

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/308793066>

Como a estrutura do pasto influencia o animal em pastejo? Exemplificando as interações planta-animal sob as bases e...

Chapter · October 2016

CITATIONS

0

READS

383

18 authors, including:



[Paulo César De Faccio Carvalho](#)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

309 PUBLICATIONS 1,794 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Anibal de Moraes](#)

Universidade Federal do Paraná

173 PUBLICATIONS 779 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Alda Lúcia Gomes Monteiro](#)

Universidade Federal do Paraná

123 PUBLICATIONS 363 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Emilio Laca](#)

University of California, Davis

109 PUBLICATIONS 2,668 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Resiliencia y adaptación al cambio climático de los sistemas agroforestales (SAFs) pecuarios basados en el silvopastoreo [View project](#)



Intensification of forage production in the Pampa Biome: Plant-animal relationships, animal production and conservation of natural resources [View project](#)

Como a estrutura do pasto influencia o animal em pastejo? Exemplificando as interações planta-animal sob as bases e fundamentos do Pastoreio “Rotatínuo”^{*}.

Paulo C. de F. Carvalho¹, Carolina Bremm, Olivier J. F. Bonnet; Jean V. Savian, Radael M. T. Schons, Leonardo S. Szymczak, Thales Baggio, Fernanda G. Moojen, Delma F. F. Silva, Alejandra Marin, Luis Gandara, Anderson M. S. Bolzan, Gentil F. S. Neto, Anibal de Moraes, Alda L. G. Monteiro, Davi T. dos Santos, & Emilio A. Laca

¹Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo. Faculdade de Agronomia-DPFA/UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712. C.P. 776. CEP: 9101-970. Porto Alegre-RS.
Autor para correspondência: paulocfc@ufrgs.br

INTRODUÇÃO

As plantas forrageiras são a principal fonte de alimento dos herbívoros domésticos, e o pastejo é o meio pelo qual esses animais buscam alimento nos 3,4 bilhões de ha de ambientes pastoris existentes no mundo (Rao et al., 2015). O processo de pastejo abrange complexas interações entre o animal e seu ambiente biofísico que se iniciam ainda no útero e se manifestam ao longo de toda sua vida (Provenza et al., 2015). A importância deste processo pode ser exemplificada pela sua contribuição indireta na nutrição humana (por intermédio da conversão da forragem em produto animal), que é da ordem de 15% da ingestão de energia e 25% da ingestão de proteína (FAO, 2009).

Foi quando da domesticação dos animais que o homem iniciou sua aventura em tentar conduzir o processo de pastejo, surgindo então a arte do manejo do pastejo, bem como a figura do pastor e suas ações na “condução” do processo, ação denominada pastoreio e cujas características originam diferentes métodos (e.g. pastoreio rotativo). Considerando que a arte do manejo tenha se iniciado no período Neolítico, e que nos dias atuais esse assunto se resume essencialmente ao paradigma dos métodos contínuo e rotativo, há que se concluir que tenha havido pouca inovação nesta temática (Carvalho, 2013).

^{*} Texto preparado para o VIII SIMFOR – Simpósio sobre Manejo estratégico da pastagem, 10 a 11/10/2016 – Viçosa – MG (Proceedings...no prelo)

O processo de pastejo é, ao mesmo tempo, causa e consequência da estrutura de um ambiente pastoril. Mudanças na estrutura do pasto têm como causa o pastejo. De forma concomitante, a estrutura do pasto resultante afeta o processo de pastejo, disso decorrendo um ciclo contínuo de relação causa-efeito. Cada bocado colhido se soma ao conteúdo ruminal desencadeando processos que promovem modificações no ambiente interno do animal, tais como fome, saciedade, aversão, toxidez, etc. Ato contínuo, a extração de cada bocado modifica o ambiente pastoril e, por conseguinte, altera a interceptação luminosa, relações de crescimento vegetal, competição intra e/ou inter-específica, etc.

Neste contexto, este manuscrito se propõe a abordar alguns aspectos da interação entre a estrutura do pasto e o processo de pastejo. Num primeiro momento, restringiremos as escalas espaço-temporais do processo (i.e. do bocado ao *patch*) para isolar efeitos oriundos do processo digestivo por parte do animal, e de crescimento por parte da planta. Num segundo momento, descreveremos processos em escalas espaço-temporais que vão até o sítio alimentar (vide Carvalho et al., 2013 para as definições de escala e tempo no processo de pastejo). Para os propósitos deste trabalho, a estrutura do pasto se refere ao arranjo espacial dos componentes morfológicos da planta forrageira que se apresenta ao animal no momento da execução do bocado. O processo de pastejo, por sua vez, é aqui considerado como o conjunto de ações comportamentais relacionadas ao bocado realizado pelo animal frente a estrutura do pasto que a ele se apresenta. Sendo o bocado o “átomo do processo de pastejo” (Laca & Ortega, 1995), para todos os efeitos, o pastejo será então considerado como uma sequência de bocados no dossel em seus planos horizontal e vertical.

Para fins de compreensão, o contexto assumido nos faz concentrar nossa abordagem sob condições de pastoreio rotativo, e na escala temporal de um período de ocupação (faixa) dentro do ciclo de pastejo. Conseqüentemente, as mudanças na estrutura do pasto referem-se exclusivamente a alterações na estrutura promovidas por uma sequência de bocados desferidos ao longo de um período de ocupação, processo usualmente referido na literatura

como *grazing down* (Orr et al., 2004). Processos análogos ocorrem em pastoreio contínuo, mas não serão abordados neste manuscrito.

Para fins de ilustração, apresentaremos a aplicação desses conceitos em situações de campo, no contexto de uma proposta de inovação tecnológica no manejo das pastagens atualmente conhecida como “Pastoreio Rotatínuo”.

A ESTRUTURA DO PASTO NO MOMENTO ÓTIMO PARA DESFOLHA

(ou o *tempo zero do grazing down*)

Teoricamente, no tempo zero do *grazing down*, a estrutura está definida pela estrutura residual anterior (massa pós-pastejo) e pelo intervalo de tempo decorrido desde a última desfolha, quando as estruturas morfológicas dos pastos em rebrota vão sendo alocadas no espaço segundo suas características morfogênicas e a disponibilidade de recursos tróficos. O intervalo de tempo (i.e., período de descanso) é, talvez, a principal variável controlada pelo homem neste processo. Consequentemente, a estrutura inicial que corresponde ao tempo zero do *grazing down* numa faixa é essencialmente determinada pela definição do tempo de descanso.

Neste contexto, muito se tem discutido na literatura sobre o momento de colher a forragem, e essa discussão se apoia majoritariamente sob perspectiva vegetal com foco nos padrões de acúmulo de biomassa. Em trabalho notável, Parsons & Chapman (2000) discutiram o ponto ótimo de pastejo por meio de modelagem mecanicista (Figura 1).

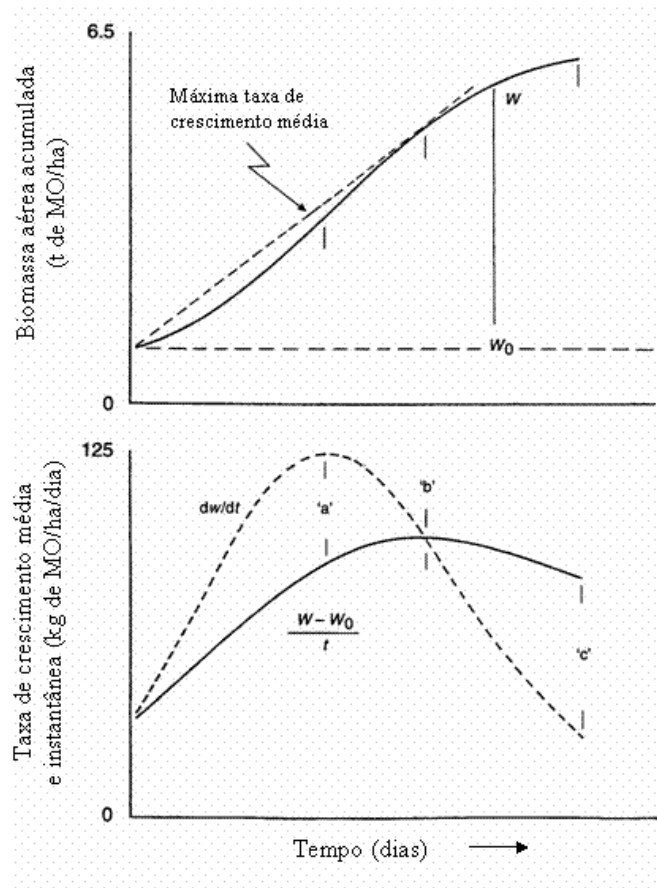


Figura 1. Evolução do acúmulo da biomassa aérea de um pasto ao longo de um determinado período de tempo (Parsons & Chapman, 2000).

Os autores apresentaram a dinâmica do crescimento do pasto (W_0) pela combinação das taxas de crescimento médio ($(W-W_0)/t$) e de crescimento instantâneo (dW/dt). As taxas de crescimento médio referem-se à variação da biomassa aérea (W) por unidade de tempo, enquanto as taxas de crescimento instantâneo referem-se à diferença entre a produção de biomassa e a senescência. O ponto (c) indica uma desfolha hipotética no momento em que ocorre o máximo acúmulo de biomassa ($W-W_0$). Nesse momento, as taxas de crescimento médio já estão estabilizadas e as taxas de crescimento instantâneo decrescem a valores próximos a zero. Este é o momento da entrada dos animais na maioria dos manejos sob pastoreio rotativo. Em particular quando se observam condições favoráveis para o crescimento vegetal. Em outras palavras, as metas de manejo no pastoreio rotativo clássico são usualmente guiadas pelo momento do máximo acúmulo de biomassa.

Já a desfolha no momento (a) significaria a entrada dos animais quando as taxas de crescimento instantâneo são máximas. Nesse ponto, a biomassa acumulada não é máxima e as taxas de crescimento instantâneo ainda não são decrescentes. Parsons & Chapman (2000) sugeriram que o ponto ótimo de desfolha ocorresse na intersecção das taxas de crescimento médio e de crescimento instantâneo (b), pois a variação de biomassa é pequena a partir deste ponto, fruto do incremento no processo de senescência, o que é atestado por seu efeito nas taxas de crescimento instantâneo.

Com outros argumentos, mas sempre sob a “perspectiva da planta”, Silva & Nascimento Júnior (2007) também evocaram o tempo zero do *grazing down* em momento anterior a ocorrência do máximo acúmulo de biomassa. Em importante revisão sobre os avanços no manejo das pastagens, os autores assim pontuaram a filosofia predominante de manejo: “[...] *recomendações de manejo do pastejo existentes foram feitas com base no argumento de que, para melhor aproveitar as características de crescimento das plantas forrageiras, o especialista em manejo de pastagens deveria manejar as plantas, em pastejo rotacionado [sic], objetivando obter uma série de rebrotações [sic] sucessivas que apresentassem o padrão de crescimento sigmóide. Nesse caso, os pastejos deveriam ser realizados sempre ao final da fase linear de crescimento como forma de obter a máxima taxa média de acúmulo de forragem [...]*”. Os autores apresentaram a relação entre a interceptação luminosa e o acúmulo de biomassa demonstrando as variações de construção dos componentes morfológicos ao longo desse acúmulo. A interceptação luminosa (IL) de 95% seria o melhor critério de manejo, na medida em que a partir deste ponto o acúmulo de folhas se estabiliza (ou diminui) e o acúmulo de estruturas de suporte (e.g., colmos) e de material senescente se incrementa. Portanto, a utilização do pasto deveria ocorrer em momento anterior ao máximo acúmulo de biomassa, e indicado por uma estrutura de pasto equivalente a IL de 95%.

Advogando o imperativo da perspectiva do animal para definição das ações de manejo, Carvalho (2013) postulou que a velocidade de ingestão fosse o parâmetro capital a definir a melhor estrutura do pasto. Nesta proposta, o comportamento ingestivo, e não os atributos de produção de biomassa, regeriam a definição das metas de manejo do pasto. Para Carvalho (2013), uma vez que se identifique a estrutura que origine a maior velocidade de ingestão, assume-se que o máximo consumo potencial esteja assegurado naquela estrutura e para aquele genótipo específico.

Silva & Carvalho (2005) expuseram a hipótese de que as metas de manejo baseadas nas filosofias de IL de 95% e de máxima velocidade de ingestão fossem convergentes, na medida em que ambas se aproximariam do ponto onde a máxima massa de folhas em relação a massa total de forragem é atingida. Não obstante esta hipótese nunca ter sido diretamente testada, resultados recentes indicam que a IL no ponto de máxima velocidade de ingestão esteja mais próximo de 90% do que de 95% de IL (Schons, 2015; Eidt, 2015). De qualquer forma, há atualmente fortes evidências a disposição na literatura de que o tempo zero do *grazing down* deva ocorrer antes do máximo acúmulo de forragem na estrutura do pasto.

O *GRAZING DOWN* E O MOMENTO DE INTERROMPER A DESFOLHA

Enquanto a base científica e filosófica na definição da estrutura do pasto no momento da entrada dos animais é ampla, pois há muita construção teórica baseada no crescimento vegetal, a estrutura ideal para saída é bem menos fundamentada, mesmo sob a ótica das plantas (vide Gastal & Lemaire, 2015). A lacuna do conhecimento existente entre os momentos de iniciação e de interrupção da desfolha é justamente o espaço de ocorrência do *grazing down*, e ilustra nosso foco na determinação das metas de manejo dos pastos.

Carvalho (2013) postulou que a mesma base teórica que determina a ótima estrutura dos pastos no tempo zero seja utilizada para determinar a estrutura final ou resíduo (pós-

pastejo), ou seja, o momento de interromper o processo de *grazing down*. Nos limites definidos neste manuscrito, significaria o momento de movimentar os animais para a próxima faixa no pastoreio rotativo. Para abordar o tema, é necessário primeiramente teorizar a fundamentação deste processo.

Consideremos que a faixa de pastejo do piquete disponível aos animais no tempo zero do *grazing down* seja composta por um agrupamento de bocados potenciais, que se sobrepõem em camadas sucessivas no plano vertical. Para fins didáticos, consideremos que sejam três essas camadas sobrepostas e que definem o plano vertical. O plano horizontal é definido pelo tamanho da faixa de pastejo. Consideremos a geometria dos bocados descrita na literatura, teorizada na forma cilíndrica e caracterizada segundo limites de profundidade e área que dependem da altura e da densidade volumétrica dos pastos (Carvalho, 2013), mas que fundamentalmente decresce na medida em que se sucede às camadas subjacentes do pasto. Tem-se, então, que a faixa de pastejo dentro do piquete seja constituída de uma série de bocados potenciais nos planos horizontal e vertical do pasto (Figura 2).

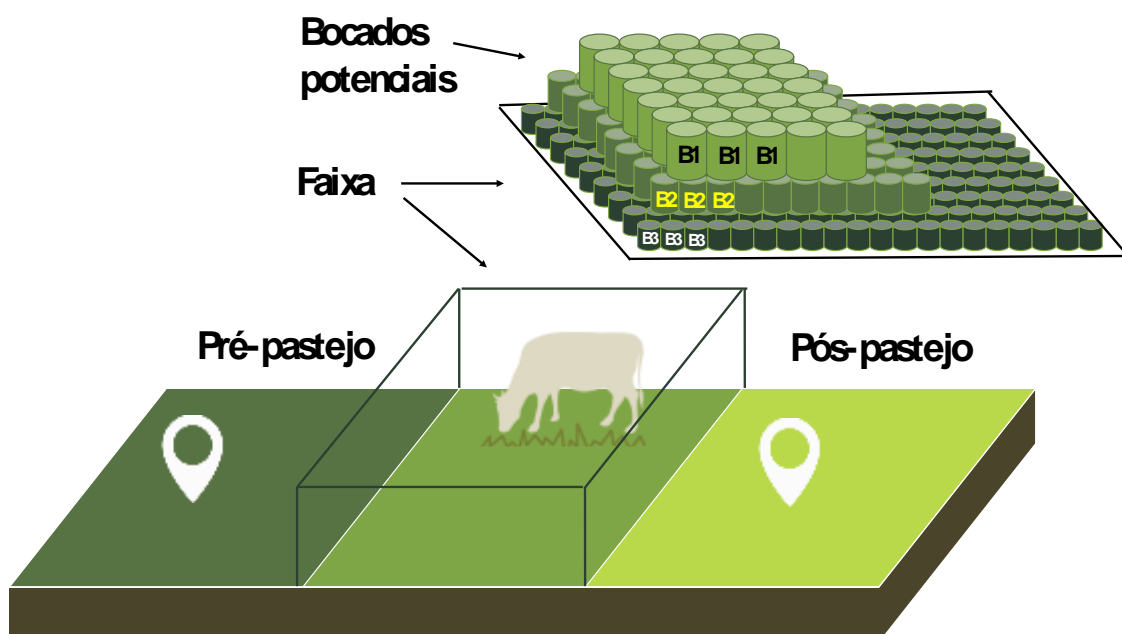


Figura 2. Representação de uma faixa de pastejo sob pastoreio rotativo como sendo um agrupamento de bocados sobrepostos e potencialmente pastejáveis pelos animais. O bocado é simbolizado por um cilindro, com profundidade e área que decrescem dos horizontes mais superiores para os mais inferiores.

Imaginemos que no momento em que o animal adentra a uma nova faixa de pastejo, no plano horizontal apresenta-se ao animal a camada mais sobrejacente dos bocados potenciais. Neste momento, a altura do pasto reflete toda a sobreposição dos bocados potencialmente existentes naquela estrutura. O animal adentra a faixa, escolhe a sua primeira estação alimentar (Ruyle & Dwyer, 1985) e desfere um bocado. Um daqueles cilindros mais elevados é então retirado e, pela primeira vez, a segunda camada de cilindros daquele exato lugar é exposta. Neste momento do primeiro bocado inicia-se o processo de *grazing down* e a estrutura média do pasto começa a se modificar. A partir deste momento, o animal sempre terá a escolha de: (i) desfere novo bocado na estação alimentar (EA) em que está, escolhendo bocados da primeira camada enquanto ainda houver, (ii) ascender às camadas de bocados subjacentes daquela mesma EA, ou (iii) se movimentar para uma nova EA. Uma vez decidindo permanecer na EA, a cada colheita de bocado resta menos forragem na mesma EA. Em teoria, o ponto final do processo seria uma EA representada por solo quase nu (todas as três camadas pastejadas), momento em que toda a forragem teria sido colhida. Obviamente que este ponto não chega a ser atingido e o animal, muito antes disso, se desloca para nova EA, pois não seria eficiente insistir colhendo pasto. Apresentado o processo desta forma, a pergunta que se origina é em que momento o animal deveria abandonar uma EA e mover-se para outra? Em outras palavras, esse raciocínio refere-se ao deslocamento entre EAs, cujo benefício extraído na EA (e.g. energia) deva sempre suplantar o custo do deslocamento entre EAs. Assumindo que o processo descrito seja contínuo, poderíamos usar esse mesmo critério para, em outra escala, definirmos o momento de movimentá-los para uma nova faixa de pastejo? Acreditamos que sim.

O processo de pastejo pelo animal, neste contexto, consistiria de ações de contínua alternância entre uso de EAs (consumo) e deslocamento (procura) entre EAs. A faixa num piquete se constituiria então de um agrupamento de EAs, residindo aí a capital interferência

antrópica de manejo ao se definir fisicamente os próprios limites da faixa (cerca), bem como o número de animais e seu tempo de permanência naquela faixa (intensidade de pastejo).

Para compreender a fundamentação teórica dos processos envolvidos, sob o prisma do forrageamento ótimo (maximizar ingestão de forragem em relação aos custos de deslocamento e manipulação), recorreremos ao Teorema do Valor Marginal de Charnov (1976). Fundamental neste ponto é esclarecer que estamos assumindo que o mais recorrente limitante a produção animal baseada no processo de pastejo não esteja nos atributos químicos da forragem (digestão), mas sim em sua captura (ingestão). Como consequência, a ingestão estaria fundamentalmente limitada pelo tempo de aquisição de forragem (e.g. tempo de pastejo), sendo os custos do processo de pastejo expressos na unidade de tempo. Disto deriva a lógica do atributo velocidade de ingestão, que expressa a aquisição de forragem por unidade de tempo em pastejo. Feito este esclarecimento, o Teorema demonstra que o tempo de permanência na EA determinaria a velocidade de ingestão, e a movimentação entre EAs significaria o gasto de tempo para encontrar novas EAs (Figura 3).

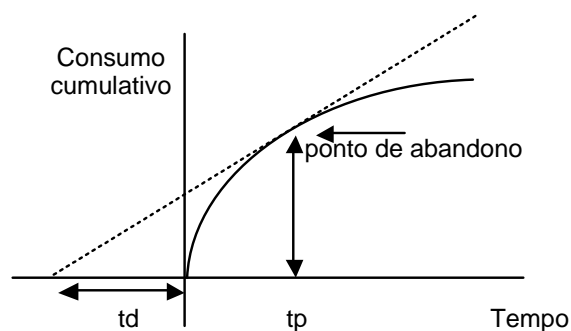


Figura 3. Tempo ótimo de permanência em pastejo (t_p) numa estação alimentar e tempo de deslocamento (t_d) entre estações alimentares de um animal em pastejo predito pelo Teorema do Valor Marginal (adaptado de Charnov, 1976).

Como se pode depreender, a curva cumulativa de consumo assume, inicialmente, uma inclinação que representa alta velocidade de ingestão. Porém, à medida em que o tempo decorre, e à proporção em que a massa de forragem vai diminuindo, a ingestão vai sendo limitada pela quantidade e pela estrutura do pasto em depleção. O esforço em pastejo aumenta

com o tempo. O tempo ótimo de permanência é dado, então, pela tangente da curva de ingestão e significa o ponto onde o ritmo de aquisição de nutrientes é maximizada (tp). Este seria o ponto de abandono da EA, assumindo-se que o animal objective maximizar sua ingestão. Já o tempo de movimentação entre EAs é dado pela intersecção da reta tangente à curva de consumo cumulativo com o eixo x (td).

Isto significa que a taxa de consumo seria maximizada pelo abandono das EAs quando a taxa de consumo em cada uma destas (inclinação da curva de ingestão) se igualar à média da velocidade de ingestão obtida em toda faixa. Com base nessa premissa, e na filosofia de que as metas de manejo do pasto devam ser prioritariamente definidas pela otimização do processo de pastejo, Carvalho (2013) propôs uma inovação no manejo do pastejo (“Pastoreio Rotatínuo”) onde a máxima velocidade de ingestão fosse permitida de forma contínua, ao longo do período de ocupação e entre as diferentes faixas do piquete no caso do pastoreio rotativo, ou ao longo dos deslocamentos entre EAs num pastoreio contínuo (não abordado neste manuscrito). A aplicação deste princípio, em pastoreio rotativo, seria a reprodução, na escala da faixa, das definições de tempo de permanência do Teorema em função da curva de consumo cumulativo, assumindo-se que o custo para movimentar o animal para nova faixa seja pequeno para pastos homogêneos (Carvalho et al., 2013). Para tanto, o ponto zero do *grazing down* seria definido pela estrutura do pasto que maximizasse a velocidade de ingestão (e.g. altura no ponto da iminência do decréscimo da velocidade de ingestão). Esse ponto é ilustrado na Figura 4.

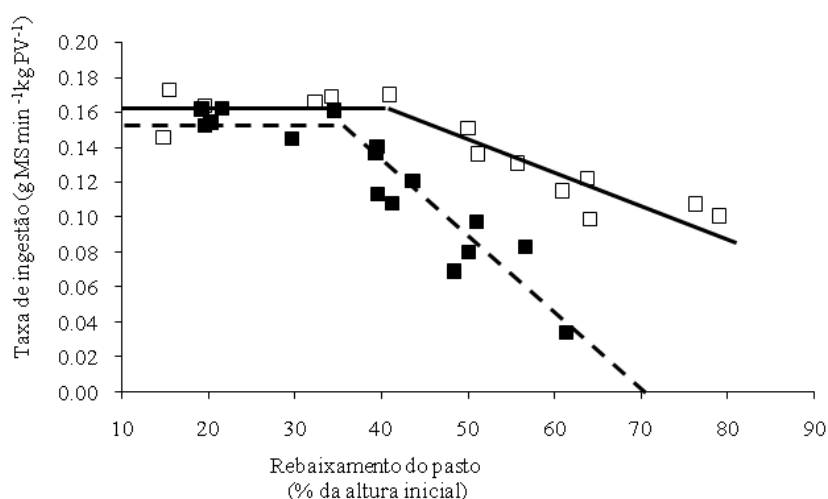


Figura 4. Ingestão de matéria seca segundo o rebaixamento de pastos de sorgo forrageiro (□) e Tifton 85 (■). O rebaixamento é expresso em termos da proporção de redução da altura ótima de pastejo (Carvalho, 2013 adaptado de Fonseca et al., 2012 e Mezzalira, 2012).

Como se pode observar, a ingestão se mantém constante até ~40% de redução da altura ótima para ambas forrageiras, e a despeito do contraste de suas estruturas. A partir desse ponto, observa-se decréscimo linear das taxas de ingestão na medida em que ocorre posteriores reduções na altura de entrada (pré-pastejo). Fonseca et al. (2012) demonstraram a coincidência desse ponto com o momento em que inicia-se o decréscimo linear na proporção de lâminas e o acréscimo linear na proporção de colmos no estrato pastejado. Resulta que o número de movimentos mandibulares por unidade de matéria seca ingerida também apresenta acréscimo linear a partir de ~40% de redução da altura ótima (Fonseca et al., 2012).

Este ponto de interrupção do *grazing down* tem se verificado em diferentes espécies forrageiras e se revelado como consistente critério de definição da estrutura residual (Carvalho, 2013). Essa consistência advém de padrões de desfolhação que independem do tipo de pasto. Qualquer que seja ele, será sempre composto por camadas sucessivas e sobrepostas de bocados potenciais onde a profundidade do bocado é uma proporção constante da altura (Carvalho et al., 2013). Assim sendo, todo o pasto no tempo zero do *grazing down* pode ser considerado como uma superposição de camadas potencialmente pastejáveis (Baumont et al, 2004), conforme apresentado anteriormente. Neste sentido, a probabilidade de ocorrer pastejo nas camadas subjacentes aumentará sempre na proporção em que as camadas sobrejacentes são pastejadas.

Assumindo que os animais tenham por objetivo maximizar suas taxas de ingestão (Fortin et al., 2015), e que maiores profundidades de bocado estejam associadas com maiores massas de bocado, que por sua vez estariam associadas com maiores velocidades de ingestão (Carvalho et al., 2013), conclui-se que as camadas sobrejacentes sejam preferidas em relação

àquelas subjacentes. Em outras palavras, a taxa de ingestão potencial decresce a cada camada subjacente, o que faria com que os animais evitassem bocados sequenciais, e imediatos, no mesmo plano vertical. A Figura 5 ilustra o processo teórico envolvido, assumindo-se a existência de três camadas de bocados potencialmente pastejáveis pelo animal, e que a cada camada subjacente os bocados sejam de menor profundidade e de menor área, acarretando massas de bocados inferiores e velocidades de ingestão também inferiores na medida em que o animal é obrigado a explorar as camadas mais inferiores.

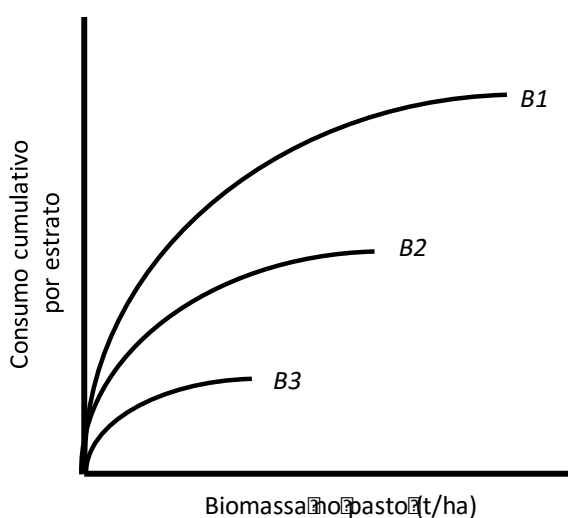


Figura 5. Representação da ingestão potencial de forragem pelo animal em um pasto segundo diferentes horizontes de pastejo onde predominem a ocorrência de bocados do tipo B1, B2 ou B3, bocados esses que se referem a horizontes de pastejo que se sobrepõem da camada mais sobrejacente à mais subjacente do pasto.

O consumo cumulativo por estrato diminui da camada mais sobrejacente para a mais subjacente. A importância da Figura 6 está em teorizar que o animal não esgote o horizonte composto pelos bocados B1 para somente depois iniciar a exploração do horizonte de bocados B2, e assim sucessivamente. A predominância de pastejo de bocados tipo B1 está na direta dependência da exploração horizontal do pasto. Quanto mais esse horizonte seja preferencialmente utilizado (porque proporciona maior velocidade de ingestão), mais ele se torna raro. Como consequência, mais frequente vai se tornando o horizonte composto por

bocados do tipo B2 (assumindo um cenário em que os animais não são trocados de faixa). Assim sendo, a partir de um determinado período de tempo, os bocados do tipo B1 tornam-se raros de encontrar, e conseqüentemente altamente custosos (i.e. energia) para se selecionar. Em algum momento desse processo os animais passam então a admitir selecionar bocados do tipo B2, que passam a predominar na ingestão do animal no caso dele ser mantido na faixa de pastejo. Esse processo vai se sucedendo da mesma forma entre horizontes de bocados do tipo B2 e B3, enquanto a velocidade de ingestão vai sendo sucessivamente diminuída. Não é tema deste manuscrito, mas a hipótese que temos para as sucessões de horizontes de bocado baseia-se nos mesmos princípios do Teorema do Valor Marginal, mas com o tempo alocado a buscar a biomassa contida nos horizontes de bocados do pasto representando o tempo na EA no modelo de Charnov. Em outras palavras, o momento de mudança dos bocados tipo B1 para os do tipo B2 estaria definido pela tangente da curva de acúmulo de biomassa extraída do horizonte de bocados B1, e assim sucessivamente.

De forma geral, nos manejos de pastoreio rotativo clássicos mantém-se os animais até que se “proveite todo o pasto”, o que significa a colheita de toda a camada de bocados B1 e B2, assim como praticamente toda a camada B3 (mas há um momento onde os animais simplesmente se recusam em continuar a explorar o horizonte residual e esperam pela mudança para a próxima faixa). O consumo resulta então da média dos bocados no período de ocupação.

Nesse contexto, a proposta de manutenção da máxima velocidade de ingestão ao longo do *grazing down* somente seria atendida pelo pastejo na camada superior do pasto. Em teoria, quando os animais terminassem de explorar esse horizonte, eles deveriam ser movidos para nova faixa (equivalente ao ponto de abandono). Pelos elementos apresentados, se os animais não fizessem a mudança para o horizonte de bocados B2 antes de terminarem completamente o horizonte B1, este momento equivaleria a 50% de redução da altura de entrada, pois a profundidade do bocado é de aproximadamente 50% (Carvalho et al., 2013). Porém, se a

teoria acima descrita estiver correta, este momento teria que ser anterior à redução de 50%, que é justamente o que é comprovado na Figura 4. De fato, esse momento ocorre com 40% de redução da altura inicial. A explicação então estaria no aumento significativo de bocados do tipo B2 a partir de 40% de redução da altura inicial. À medida em que o pasto vai sofrendo depleção, as probabilidades de acesso aos diferentes horizontes se alteram, incrementando-se simultaneamente a probabilidade de encontro com bocados do tipo B2 enquanto diminui a probabilidade de encontro com bocados B1.

Esse processo pode ser ilustrado de forma análoga pela dinâmica da proporção de áreas não pastejadas na faixa ao longo do período de ocupação. Neste caso, a frequência de áreas não pastejadas indicaria a proporção de bocados do tipo B1 existentes. Segundo Fonseca (2011), a mudança para a segunda camada do dossel se intensifica quando a área ocupada pelo horizonte superior se torna menor que 30% da área inicial não pastejada (Figura 6).

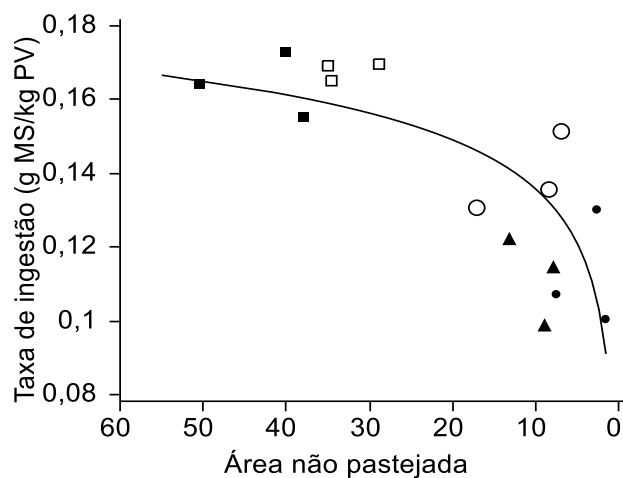


Figura 6. Ingestão de matéria seca segundo o rebaixamento de pastos de sorgo. Os símbolos referem-se a ■16%, □33%, ○50%, ▲66% e ●83% de rebaixamento em termos da proporção da altura ótima de pastejo (Fonseca, 2011).

Portanto, a redução da altura inicial em 40% coincide com a exploração “horizontal” de 70% da camada mais superficial, residindo aí um segundo elemento de detecção do momento de interromper o uso da faixa e movimentar os animais para a nova faixa em sequência. Embora o animal prefira a primeira camada pelas razões anteriormente

apresentadas, ela se torna cada vez mais rara e difícil de encontrar com rebaixamentos acima de 50%, aumentando a probabilidade do animal desferir um bocado numa segunda camada. Esta é a base teórica dos fenômenos que explica o comportamento da velocidade de ingestão nas Figuras 4 e 6. Sua fase constante a partir do tempo zero do *grazing down* (Figura 4 – fase linear paralela ao eixo X) reflete a sequência de bocados que os animais conseguem dar na primeira camada, enquanto a probabilidade de encontro com ela é elevada. O decréscimo linear da velocidade de ingestão a partir da redução de ~40% da altura inicial reflete o nível de depleção da primeira camada e o incremento do pastejo na segunda camada, que acontece antes que a primeira camada tenha sido totalmente consumida.

Exemplifiquemos agora como a velocidade de ingestão pode afetar a probabilidade do animal atingir seus requerimentos em pastejo ou, de outra forma, justificar o conceito que assumimos de propor um método de pastoreio (“Rotatínuo”) que otimize a ingestão por unidade de tempo. Consideremos que o consumo diário potencial de um determinado animal seja de 3% do seu peso vivo (PV). Consideremos que esse animal adentra a uma faixa de pastejo com altura ótima para maximizar a velocidade de ingestão, porém, o período de descanso é definido para que o resíduo seja equivalente a 20, 40, 60 ou 80% de rebaixamento da altura inicial. A Figura 7 ilustra esses cenários usando resultados reais e adaptados de Mezzalira (2012).

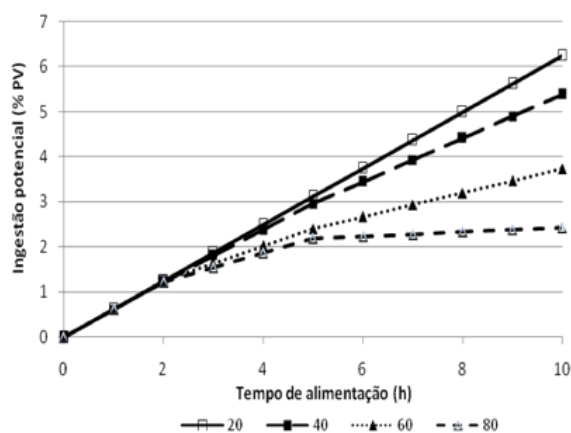


Figura 7. Ingestão potencial segundo o tempo de alimentação de novilhas pastejando Tifton 85. Os símbolos referem-se a □ 20%, ■ 40%, ▲ 60% e △ 80% de

rebaixamento em termos da proporção da altura ótima de pastejo (adaptado de Mezzalira, 2012).

Como pode se depreender, o consumo potencial é atingido em até ~5 horas de tempo de alimentação (tempo de pastejo menos os intervalos intra-refeições) quando a redução da altura de entrada não é superior a 40%. Já com redução de 60% da altura inicial, o consumo potencial de 3% do PV somente será atingido após 10 horas de alimentação. A partir desse ponto (> 80%), observa-se que o nível máximo de ingestão é de 2% PV, mesmo após 10 horas de alimentação, o que é considerado por Hodgson (1990) como limite diário de tempo destinado a esta atividade. A simulação não leva em conta aspectos digestivos da dinâmica ruminal que limitariam ainda mais o potencial de consumo, o que evidencia ainda mais a importância de se maximizar a velocidade de ingestão. A considerar que a qualidade do pasto ingerido é menor quanto maior o rebaixamento (Trindade et al., 2007; Benvenuti et al., 2015), pois se atinge camadas com predominância daqueles componentes morfológicos menos preferidos pelos animais (i.e., colmos e material senescente) nas camadas subjacentes. Isso significa que enquanto a ingestão de matéria seca subitamente cai da primeira para a segunda camada, a redução na ingestão de nutrientes é ainda muito mais importante.

PASTOREIO “ROTATÍNUO”: DO BOCADO A PRODUÇÃO ANIMAL

Os conceitos acima descritos têm sido estudados pelo Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo e foram propostos inicialmente em 2001, em palestra na Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Desde então, uma série de experimentos e validações foram sucessivamente realizados com pastagens nativas, pastagens anuais e perenes de clima temperado, e pastagens anuais e perenes de clima tropical. Como modelo animal utilizamos bovinos e ovinos. O conceito do “Pastoreio Rotatínuo”, como base para metas de manejo do pasto, teve seu lançamento oficial em 2013. Duas publicações apresentaram o conceito para

públicos distintos. Uma apresentação técnica numa publicação da Revista DBO (Especial Pastagens 2013), e uma apresentação científica em palestra no Congresso Mundial de Pastagens, na Austrália (Carvalho, 2013).

Portanto, este grupo trabalhou com várias espécies forrageiras. Porém, para fins ilustrativos, usaremos um experimento recente com azevém anual para demonstrar alguns dos impactos do uso do novo conceito em comparação a conceitos clássicos de manejo baseados na maximização da produção vegetal e eficiência de colheita da forragem. Para tanto, a Tabela 1 ilustra resultados de uma comparação desta natureza.

Tabela 1. Variáveis do pasto de azevém anual submetido a diferentes metas de manejo em pastoreio rotativo com ovinos. RN significa o manejo pautado por metas de entrada e saída para manter a máxima velocidade de ingestão (Rotatínuo). RT representa o manejo clássico, com períodos de descanso orientados para máximo acúmulo de forragem e metas de pós-pastejo orientados para máxima eficiência de colheita. Adaptado de Schons (2015).

| Variáveis | RN | RT | P | EPM |
|--|------|------|-------|-------|
| Altura pré-pastejo (cm) | 17,8 | 27,8 | 0,001 | 0,60 |
| Altura pós-pastejo (cm) | 11,0 | 7,6 | 0,001 | 0,21 |
| Ciclos de pastejo (n°) | 11 | 4 | 0,001 | 1,23 |
| Intervalo entre pastejos (n° de dias) | 13 | 35 | 0,001 | 1,36 |
| MF pré-pastejo (kg MS ha ⁻¹) | 1866 | 2762 | 0,001 | 88,6 |
| MF pós-pastejo (kg MS ha ⁻¹) | 1297 | 1586 | 0,034 | 50,9 |
| IL pré-pastejo (%)# | 91 | 95 | 0,001 | 0,23 |
| IL pós-pastejo (%)# | 77 | 63 | 0,001 | 2,13 |
| TA (kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹) | 56 | 32 | 0,189 | 5,1 |
| PTF (kg MS ha ⁻¹) | 9023 | 6819 | 0,043 | 576,9 |

MS, matéria seca; MF, massa de forragem; IL, interceptação luminosa; TA, taxa de acúmulo de forragem; PTF, produção total de forragem; #, corresponde a valores de interceptação luminosa durante o período vegetativo do pasto. P, significância entre tratamentos; EPM, erro padrão da média

A consequência das metas do Pastoreio “Rotatínuo” (RN) é caracterizada por baixa intensidade de pastejo e alta frequência de retorno na faixa de pastejo (menor período de descanso), como pode ser observado pelas variáveis ciclo de pastejo e massas de forragem pré e pós-pastejo na Tabela 1. No RN o número de divisões passa a ser bem menor, e cada faixa de pastejo é bem maior do que no Pastoreio Rotativo clássico (RT). As taxas de acúmulo são maiores no RN, e conseqüentemente a produção total de forragem também é maior. Logo, o pasto responde positivamente a alturas menores de entrada e superiores de saída. Com relação

a produção animal o RN também demonstra resultados impactantes, como pode ser atestado na Tabela 2.

Tabela 2. Variáveis do animal e do pasto de azevém anual submetido a diferentes metas de manejo em pastoreio rotativo com ovinos. RN significa o manejo pautado por metas de entrada e saída para manter a máxima velocidade de ingestão (Rotatínuo). RT representa o manejo clássico, com períodos de descanso orientados para máximo acúmulo de forragem e metas de pós-pastejo orientados para máxima eficiência de colheita. Adaptado de Schons (2015).

| Variáveis | RN | RT | P | EPM |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| MFCciclo (kg MS ha ⁻¹) | 569 | 1175 | 0,001 | 53,1 |
| MFC (kg MS ha ⁻¹) | 6267 | 4701 | 0,029 | 390,4 |
| GMD (kg dia ⁻¹) | 0,096 | 0,026 | 0,001 | 0,04 |
| GPV (kg ha ⁻¹) | 392 | 174 | 0,004 | 0,86 |
| CA (kg PV ha ⁻¹) | 1019 | 1478 | 0,001 | 90,8 |
| OPG | 480 | 3039 | 0,001 | 1004 |

MFCciclo, massa de forragem colhida por ciclo de pastejo; MFC, massa de forragem colhida total; GMD, ganho médio diário; PV, peso vivo; GPV, ganho de peso vivo; CA, carga animal; OPG, número de ovos por grama de fezes; P, significância entre tratamentos; EPM, erro padrão da média.

Interessante observar que a colheita de forragem em cada ciclo é bem inferior do RN. Porém, como ele permite mais pastejos ao longo do período total de utilização da pastagem, ocorre que no cumulativo dos pastejos o consumo/ha no RN acaba sendo superior. O desempenho dos animais também é superior, como resultado do pastejo exclusivo de folhas proporcionado pelo RN. Outro resultado impactante diz respeito aos aspectos sanitários. A infestação parasitária no RT clássico é quase 10 vezes superior, por forçar os animais a pastejarem os horizontes mais próximos ao solo, que é onde se concentram as larvas infectantes no perfil dos pastos de azevém anual (Pegoraro et al., 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este manuscrito avança na apresentação de uma inovação no manejo das pastagens pela proposição de metas de manejo baseadas na maximização da velocidade de ingestão de forragem, ou seja, metas baseadas em variáveis relacionadas ao animal. A base mecanicista da

proposta fundamenta-se em regras gerais da interface planta-animal que são pertinentes a qualquer tipo de pasto ou de animal em pastejo, considerando ambientes pastoris com predominância de estrato herbáceo. Apesar de estar inteiramente voltada ao animal, o resultado do uso dos conceitos do Pastoreio “Rotatínuo” favorece também a produção primária, ou seja, o desempenho do componente vegetal. Embora não abordado neste manuscrito, esta proposição já transitou da ciência a prática e se encontra empregada em ~1050 propriedades rurais do sul do Brasil, com resultados importantes e que serão relatados numa outra oportunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Baumont, R.; Cohen-Salmon, D.; Prache, S.; Sauvant, D. 2004. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. Anim. Feed Sci. Tech. 112: 528.](#)
- [Benvenuti, M. A., Pavetti, D.R., Poppi, D.P., Gordon, I.J., Cangiano, C. A., 2015. Defoliation patterns and their implications for the management of vegetative tropical pastures to control intake and diet quality by cattle. Grass Forage Sci. 71: 424-436.](#)
- [Carvalho, P.C.F. 2013. Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behaviour support innovations in grassland management? Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales 1:137-155.](#)
- [Carvalho, P.C.F.; Bremm, C.; Mezzalira, J. C.; Fonseca, L.; Da Trindade, J.K.; Bonnet, O.J.F.; Tischler, M.; Genro, T.C.M.; Nabinger, C.; Laca, E.A. 2015. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? Animal Production Science \(Print\), 55: 319-327.](#)
- [Carvalho, P.C.F.; Da Trindade, J.K.; Bremm, C.; Mezzalira, J.C.; Fonseca, L. 2013. Comportamento Ingestivo de Animais em Pastejo. p. 1-714. In: Reis, R.A.; Bernardes, T.F.; Siqueira, G.R. \(Org.\). Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1ed. Jaboticabal, SP: UNESP.](#)
- [Charnov, E.L. 1976. Optimal foraging, the marginal value theorem. Theoretical Population Biology, 9:129-136.](#)
- Eidt, J. 2015 Metas de manejo para pastos de Tifton 85 submetidos a diferentes estratégias de utilização: impactos na estrutura do pasto, eficiência de colheita e produção de forragem. Dissertação (M.Sc.). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FAO. 2009. The state of food and agriculture: Livestock in the balance. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Fonseca, L. 2011. Metas de manejo para sorgo forrageiro baseadas em estruturas de pasto que maximizem a taxa de ingestão. Dissertação (M.Sc.). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- [Fonseca, L.; Mezzalira, J.C.; Bremm, C.; Filho, R.S.A.; Gonda, H.L.; Carvalho, P.C.F. 2012. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livest. Sci.* 145:205–211.](#)
- [Fortin, D.; Merkle, J.A.; Sigaud, M.; Cherry, S.G.; Plante, S.; Drolet, A.; Labrecque, M. 2015. Temporal dynamics in the foraging decisions of large herbivores, *Animal Production Science*, 376-383.](#)
- [Gastal, F.; Lemaire, G. 2015. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5:1146-1171.](#)
- [Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into Practice. In: Longman Handbooks in Agriculture. Longman, London, 200 pp.](#)
- [Laca, E.A., Ortega, I.M. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: International Rangeland Congress, 5, 1995, Salt Lake City. **Proceedings...** p.129-132.](#)
- Mezzalira, J.C. 2012. Taxa de ingestão potencial em pastejo: Um estudo contrastando pastos de clima temperado e tropical. Tese (D.Sc.). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [Orr, R.J.; Rutter, S.M.; Yarrow, N.H.; Champion, R.A.; Rook, A.J. 2004. Changes in ingestive behavior of yearling dairy heifers due to changes in swards during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 87:205–222.](#)
- Parsons A.J.; Chapman D.F. 2000. The principles of pasture growth and utilization. In: Hopkins A. (ed.) *Grass: its production and utilization*, 3rd edn, pp. 31–89. Oxford: Blackwell Science.
- [Pegoraro, E.J., Poli, C.H.E.C., Carvalho, P.C.F., Gomes, M.J.T.M., Fischer, V., 2008. Manejo da pastagem de azevém, contaminação larval no pasto e infecção parasitária em ovinos. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 43, 1397–1403.](#)
- [Provenza, F.D.; Gregorini, P.; Carvalho, P.C.F. 2015. Synthesis: foraging decisions link plants, herbivores and human beings. *Animal Production Science*, 55:411-425.](#)
- Rao, I. et al. 2015. LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 3:59–82.
- [Ruyle, G.B.; Dwyer, D.D. 1985. Feeding stations of sheep as an indicator of diminished forage supply. *Journal of Animal Science*, 61:349-353.](#)
- Schons, R.M.T. 2015. Critérios para manejo de pastagens fundamentado no comportamento ingestivo dos animais: um exemplo com pastoreio rotativo conduzido sob metas de manejo contrastantes. Dissertação (M.Sc.). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [Silva, S.C.; Carvalho, P.C.F. 2005. Foraging behaviour and intake in the favourable tropics/sub-tropics. In: McGilloway, D.A. \(Ed.\), *Grassland: A Global Resource*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 81–95.](#)
- [Silva, S.C.; Nascimento Júnior, D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *R. Bras. Zootec.* 36: 121-138, suplemento especial.](#)
- Trindade, J.K.; Silva, S.C.; Souza Junior, S.J.; Giacomini, A.A.; Zeferino, C.V.; Guarda, V. A.; Carvalho, P.C.F. 2007. Composição morfológica da forragem de capim-marandu

consumida por bovinos de corte em pastejo rotativo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:883-890.