.E. Heath, R.F Barnes, and D.S. Metcalfe (eds.) Forages - The science of grassland agriculture, 4th ed. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.*

- NASCIMENTO JR., D. 1982. Pastagens (Glossário). Departamento de Zootecnia, CCA. Imprensa Universitária, UFV. Viçosa, MG.
- OBIOHA, F.C.; CLANTON, D.C.; RITTENHOUSE, L.R. & STREETER, C.L. 1972. Source of variation in chemical composition of forage ingested by esophageal fistulated cattle. *Journal of Range Management* 23:133-136.
- OLIVEIRA, D.E.; MEDEIROS, S.R.; AROEIRA, L.J.M.; BARIONI, L.G. & LANNA, D.P.D. 2001. Estimating herbage mass in stargrass (*Cynodon nlemfuënsis* var. *nlemfuënsis*) using sward surface height and the rising plate meter. p. 1055-1056. *In: International Grassland Congress, 19., 2001. São Pedro, SP. Proceedings...* Piracicaba: FEALQ, 2001.
- PARSONS, A.J. 1981. Carbon exchange and assimilate partitioning. p.209-227. *In: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies, A.; Laidlaw, A.S. & Leaver, J.D. (eds.) Sward measurement handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.*
- PEART, R.M. & CURRY, R.B. 1998. Agricultural systems modeling and simulation. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- PEDREIRA, C.G.S.; SOLLENBERGER, L.E. & MISLEVY, P. 1999. Productivity and nutritive value of Florakirk bermudagrass pastures as affected by grazing management. *Agronomy Journal* 91:796-801.
- PETERSEN, R.G. & LUCAS, H.L. 1961. Experimental errors in grazing trials. p. 747-750. *In: International Grassland Congress, 14, 1960. Reading, Berkshire, UK. Proceedings.... Alden Press, Oxford, UK.*
- PRIGGE, E.C.; VARGA, G.A; VINCINI, J.L. & REID, R.L. 1981. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. *Journal of Animal Science* 53:1629-1633.
- RHODES, I. 1981. Canopy structure. p.141-158. *In: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies, A.; Laidlaw, A.S. & Leaver, J.D. (eds.) Sward measurement handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.*
- RIEWE, M.E. 1961. Use of the relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design for grazing trials. *Agronomy Journal* 53:309-313.
- ROBSON, M.J. & SHEEHY, J.E. 1981. Leaf area and light interception. p.115-139. *In: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies, A.; Laidlaw, A.S. & Leaver, J.D. (eds.) Sward measurement handbook. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.*
- RODERICK, M.L.; CHEWINGS, V. & SMITH, R.C.G. 2000. Remote sensing in vegetation and animal studies. p. 205-225. *In: Mannelje, L. & Jones, R.M. (eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal production research. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK.*
- RODRIGUES, L.R.A. & REIS, R.A. 1997. Sistemas intensivos de pastejo rotacionado. p. 1-24. *In: Peixoto, A.M.; Moura, J.C. & Faria, V.P. (eds.) Fundamentos do pastejo rotacionado. FEALQ-ESALQ. Piracicaba, SP.*
- SANDERSON, M.A.; ROTZ, C.A.; FULTZ, S.W. & RAYBURN, E.B. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. *Agronomy Journal* 93:1281-1286.
- SANTILLAN, R.A.; OCUMPAUGH, W.R. & MOTT, G.O. 1979. Estimating forage yield with a disk meter. *Agronomy Journal* 71:71-74.
- SAS Institute, Inc. 1989. SAS/STAT7 User's Guide, Version 6, 4th ed., Vol. 2. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- SOLLENBERGER, L.E. & CHERNEY, D.J.R. 1995. Evaluating forage production and quality. p.97-110. *In: Barnes, R.F; Miller, D.A. & Nelson, C.J. (eds.) Forages, 5th Ed. (Vol. 2). The science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.*
- SOLLENBERGER, L.E. & MOORE, J.E. 1997. Assessing forage allowance-animal performance relationships on grazed pasture. *Agronomy Abstracts* p. 140-141.
- SOLLENBERGER, L.E. & BURNS, J.C. 2001. Canopy characteristics, ingestive behavior, and herbage intake in cultivated tropical grasslands. p. 321-327. *In: International Grassland Congress, 19., 2001. São Pedro, SP. Proceedings...* Piracicaba: FEALQ, 2001.
- STOBBS, T.H. 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands* 9:141-149.

- STUEDEMANN, J.A. & MATCHES, A.G. 1989. Measurement of animal response in grazing research. p.21-35. *In*: Marten, G.C. (ed.) *Grazing research: design, methodology, and analysis*. CSSA Special Publication no. 16. CSSA-ASA, Madison, WI, USA.
- The Forage and Grassland Terminology Committee (FGTC). 1992. Terminology for grazing lands and grazing animals. *Journal of Production Agriculture* 5:191-201.
- TOLEDO, J.M. 1993. Pasture development from new germplasm: research problems. p. 1-14. *In*: Paladines, O. & Lascano, C.E. (eds.) *Forage germplasm under small plot grazing: evaluation methodologies*. CIAT Publication No. 210. International Tropical Pastures Evaluation Network (RIEPT), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- TROUGHTON, A. Root mass and distribution. p.159-177. *In*: Hodgson, J.; Baker, R.D.; Davies, A.; Laidlaw, A.S. & Leaver, J.D. (eds.) *Sward measurement handbook*. British Grassland Society/Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK.
- VAN SOEST, P.J. 1987. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
- VICKERY, P.J. 1981. An improved capacitance meter for estimating herbage yield. p. 269-276. *In*: Wheeler, J.L. & Mochrie, R.D. (eds.) *Forage evaluation: concepts and techniques*. AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia.
- VICKERY, P.J.; BENNETT, I.L. & NICOL, G.R. 1980. An improved electronic capacitance meter for estimating herbage mass. *Grass and Forage Science* 35:247-252.
- VILLA NOVA, N.A.; CARRETEIRO, M.V. & SCARDUA, R. 1983. Um modelo para avaliação do crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. *In* Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2, 1983, Campinas. Anais... SBA/IAC: Campinas, 1983. p. 31-48.
- VILLA NOVA, N.A.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S. & PEREIRA, A.R. 1999. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 7:75-79.
- VOLENEC, J.J. & NELSON, C.J. 1995. Forage crop management: application of emerging technologies. p. 3-20. *In*: Barnes, R.F; Miller, D.A. & Nelson, C.J. (eds.) *Forages*, 5th Ed. (Vol. 2). The science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- VULICH, S.A.; O'RIORDAN, E.G. & HANRAHAN, J.P. 1991. Use of n-alkanes for the estimation of herbage intake in sheep: Accuracy and precision of the estimates. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 116:319-323.
- WHALLEY, R.D.B. & HARDY, M.B. 2000. Measuring botanical composition of grasslands. p. 67-102. *In*: Mannerje, L.'t & Jones, R.M. (eds.) *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, UK.
- WHEELER, J.L.; BURNS, J.C.; MOCHRIE, R.D. & GROSS, H.D. 1973. The choice of fixed or variable stocking rates in grazing experiments. *Experimental Agriculture* 9:289-302.