

# SISTEMAS DE PRODUÇÃO, INTENSIFICAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO ANIMAL

Anais do 27º Simpósio sobre  
Manejo da Pastagem



**EDITORES**  
**SILA CARNEIRO DA SILVA**  
**CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA**  
**JOSÉ CARLOS DE MOURA**

**ANAIIS DO 27º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**

**SISTEMAS DE PRODUÇÃO,  
INTENSIFICAÇÃO E SUSTENTABILIDADE  
DA PRODUÇÃO ANIMAL**

**EDITORES**

SILA CARNEIRO DA SILVA  
CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA  
JOSÉ CARLOS DE MOURA

---

**Patrocínio**



Ministério da  
Educação



# Uso de leguminosas em pastagens: potencial para consórcio compatível com gramíneas tropicais e necessidades de manejo do pastejo

---

Carlos Mauricio Soares de Andrade<sup>1</sup>,  
Aliedson Sampaio Ferreira<sup>2</sup>, Daniel Rume Casagrande<sup>3</sup>

---

## 1. Introdução

Na produção de ruminantes, existe um consenso de que os sistemas de produção em pastagens são mais sustentáveis do que aqueles baseados em confinamento, com elevado uso de grãos na dieta dos animais (Chaudhry, 2008). Também tem sido crescente o reconhecimento de que a produção de ruminantes em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas é mais sustentável do que em pastos exclusivos de gramíneas adubados intensivamente com fertilizantes nitrogenados (Luscher et al., 2014; Phelan et al., 2015).

---

1. Pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, Brasil. Bolsista DT do CNPq.  
mauricio.andrade@embrapa.br

2. Pesquisador visitante da Embrapa Acre. Bolsista DCR/Fapac/CNPq.

3. Professor adjunto da Universidade Federal de Lavras.

Os pesquisadores australianos foram os pioneiros nas pesquisas com leguminosas forrageiras em pastagens tropicais. A motivação para essas pesquisas partiu da percepção de que as gramíneas tropicais possuíam menor qualidade de forragem do que as gramíneas de clima temperado, e que a introdução de leguminosas adaptadas nas pastagens tropicais poderia, simultaneamente, resolver dois problemas: 1) a baixa disponibilidade de N nos solos tropicais sob gramíneas; e 2) os baixos teores de proteína na dieta dos ruminantes (Shelton et al., 2005). Em outras palavras, as leguminosas forrageiras eram tradicionalmente consideradas uma fonte barata de suplemento proteico e de adubo nitrogenado para a produção de ruminantes a pasto (Andrade, 2012).

Entretanto, a experiência acumulada nas últimas décadas mostrou que a contribuição potencial das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade da produção de ruminantes em pastagens é bem mais ampla do que se pensava inicialmente (Tabela 1). Esses benefícios são decorrentes de três características das leguminosas forrageiras (Andrade, 2012). A primeira e mais conhecida é a sua capacidade de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico. A segunda é a produção de forragem com atributos nutricionais capazes de impactar positivamente a nutrição e sanidade dos animais criados a pasto. Os compostos secundários existentes em muitas leguminosas, que antes eram vistos apenas como fatores anti-herbivoria, atualmente estão sendo intensivamente estudados e chamados de compostos bioativos (Luscher et al., 2014; Phelan et al., 2015). A terceira é a sua capacidade de aumentar a diversidade funcional<sup>4</sup> da pastagem, quando comparada com pastos exclusivos de gramíneas. Pesquisas recentes estão começando a esclarecer os mecanismos responsáveis pelos benefícios advindos da diversidade funcional que gramíneas e leguminosas forrageiras proporcionam (Tilman, 2001; Nyfeler et al., 2011).

Entretanto, para que os pecuaristas tenham segurança de que o investimento na formação de um pasto consorciado de gramíneas e leguminosas irá gerar os benefícios listados na Tabela 1, é necessá-

4. A diversidade taxonômica refere-se à natureza e abundância de espécies, enquanto a diversidade funcional leva em conta características morfológicas e fisiológicas das espécies que influenciam o funcionamento do ecossistema (Tilman, 2001).

**Tabela 1.** Principais contribuições das leguminosas forrageiras em pastos consorciados para a sustentabilidade da atividade pecuária e sua relação com a fixação biológica de nitrogênio (FBN), diversidade funcional do pasto e valor nutritivo da leguminosa.

Contribuição da leguminosa	FBN	Diversificação	Valor nutritivo
Aumentar a produtividade animal a pasto	X	X	X
Aumentar a longevidade das pastagens	X	X	
Aumentar a produtividade das pastagens	X	X	
Diminuir os problemas com plantas daninhas	X	X	
Amenizar os problemas com insetos-praga e doenças	X	X	
Melhorar a qualidade da dieta dos animais	X		X
Reduzir os custos de produção de carne e leite a pasto	X		X
Diminuir os riscos de prejuízo econômico na atividade pecuária	X		
Melhorar o balanço energético da atividade pecuária	X		
Reduzir os riscos de intoxicação dos animais		X	
Reduzir as emissões de metano na pecuária			X
Diminuir o impacto de parasitas na saúde animal			X

Fonte: Andrade (2012).

rio que o consórcio seja compatível ou que a reintrodução periódica da leguminosa seja tecnicamente e economicamente viável para o sistema de produção em questão. Além disso, os requerimentos de manejo do pastejo para manutenção do consórcio devem ter grau de complexidade e flexibilidade compatíveis com o nível de esforço que os pecuaristas geralmente estão dispostos a aceitar para obter os benefícios de sua adoção (Andrade et al., 2015).

Na primeira parte deste texto, será feita uma discussão sobre ecologia de plantas forrageiras em consórcio, incluindo conceitos e mecanismos de compatibilidade de gramíneas e leguminosas em pastagens, ilustrada com exemplos de alguns consórcios em regiões tropicais. Na segunda parte, serão discutidos alguns aspectos do manejo do pastejo de pastos consorciados envolvendo diferentes grupos de leguminosas forrageiras, com foco na manutenção da estabilidade e harmonia do consórcio.

## 2. A estabilidade, a harmonia e a compatibilidade do consórcio

Compreender o funcionamento de ecossistemas de pastagem, especialmente daqueles com maior diversidade de espécies forrageiras, exige a integração de diversos conhecimentos, sobretudo a respeito de ecologia de plantas forrageiras, ecologia do pastejo e ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, é preciso reconhecer que os avanços recentes nessas áreas do conhecimento foram maiores para os ecossistemas de pastagens naturais do que de pastagens cultivadas. Por isso, o texto a seguir utiliza muitos conceitos desenvolvidos a partir de estudos em ecossistemas naturais. Conforme sugerido por Illius & Hodgson (1996), grandes avanços podem ser obtidos com a associação dos resultados de pesquisas gerados nesses dois tipos de ecossistemas de pastagens.

O conceito de estabilidade é muito importante na ecologia de plantas forrageiras. Em pastos consorciados, a estabilidade descreve a tendência do pasto de recuperar sua composição botânica original (ou algo próximo a isso) quando submetido a uma perturbação (Begon et al., 2006). Sackville Hamilton (2001) prefere se referir à estabilidade como estado de equilíbrio, que ocorre quando a composição botânica do pasto varia em torno de um ponto de equilíbrio, independentemente do ponto de partida (composição inicial). A estabilidade de pastos consorciados é influenciada por diversos fatores, com destaque para os mecanismos de perenidade das espécies forrageiras. De acordo com Jones & Mott (1980), os estudos sobre dinâmica populacional de plantas em pastagens são fundamentais para elucidar os mecanismos que garantem a estabilidade de pastos consorciados.

Dois aspectos importantes da estabilidade ou do estado de equilíbrio de uma comunidade de plantas são a resiliência e a resistência. A resiliência de um pasto consorciado é a velocidade com que ele retorna ao seu estado anterior depois de ter sido perturbado e deslocado daquele estado. Já a resistência descreve a capacidade do pasto consorciado de evitar a perda do seu estado de equilíbrio (Begon et al., 2006).

De acordo com Illius & Hodgson (1996), a estabilidade, como quase tudo, é um fenômeno dependente de escala, não existindo

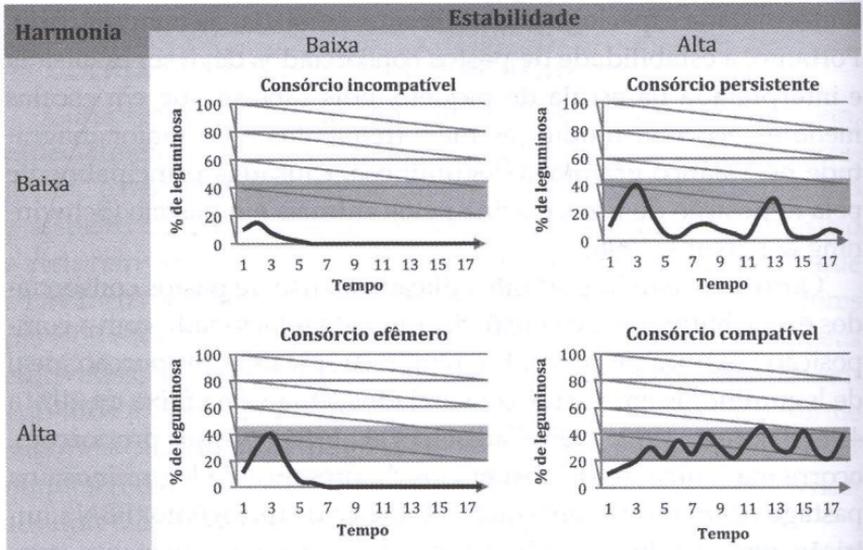
uniformidade espacial em estabilidade, persistência ou resistência. Portanto, a estabilidade de pastos consorciados deve ser analisada e interpretada na escala de piquete, pois sabe-se que em escalas menores ocorrem mudanças mais frequentes e de maior magnitude no balanço gramínea/leguminosa, causadas principalmente pela deposição de fezes e urina pelos animais em pastejo (Schwinning & Parsons, 1996).

Outro conceito importante aplicado ao uso de pastos consorciados é o de harmonia do consórcio, que está relacionado com a composição botânica do pasto. Em regiões tropicais, a proporção ideal de leguminosas em pastos consorciados situa-se na faixa de 20% a 45% (Thomas, 1992, 1995; Cadisch et al., 1994). Nessas proporções, ocorre maximização dos benefícios da presença da leguminosa na pastagem, em termos de fixação biológica de nitrogênio (FBN), nutrição animal e diversidade funcional da pastagem. Portanto, consórcios harmônicos seriam aqueles cujo estado de equilíbrio resulta em participação da leguminosa dentro dessa faixa considerada ótima, algo próximo a um terço de leguminosas e dois terços de gramíneas. A harmonia é influenciada principalmente pela compatibilidade do hábito de crescimento e pela plasticidade morfológica das plantas (Andrade, 2010).

A compatibilidade seria então a capacidade de duas espécies de constituir um consórcio harmônico e estável. Ou seja, um consórcio poderia ser classificado como compatível apenas quando associasse os aspectos de estabilidade e harmonia descritos. Andrade (2010) fez uma tentativa de classificar os pastos consorciados quanto ao seu grau de compatibilidade, embora tenha utilizado o conceito de resiliência como sinônimo de estabilidade. Uma versão aperfeiçoada dessa classificação é apresentada de forma gráfica na Figura 1.

Consórcios incompatíveis são aqueles com baixa harmonia e estabilidade (Figura 1), sendo um bom exemplo as tentativas de associação da puerária (*Pueraria phaseoloides*) com a grama-estrela-roxa (*Cynodon nlemfuensis* cv. Lua) no Acre. De modo geral, as leguminosas de hábito de crescimento volúvel<sup>5</sup> têm grande dificuldade de

5. Leguminosas com hábito de crescimento volúvel também são chamadas de trepadeiras.



**Figura 1.** Classificação de consórcios de gramíneas e leguminosas com base na estabilidade e harmonia das espécies. Fonte: Adaptado de Andrade (2010).

conviver com gramíneas prostradas e estoloníferas, especialmente quando manejadas sob lotação rotacionada (Andrade, 2010).

Consórcios efêmeros são aqueles com alta harmonia e baixa estabilidade (Figura 1). Um bom exemplo são os pastos consorciados com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, que é uma leguminosa que consegue formar consórcios harmônicos com gramíneas do gênero *Brachiaria*, porém com baixa estabilidade devido à sua pequena produção de sementes, afetando sua persistência na pastagem, já que essa leguminosa depende exclusivamente da ressemeadura natural como mecanismo de perenidade (Andrade, 2010). Menezes et al. (2015) mantiveram por três anos dosséis harmônicos de estilosantes Mineirão e *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, com 24, 34, 45 e 52% de leguminosa no pasto. Ao final do terceiro ano a leguminosa desapareceu, contribuindo com menos de 3% da massa de forragem. Mesmo com a germinação de várias plântulas a leguminosa não conseguiu se restabelecer no dossel quando este foi submetido a lotação rotacionada, com entrada de 30 ou 45 cm de altura e resíduo de 15 cm. No entanto, os autores observaram

efeito residual da leguminosa mesmo um ano após seu desaparecimento, sobretudo nos pastos onde a proporção de leguminosa superou 30% da massa de forragem. A taxa de acúmulo de forragem foi de 37, 52, 57 e 58 kg/ha/dia e a taxa de lotação de 4,3, 4,7, 4,9 e 5,1 UA/ha nos pastos com histórico de 24, 34, 45 e 52% de leguminosa, respectivamente.

Consórcios persistentes são aqueles em que a leguminosa consegue persistir por muitos anos na pastagem, porém raramente atingindo alta harmonia (Figura 1). Os pastos consorciados de braquiárias com puerária e calopogônio no Acre são bons exemplos. Não é raro essas leguminosas persistirem nas pastagens por períodos superiores a dez anos, porém exibindo baixa harmonia. Na maioria dos casos, participam com menos de 10% da composição botânica. Porém, em algumas situações, como nos casos de problemas fitossanitários com as gramíneas (cigarrinhas-das-pastagens, síndrome da morte do braquiarão), pode haver dominação do pasto pela leguminosa.

Na pecuária brasileira, os principais exemplos de consórcios compatíveis, com alta estabilidade e harmonia (Figura 1), são os pastos consorciados de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) com diversas gramíneas no Acre e em regiões do bioma Mata Atlântica. A compatibilidade é especialmente alta quando o cultivar Belmonte é consorciado com algumas gramíneas prostradas e estoloníferas, tais como a grama-estrela-roxa e a *Brachiaria humidicola* (Andrade, 2010).

A persistência é um componente importante da compatibilidade e significa a capacidade da planta forrageira de manter sua população em equilíbrio dinâmico na pastagem ao longo dos anos (Fisher et al., 1996). A persistência está relacionada principalmente com a adaptação edafoclimática da espécie ao ambiente onde a pastagem está inserida e com os mecanismos de perenidade e de resistência ao pastejo exibidos pela espécie forrageira (Andrade, 2010).

Os mecanismos de perenidade de leguminosas em pastos consorciados foram discutidos recentemente por Andrade et al. (2015). Para que o consórcio seja compatível, um requisito importante é que a leguminosa possua alta longevidade de plantas individuais, comum apenas em espécies arbustivas ou arbóreas, ou então

alta eficiência reprodutiva (sexual ou clonal). Do contrário, haverá comprometimento da estabilidade do consórcio, já que as gramíneas tropicais possuem alta eficiência de reprodução clonal.

Leguminosas estoloníferas (como *Arachis pintoi* e *A. repens*) ou rizomatosas (como *Arachis glabrata*) dependem pouco ou nada da ressemeadura natural, assim como as gramíneas forrageiras, pois são capazes de multiplicar-se vegetativamente a partir dos seus estolões ou rizomas, dando origem à formação de novas plantas (clones), que garantem a perenidade da população na pastagem. Algumas dessas leguminosas nem mesmo produzem sementes. Em ecossistemas de pastagens, essa estratégia de reprodução é muito mais eficiente do que a ressemeadura natural, principalmente por causa da integração fisiológica existente entre os clones e a planta-mãe, permitindo a translocação de água, minerais e assimilados para seu crescimento inicial (Herben, 2004). Leguminosas que não possuem a capacidade de perenização por meio da reprodução clonal e que dependem exclusivamente da ressemeadura natural (reprodução sexuada) para manutenção da sua população na pastagem apresentam maior dificuldade de constituir consórcios compatíveis com gramíneas forrageiras.

A literatura sobre leguminosas tropicais traz muita informação contraditória sobre a presença de estolões em leguminosas com hábito de crescimento volúvel. Muitas leguminosas trepadeiras têm a capacidade de emitir raízes adventícias quando seus caules crescem horizontalmente rente ao solo. Entretanto, o simples fato de haver formação de raízes adventícias nos nós de um caule rasteiro não permite classificá-lo como estolão. O estolão é um caule lateral que cresce horizontalmente rente ao solo, enraizando nos nós e produzindo novas plantas a partir de suas gemas (Hickey & King, 2000). É uma estratégia de "forrageamento" da planta em busca de ambientes com maior disponibilidade de recursos, especialmente luz (De Kroon & Hutchings, 1995), e também de propagação vegetativa (reprodução clonal) da planta, via segmentação dos estolões. Ou seja, plantas estoloníferas são constituídas por um conjunto hierárquico de estolões, em que os primeiros produzidos são substituídos à medida que vão morrendo e desaparecendo (Humphreys, 1991). Para a maioria das espécies de leguminosas

trepadeiras, o enraizamento dos nós pode dar origem à formação de ramos laterais, porém sem haver um processo sistemático de segmentação e produção de novas plantas. Para algumas espécies, a reprodução clonal pode ocorrer ocasionalmente, em condições ambientais específicas, mas geralmente não representa uma via de persistência significativa para a leguminosa. O *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro é um exemplo (Jones, 2014).

### 3. Os mecanismos de compatibilidade

As plantas interagem produzindo reflexos tanto negativos (competição) quanto positivos (complementaridade) na sobrevivência, crescimento ou reprodução umas das outras (Townsend et al., 2006). Em pastagens, as características ecológicas, morfológicas e fisiológicas das espécies forrageiras determinam as interações positivas e negativas que operam simultaneamente, de maneira bastante complexa, sob influência de estresses bióticos e abióticos, e do manejo do pastejo (Figura 2), definindo o grau de compatibilidade entre as espécies. Enquanto as interações competitivas geralmente contribuem para limitar a coexistência entre espécies, a complementaridade opera no sentido inverso (Callaway & Pugnaire, 2007).

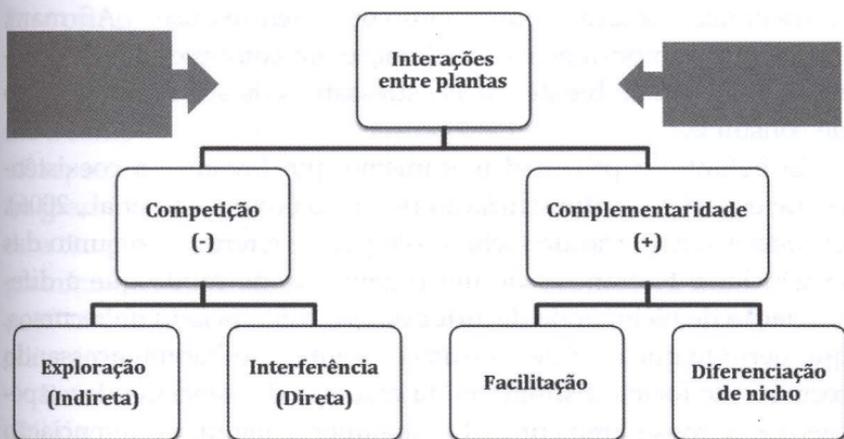


Figura 2. Principais processos ecológicos envolvidos na interação entre plantas em pastagens, sob influência de estresses bióticos e abióticos e do manejo do pastejo. Fonte: Andrade et al. (2015).

De acordo com Briske (2007), existem dois mecanismos de competição entre plantas. A exploração é o mais frequente, sendo um tipo de interação indireta, na qual uma planta reduz a disponibilidade de recursos para a outra (como interceptação de luz ou absorção de água). Já a interferência é um tipo de interação direta, que ocorre quando uma planta restringe ou limita o acesso da outra a um recurso ambiental (exemplos: alelopatia e parasitismo).

As interações positivas (complementaridade) são causadas por mecanismos bastante diferentes daqueles envolvidos na competição. Resultam de diferenças interespecíficas que produzem efeitos positivos quando da interação entre espécies. Em muitos casos, essas interações positivas são altamente específicas para os genótipos em questão (Callaway & Pugnaire, 2007). Atualmente, são reconhecidos dois tipos de processos ecológicos que resultam em complementaridade (facilitação e diferenciação de nicho), embora nem sempre seja fácil distingui-los (Loreau & Hector, 2001; Fornara & Tilman, 2008).

A facilitação ocorre quando uma planta contribui positivamente para a sobrevivência, crescimento ou adaptabilidade (*fitness*) de outra (Callaway & Pugnaire, 2007). Estes autores apresentam vários exemplos de facilitação entre plantas envolvendo mecanismos variados, tais como sombreamento, relações hídricas ou nutricionais, proteção contra herbivoria, dentre outros. Afirmam, ainda, que a importância da facilitação em comunidades de plantas é maior em ambientes mais estressantes ou sob maior pressão de consumo.

Entretanto, o principal mecanismo que favorece a coexistência de espécies é a diferenciação de nicho (Townsend et al., 2006). O conceito moderno de nicho ecológico se refere ao conjunto das exigências e tolerâncias de um organismo, de modo que a diferenciação de nicho pode decorrer do uso diferenciado de recursos, que permite que espécies coexistam no mesmo habitat acessando recursos de forma distinta, ou da resposta diferenciada das espécies aos estresses ambientais. De qualquer maneira, a diferenciação de nicho pode se expressar no tempo ou no espaço (Townsend et al., 2006), estando portanto associada à heterogeneidade espacial e temporal dos habitats (Tilman, 1999).

Uma das formas mais reconhecidas de complementaridade entre plantas, que envolve tanto facilitação quanto diferenciação de nicho, ocorre entre leguminosas capazes de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico (FBN) e gramíneas que dependem quase<sup>6</sup> exclusivamente do nitrogênio mineral do solo (Loreau & Hector, 2001). A complementaridade decorre: (1) da capacidade da leguminosa de acessar um recurso pouco disponível para a gramínea; (2) da transferência do N fixado pela leguminosa, facilitando o crescimento da gramínea, que possui alta eficiência de utilização de N; e (3) do intervalo de tempo entre a fixação de N pela leguminosa e seu uso pela gramínea (Fornara & Tilman, 2008). De acordo com Briske (2007), gramíneas e leguminosas podem estabelecer um nível intermediário de N mineral no solo, por meio da ciclagem de nutrientes, que contribui para equilibrar suas respectivas vantagens competitivas e, conseqüentemente, para sua coexistência.

Com base no exposto, Andrade et al. (2015) fizeram algumas inferências sobre a compatibilidade de gramíneas e leguminosas em pastagens, as quais serão apresentadas a seguir. Em primeiro lugar, a compatibilidade é determinada por múltiplas características morfológicas e fisiológicas das espécies, que atuam conjuntamente, nas dimensões espacial e temporal, razão pela qual não pode ser atribuída a um único fator de competição ou complementaridade. Essa complexidade dos fatores envolvidos na compatibilidade de gramíneas e leguminosas já havia sido reconhecida há quase quarenta anos por Rhodes & Stern (1978) e Haynes (1980). Nem mesmo a complementaridade causada pela FBN da leguminosa, por si só, representa uma força capaz de assegurar a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas. Da mesma forma que não faz sentido a tão propagada teoria da “incompatibilidade fisiológica” entre gramíneas e leguminosas tropicais, a qual considera que o maior potencial fotossintético das gramíneas C4 seria uma força desestabilizadora intransponível para a compatibilidade entre as espécies.

Em segundo lugar, as generalizações a respeito da compatibilidade de gramíneas e leguminosas são muito arriscadas, es-

6. Algumas gramíneas tropicais também são capazes de fixar o N atmosférico, via associação com bactérias diazotróficas, porém de maneira menos eficiente do que a via simbiótica leguminosa-rizóbio.

pecialmente porque a dinâmica de gramíneas e leguminosas em pastagens pode envolver algumas das formas mais complexas de interação entre plantas (Sackville Hamilton, 2001). De acordo com Hill (1990), as características que contribuem para a compatibilidade variam de consórcio para consórcio, razão pela qual não são fáceis de identificar. Isso reforça o papel do genótipo como componente central da ecologia de pastagens (Tothill, 1978).

Em terceiro lugar, fica evidente que diferenças morfológicas e fisiológicas entre espécies podem ter papel tão ou mais importante do que as semelhanças na definição da compatibilidade entre espécies. Há quase quarenta anos, Hall (1978) já recomendava que as diferenças ecológicas entre as espécies forrageiras deveriam ser mais bem definidas e estudadas, “pois nelas estaria o segredo da estabilidade das pastagens”. Monoculturas são exemplos de combinação de plantas com extrema similaridade de habilidades competitivas e baixa complementaridade. A harmonia entre plantas atinge seu grau mais elevado, porém a eficiência de exploração da heterogeneidade existente nas pastagens é reduzida. No caso de pastos consorciados, características morfológicas e fisiológicas contrastantes podem ser “drivers” de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, quando resultam em complementaridade, ou de incompatibilidade, quando acentuam diferenças de habilidade competitiva entre as plantas.

Assim, gramíneas e leguminosas com maior grau de compatibilidade possuem um conjunto de características similares que contribuem para equilibrar suas habilidades competitivas, associado a características contrastantes, que proporcionam complementaridade entre os genótipos (espécies ou cultivares) (Andrade et al., 2015).

Obviamente, a expressão das características morfológicas e fisiológicas das plantas que determinam as relações entre os genótipos podem ser modificadas por fatores climáticos e edáficos (estresses abióticos) (Nurjaya & Tow, 2001) e pela ocorrência de pragas e doenças (estresses bióticos). Esses estresses podem tanto acentuar quanto amenizar diferenças de habilidade competitiva no consórcio. Embora os problemas fitossanitários não sejam fatores de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, sua ocorrência

quase sempre irá causar uma perturbação do estado de equilíbrio do consórcio. Isso se deve ao fato de que gramíneas e leguminosas geralmente são atacadas por diferentes espécies de insetos-praga e acometidas por doenças causadas por diferentes patógenos (Lapointe & Sonoda, 2001; Sulc & Lamp, 2007).

O conhecimento atual sobre os mecanismos de compatibilidade de gramíneas e leguminosas tropicais ainda é limitado, porém a descoberta de alguns consórcios de alta compatibilidade tem contribuído para trazer alguns “insights” importantes sobre o tema. Recentemente, Andrade et al. (2015) descreveram e classificaram alguns fatores morfofisiológicos que parecem ser responsáveis pela compatibilidade do consórcio da grama-estrela-roxa (*Cynodon nlemfuensis* cv. Lua) com o amendoim forrageiro cv. Belmonte, considerado atualmente como o de mais alto grau de compatibilidade em regiões tropicais (Andrade et al., 2009a; Andrade, 2010). O *Arachis pintoi* é considerado um ideótipo de leguminosa para uso em pastos consorciados em regiões tropicais úmidas (Fischer & Cruz, 1995) e a grama-estrela-roxa, um ideótipo de gramínea para consórcio com essa leguminosa (Andrade, 2013b).

Para esse consórcio, podem ser identificadas tanto características semelhantes, que contribuem para equilibrar suas habilidades competitivas, quanto características contrastantes, que resultam em complementaridade. No primeiro caso, pode ser destacada a semelhança quanto ao hábito de crescimento (prostrado, estolonífero e com estratégia tipo guerrilha), que confere a essas plantas a habilidade de reprodução clonal, colocando a leguminosa em situação de igualdade com a gramínea na sua capacidade de perenização na pastagem. A arquitetura dessas plantas também lhes confere alta tolerância ao pisoteio e à desfolha, com muitos pontos de crescimento protegidos do pastejo. Outro fator de equilíbrio apresentado por essas plantas está relacionado com sua elevada plasticidade fenotípica (Andrade et al., 2012b), que lhes permite ajustar sua arquitetura em resposta ao pastejo e a variações na disponibilidade de recursos, contribuindo para a estabilidade do consórcio com essa e outras gramíneas forrageiras.

A semelhança entre a grama-estrela-roxa e o amendoim forrageiro cv. Belmonte quanto à forma de crescimento clonal merece

ser analisada com maior detalhamento, por sua importância para a compatibilidade do consórcio. Lovett Doust (1981) identificou um amplo espectro de formas de crescimento entre as plantas clonais. Num extremo estariam as espécies colonizadoras, com maior investimento em estolões e com maior alongamento dos entrenós nos estolões, resultando em plantas com maior distanciamento entre suas unidades modulares de crescimento (ramets<sup>7</sup>), capazes de explorar de forma eficiente a heterogeneidade espacial na pastagem. Essa forma de crescimento é chamada de estratégia de guerrilha e geralmente resulta em plantas com arquitetura menos adensada. No outro extremo estariam as espécies clonais que apresentam ramets fortemente agrupados, devido às conexões curtas entre os ramets ou ao perfilhamento intravaginal. Essa estratégia de crescimento clonal do tipo falange (*phalanx*), típica das gramíneas cespitosas, resulta em plantas com arquitetura adensada, que por um lado dificulta a penetração de outras plantas em seu “território clonal”, mas por outro limita sua capacidade de colonização de novas áreas. Tanto o Belmonte quanto a grama-estrela-roxa apresentam a forma de crescimento clonal do tipo guerrilha, o que, além de contribuir para equilibrar suas habilidades competitivas, resulta em um consórcio mais harmônico, com um arranjo de plantas mais homogêneo, graças à arquitetura menos densa da gramínea (Figura 3). Diferentemente, quando cultivares de amendoim forrageiro são consorciados com gramíneas cespitosas (estratégia do tipo falange), como o capim-massai, suas plantas geralmente ocupam os espaços entre as touceiras da gramínea, com alguns estolões se infiltrando no interior das touceiras (Andrade et al., 2006).

A diferença de palatabilidade entre gramíneas e leguminosas é um fator de desequilíbrio de suas habilidades competitivas, em favor da espécie menos palatável. Essa diferença contribuiria para aumentar a compatibilidade do consórcio apenas no caso de leguminosas com baixa tolerância ao pastejo. A menor palatabilidade aumentaria sua resistência ao pastejo, compensando sua menor tolerância a ele. A alta palatabilidade da grama-estrela-roxa e do

7. Ramets são as unidades modulares de crescimento da planta clonal, com potencial de existência independente da planta-mãe após separação (por exemplo, perfilhos e estolões; Begon et al., 2006).

Belmonte é, portanto, outro fator de equilíbrio de suas habilidades competitivas.

Nos solos de baixa permeabilidade do Acre, onde o encharcamento do solo é um acontecimento frequente, também contribui para a compatibilidade do consórcio a boa adaptação dessas plantas a esse estresse ambiental.

Já com relação às características divergentes dessas forrageiras que resultariam em interação positiva (complementaridade) do consórcio, além da habilidade para FBN pela leguminosa comentada anteriormente, podem ser destacadas a maior tolerância ao sombreamento pela leguminosa, sua maior sensibilidade ao estresse hídrico e as diferenças entre as espécies quanto à arquitetura de folhas. A grama-estrela-roxa, assim como a maioria dos cultivares de *Cynodon*, é pouco tolerante ao sombreamento (Cook et al., 2005). Já o cultivar Belmonte é altamente tolerante ao sombreamento, com redução de apenas 5% na sua taxa de crescimento quando submetido a 30% de sombreamento (Andrade et al., 2004). Isso permite que essa leguminosa possa ocupar a porção inferior do dossel no pasto consorciado (Figura 3), sem que isso afete a sua persistência na pastagem (diferenciação de nicho). As folhas estreitas e eretas da gramínea, com menor coeficiente de extinção de luz, ocupando o estrato superior do dossel, e as folhas mais largas e horizontais da leguminosa, com maior eficiência de interceptação de luz, ocupando o estrato inferior, também podem ser consideradas um fator de complementaridade para esse consórcio. Além disso, esse arranjo de folhas contribui para aumentar a eficiência de utilização de luz do pasto, pois, de acordo com Trenbath (1974), um arranjo de folhas próximo do ideal seria aquele em que o grau de inclinação das folhas diminuiria do topo para a base do dossel.

A grama-estrela é uma gramínea com boa tolerância à seca (Cook et al., 2005), diferentemente do amendoim forrageiro, que é uma leguminosa sensível ao estresse hídrico, geralmente exibindo elevada abscisão de folhas durante períodos prolongados de limitação hídrica, especialmente em estandes puros (Andrade & Assis, 2012). Em pastos consorciados com a grama-estrela, tem sido observada maior retenção de folhas pela leguminosa durante a estação seca, sugerindo a existência de facilitação entre as plantas,



**Figura 3.** Perfil vertical de um pasto consorciado de grama-estrela-roxa e amendoim forrageiro cv. Belmonte, com idade superior a 10 anos, manejado sob lotação rotacionada. Foto: Carlos Mauricio Soares de Andrade.

contribuindo para sua compatibilidade. Sanderson et al. (2004) encontraram várias evidências desse tipo de interação positiva entre plantas forrageiras de clima temperado, em que o sombreamento proporcionado por plantas mais altas pode diminuir a temperatura do solo, reduzindo o estresse térmico e a evapotranspiração, melhorando as relações hídricas das plantas vizinhas de menor porte. De acordo com Lemaire (2001), a água é absorvida e transpirada pela planta em relação direta com a quantidade de energia solar interceptada. Além disso, a água não pode ser considerada exatamente como um “recurso” para o crescimento das plantas, mas como um meio para dissipar o excesso de energia solar recebida pelas folhas, de modo a evitar a dessecação dos tecidos vegetais e o excesso de temperatura. Assim, em algumas circunstâncias, as plantas podem se beneficiar do sombreamento por seus vizinhos apenas por uma diminuição da sua demanda por água. Aparentemente, a menor demanda de água pelas plantas sombreadas é um dos fatores que viabilizam a manutenção de uma maior relação biomassa aérea/radicular, geralmente observada em plantas sombreadas. Isso carece de maior investigação para esse consórcio.

Provavelmente, os fatores de compatibilidade descritos para o consórcio da grama-estrela-roxa com o amendoim forrageiro são

apenas “a ponta do iceberg” de um conjunto maior de fatores ecológicos, morfológicos e fisiológicos responsáveis pelo alto grau de compatibilidade dessas plantas.

As leguminosas de crescimento volúvel geralmente são mais compatíveis com gramíneas cespitosas (Mendoza et al., 1990; Quisenberry & Wofford, 2001; Cook et al., 2005). Há evidências de interação positiva (facilitação) entre essas plantas, sendo a leguminosa beneficiada pelo tipo de arquitetura da gramínea. Por exemplo, sabe-se que muitas leguminosas volúveis são bastante sensíveis ao pisoteio e que, em pastagens constituídas por gramíneas cespitosas, os animais tendem a caminhar entre as touceiras das gramíneas (Fisher, 1989). Entretanto, a área próxima à base das touceiras geralmente se constitui num sítio de proteção contra o pisoteio, e é nesses locais onde se observa a maioria das coroas da puerária em pastos consorciados com cultivares de *Panicum maximum* no Acre. É provável que esse ambiente também confira proteção contra o pisoteio das plântulas dessas leguminosas, favorecendo a reposição de plantas no pasto consorciado (Andrade, 2013a). Também existem evidências de que a estrutura mais rígida e ereta dos perfílios dessas gramíneas confira o suporte necessário para favorecer a produção de sementes dessas plantas. A experiência com a puerária no Acre mostra que no período que antecede o florescimento dessa leguminosa (entre maio e junho) há uma aceleração do seu crescimento em busca de qualquer suporte físico que possa ser escalado para posicionar os ramos floríferos em condições de produzir seus frutos com deiscência explosiva e dispersar suas sementes (Andrade et al., 2015).

A leucena tem sido muito utilizada em pastos consorciados na Austrália, apresentando alta compatibilidade com gramíneas quando cultivada em linhas espaçadas de 4 a 10 m, com as gramíneas semeadas nas entrelinhas (Cook et al., 2005; Mullen et al., 2005). Nesse caso, a compatibilidade é determinada pelo porte arbustivo da leguminosa, pela separação física dos componentes, limitando a interação da parte aérea das plantas à zona próxima à linha da leguminosa, e pela alta longevidade das plantas de leucena (superior a 40 anos; Mullen et al., 2005), que torna sua habilidade reprodutiva irrelevante.

#### 4. O manejo do pastejo de pastos consorciados

O manejo do pastejo é a aplicação de técnicas de manipulação do pastejo animal pelo pecuarista na busca de um ou mais objetivos (Allen et al., 2011). Esses objetivos geralmente estão associados com a manutenção das espécies desejáveis na pastagem, níveis de produtividade por animal e por área de terra e lucratividade, mas também podem estar relacionados com maior previsibilidade e uniformidade de produção, ou maior simplicidade de manejo, dependendo do perfil do produtor (Hodgson, 1990; Sollenberger; Newman, 2007). As principais ferramentas de manipulação do pastejo animal são a variação da intensidade e do método de pastejo e o uso de diferimentos estratégicos da pastagem, sendo a resposta do pasto a esses fatores de manejo dependente das forrageiras constituintes da pastagem.

Há 36 anos, Roberts (1979) comentava a respeito da carência de informações publicadas sobre o manejo do pastejo de pastos consorciados em regiões tropicais e alertava para o fato de que algumas dessas informações eram errôneas, pois estavam baseadas na suposição de que as práticas de manejo apropriadas para os pastos consorciados com leguminosas de clima temperado (principalmente os trevos) também seriam adequadas para pastagens formadas com leguminosas tropicais como a puerária (hábito de crescimento volúvel) e os estilosantes (hábito de crescimento ereto), que apresentam características morfológicas bastante distintas dos trevos (hábito de crescimento prostrado).

Utilizando como indicador as pesquisas publicadas sobre leguminosas forrageiras em dois importantes periódicos científicos brasileiros, a **Revista Brasileira de Zootecnia** e a **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, entre 1970 e 2009, verifica-se que a deficiência apontada por Roberts (1979) ainda continua importante, pois nas últimas quatro décadas o manejo do pastejo e outros aspectos relacionados, tais como a compatibilidade entre espécies, palatabilidade e ecofisiologia de leguminosas forrageiras, não estiveram entre os principais temas das pesquisas publicadas no Brasil (Tabela 2).

A seguir será feita uma análise de alguns aspectos do manejo do pastejo de pastos consorciados envolvendo alguns grupos de

**Tabela 2.** Evolução temporal dos quinze temas mais frequentes nas pesquisas com leguminosas forrageiras de clima tropical no Brasil entre 1970 e 2009.

Temas	1970	1980	1990	2000	1970-2009
	Artigos publicados (%) <sup>1</sup>				
Nutrição mineral e adubação	30,6	38,7	13,2	18,4	23,6
Valor nutritivo	13,9	6,5	21,1	32,9	20,0
Melhoramento genético	8,3	16,1	13,2	11,8	12,8
FBN e micorrizas	27,8	12,9	9,2	3,9	11,2
Potencial forrageiro	2,8	12,9	14,5	3,9	9,2
Produção animal	8,3	11,3	9,2	7,9	9,2
Fenação e ensilagem	13,9	9,7	9,2	5,3	8,8
Estabelecimento	13,9	11,3	2,6	6,6	7,6
Suplementação	2,8	11,3	5,3	3,9	6,0
Compatibilidade	2,8	9,7	6,6	2,6	5,6
Manejo do pastejo	–	4,8	–	11,8	4,8
Ecofisiologia	5,6	–	6,6	5,3	4,4
Banco de proteínas	–	–	7,9	5,3	4,0
Produção de sementes	8,3	3,2	2,6	2,6	3,6
Palatabilidade	2,8	1,6	5,3	2,6	3,2

<sup>1</sup> Temas tratados nos artigos publicados envolvendo leguminosas forrageiras nos periódicos científicos *Revista Brasileira de Zootecnia* e *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, nas décadas de 1970 a 2000. Fonte: Levantamento dos autores.

leguminosas forrageiras, com foco na manutenção da estabilidade e harmonia do consórcio.

Antes disso, faz-se necessário esclarecer os conceitos de seletividade, palatabilidade e preferência de animais em pastejo, que serão utilizados neste texto. Animais em pastejo são sempre seletivos, isto é, eles escolhem ativamente as espécies forrageiras, plantas individuais e partes das plantas disponíveis na pastagem. Portanto, a seletividade expressa o grau com que os animais colhem plantas ou partes delas em diferente proporção da forragem disponível na pastagem. Resulta da combinação de dois fatores diferentes, palatabilidade e preferência, os quais geralmente são confundidos. A palatabilidade se refere aos atributos das plantas que alteram sua aceitabilidade pelos animais em pastejo, ao passo que a preferência está relacionada às reações dos animais que determinam a aceitação ou não de determinadas plantas ou de suas partes (Heady & Child, 1994; Vallentine, 2001).

## 5. Leguminosas arbóreas

A leucena é a leguminosa arbórea mais pesquisada e utilizada mundialmente em pastos consorciados em regiões tropicais, especialmente na Austrália (Shelton et al., 2005). A principal forma de utilização de pastos consorciados com leucena é com a leguminosa plantada em faixas, com as gramíneas semeadas entre as faixas de leucena. Nessas pastagens, a leucena produz forragem rica em proteína que aumenta o ganho de peso vivo de bovinos de corte em mais de 70% em comparação com pastos exclusivos de gramíneas, sendo registrados ganhos de peso vivo de até 275-300 kg/animal/ano (Mullen et al., 2005). Em pastagens irrigadas no norte da Austrália, há registros de produtividade animal de até 1.700 kg/ha/ano de peso vivo, com taxas de lotação de até 6 cabeças/ha (Cook et al., 2005).

Como comentado anteriormente, a elevada longevidade das plantas de leucena torna sua habilidade reprodutiva em pastagens irrelevante. Além disso, seu plantio em faixas limita a interação da sua parte aérea com as gramíneas à zona próxima à linha da leguminosa. Esses fatores asseguram sua alta compatibilidade com as gramíneas, de modo que o manejo do pastejo tem por objetivo assegurar a sobrevivência e a produtividade das plantas de leucena.

A leucena é uma leguminosa muito palatável. Por isso, recomenda-se que o pastejo por bovinos em pastos consorciados seja iniciado somente quando a leguminosa apresentar altura mínima de 1,5 m. Embora os bovinos não removam seus pontos de crescimento, distribuídos ao longo dos ramos lenhosos, a leucena não suporta o manejo sob lotação contínua, pois os brotos e as folhas novas são selecionados pelos animais, prejudicando o crescimento e a sobrevivência das plantas. Tem sido recomendado o uso de lotação rotacionada com período de ocupação de até 10 dias, intercalado com períodos de descanso de 36 a 42 dias (Seiffert, 1995; Barcellos et al., 2001, 2010).

O manejo recomendado geralmente assegura a manutenção das plantas de leucena com altura entre 1,5 m e 2,0 m. Eventualmente, algumas plantas superam a altura de acesso dos bovinos ao pastejo. Nesse caso, deverá ser promovida a poda das plantas entre

80 e 100 cm, acima do nível do solo, seguida da vedação (Barcellos et al., 2001).

## 6. Leguminosas trepadeiras

O manejo do pastejo para assegurar a estabilidade e harmonia do consórcio de gramíneas com leguminosas trepadeiras continua extremamente desafiador após mais de seis décadas de pesquisa. Dois fatores são responsáveis por isso: arquitetura de planta conferindo baixa tolerância à desfolha e ao pisoteio e alta dependência da ressemeadura natural para a persistência da leguminosa na pastagem.

A manutenção do vigor e da competitividade de uma planta depende da retenção de quantidade suficiente de tecidos fotossintéticos e pontos de crescimento, de modo a permitir a imediata produção de folhas e caules após o pastejo (Sheath & Hodgson, 1989). Para as leguminosas com palatabilidade média a alta, os estudos mostram que o aumento da intensidade de pastejo resulta em aumento na frequência e severidade da desfolha de plantas individuais (Curl & Jones, 1989). Portanto, leguminosas que não possuem mecanismos eficientes de escape (baixa palatabilidade) ou de tolerância (pontos de crescimento protegidos) ao pastejo geralmente têm a sua persistência ameaçada com o aumento da intensidade de pastejo.

Até a década de 1970, acreditava-se que o hábito de crescimento volúvel das leguminosas trepadeiras poderia equilibrar sua habilidade competitiva com as gramíneas tropicais, pelo fato de possibilitar sua escalada ao topo do dossel e assim competir mais eficientemente por luz (Mott, 1983). Isso explica a grande predominância de leguminosas trepadeiras na fase inicial de pesquisas com essas plantas, entre as décadas de 1940 e 1980. Entretanto, esse ponto de vista mostrou-se totalmente equivocado, já que essa vantagem somente se concretiza quando o pasto é mantido sem desfolha por longos períodos (Andrade, 2010). O estudo de Clements (1989) foi um dos primeiros a demonstrar a alta suscetibilidade ao pastejo e à destruição pelo pisoteio dos pontos de crescimento das leguminosas trepadeiras tropicais. Nestas leguminosas, os pontos de

crescimento se localizam ao longo dos ramos volúveis, que crescem escalando os perfilhos das gramíneas associadas. Além disso, elas geralmente possuem densidade de pontos de crescimento relativamente mais baixa do que outros grupos de leguminosas, em especial as leguminosas prostradas.

Para manter a estabilidade de pastos consorciados de gramíneas com leguminosas trepadeiras, o manejo do pastejo deveria evitar a remoção excessiva dos pontos de crescimento da leguminosa e também assegurar a integridade dos processos envolvidos na ressemeadura natural dela. Do contrário, haveria necessidade de reintroduzir a leguminosa na pastagem periodicamente. O manejo do pastejo deveria então ser direcionado para (1) assegurar a floração e a produção e dispersão de sementes pela leguminosa na pastagem, diminuindo a interferência negativa do animal nesses processos, e para (2) favorecer o recrutamento de plântulas na pastagem, diminuindo a competitividade da gramínea. De acordo com Jones & Mott (1980), a redução da intensidade de pastejo favorece a produção e dispersão de sementes das leguminosas em pastos consorciados, enquanto o aumento da intensidade de pastejo contribui positivamente para o recrutamento de plântulas.

Exemplo disso é a recomendação de diferimentos estratégicos do pasto para favorecer a ressemeadura natural do *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, uma das leguminosas trepadeiras tropicais mais estudadas, principalmente por pesquisadores australianos. O manejo recomendado exige o uso de menor intensidade de pastejo durante o primeiro ano, para permitir o acúmulo da reserva de sementes no solo, e que se reduza a intensidade de pastejo nos pastos “enfraquecidos”, ou se permita um período de descanso no final do verão e do outono, quando a taxa de crescimento do siratro é mais alta e as sementes estão sendo produzidas (Evans, 1982; Curll & Jones, 1989). Infelizmente, a aplicação prática desse tipo de recomendação não teve boa aceitação pelos pecuaristas australianos e a adoção do siratro sofreu progressiva diminuição à medida que os problemas de persistência se tornaram evidentes (Jones, 2014).

De modo geral, os estudos sugerem que as leguminosas trepadeiras são favorecidas pelo manejo sob lotação contínua, o que tem

sido atribuído à redução da competição das gramíneas pela maior frequência de desfolha (Roberts, 1979; Lascano, 2000). Na Colômbia, pastagens de *Andropogon gayanus* foram dominadas pela puerária quando manejadas sob lotação contínua, com 2 animais/ha na estação chuvosa e 1 animal/ha na estação seca (Böhnert et al., 1985, citado por Humphreys, 1991). Já sob lotação rotacionada, com taxa de lotação de 2 UA/ha, a puerária manteve-se produtiva durante os dois primeiros ciclos de pastejo, alcançando até 45% da composição botânica do pasto, porém com declínio progressivo ao longo dos três anos experimentais, constituindo apenas 3% do pasto ao término do estudo. Na Bahia, há relatos de estabilidade de pasto consorciado de puerária com *Brachiaria decumbens* durante seis anos, quando manejado sob lotação contínua e taxas de lotação variando de 1,3 a 2,7 animais/ha (Pereira & Santana, 1990). No Acre, quando um pasto consorciado de puerária, amendoim forrageiro e capim-marandu foi mantido por mais de cem dias sem utilização, a puerária alcançou 25% da composição botânica. Após um ano manejado sob lotação rotacionada, com quatro níveis de intensidade de pastejo, a leguminosa teve sua participação reduzida para 11%, sem efeito significativo das intensidades de pastejo (Andrade et al., 2012a). Essa situação já havia sido relatada por Valentim & Carneiro (1999), que observaram redução da porcentagem de puerária no pasto em fazendas que implementaram a lotação rotacionada em pastagens que antes eram manejadas sob lotação contínua.

De acordo com Lemaire (1997), as espécies forrageiras com baixa plasticidade fenotípica têm dificuldade de adaptação às constantes mudanças na estrutura do pasto causadas pelos sucessivos eventos de desfolhação, seguidos por um período de rebrotação característico da lotação rotacionada. Aparentemente, a vulnerabilidade das leguminosas trepadeiras ao manejo sob lotação rotacionada estaria relacionada com sua menor plasticidade fenotípica, quando comparada à das gramíneas tropicais, associada ao aumento da eliminação de seus pontos de crescimento por conta do aumento da densidade de lotação (Andrade et al., 2012a).

Mesmo no caso de leguminosas trepadeiras de baixa palatabilidade (maior resistência ao pastejo) e com boa eficiência de resse-

meadura natural (alta produção de sementes e elevada velocidade de estabelecimento de plântulas), como o *Calopogonium mucunoides*, há baixa previsibilidade da resposta do pasto ao manejo do pastejo, geralmente resultando em consórcios com baixa harmonia.

## 7. Leguminosas eretas (estilosante Campo Grande)

O cultivar Campo Grande (multilinha composta de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*), lançada pela Embrapa Gado de Corte há quinze anos (2000), tem sido a leguminosa forrageira mais plantada em pastos consorciados com gramíneas no bioma Cerrado (Fernandes et al., 2005).

Assim como as leguminosas trepadeiras, as leguminosas do gênero *Stylosanthes* dependem exclusivamente do processo de ressemeadura natural para renovar sua população de plantas e, conseqüentemente, para a persistência em pastos consorciados com gramíneas. Portanto, o manejo do pastejo deve favorecer a produção e dispersão de sementes e o recrutamento de plântulas para assegurar a estabilidade de pastos consorciados com o estilosante Campo Grande.

A Embrapa Gado de Corte recomenda reduzir a taxa de lotação ou vedar a pastagem consorciada durante o florescimento e produção de sementes da leguminosa, o que ocorre nos meses de maio e junho, para que haja boa produção de sementes e que estas sejam depositadas no solo. Posteriormente, no início do período das águas, um pastejo mais intenso deve ser utilizado para favorecer o estabelecimento das plantas recém-germinadas. Independentemente do manejo do pastejo adotado, a ressemeadura natural será problemática quando o estilosante Campo Grande for utilizado em solos com teor de argila superior a 35%, devido à baixa sobrevivência de plântulas nesse tipo de solo (Embrapa Gado de Corte, 2007).

O manejo do pasto consorciado com o estilosante Campo Grande deve ser direcionado para manter a proporção da leguminosa entre 20% e 40%. Valores inferiores a esses implicam em pouca contribuição da leguminosa para a incorporação de nitrogênio no sistema. Já o predomínio dessa leguminosa no pasto é indesejá-

vel, pois, além de reduzir a produção de forragem, pode ocasionar problemas digestivos e, eventualmente, a morte de bovinos, devido à formação de fitobezoares (bolas de resíduos de fibras vegetais compactadas) nos compartimentos digestivos desses animais. Caso a população de plantas da leguminosa esteja adequada (5 a 10 plantas/m<sup>2</sup>), porém sua proporção no consórcio seja inferior à indicada, recomenda-se elevar a taxa de lotação temporariamente, visando rebaixar a gramínea e aumentar a competitividade do estiloso Campo Grande. Por outro lado, se houver aumento da leguminosa acima do desejável, deve-se reduzir a taxa de lotação para favorecer a gramínea (Embrapa Gado de Corte, 2007, 2009).

## 8. Leguminosas prostradas

Desde a década de 1980, as leguminosas com hábito de crescimento prostrado são reconhecidas como as mais tolerantes ao pastejo, geralmente beneficiando-se da maior penetração de luz no dossel sob maior intensidade de pastejo (Humphreys, 1980; Whiteman, 1980; Curll & Jones, 1989; Fisher & Cruz, 1995).

As leguminosas prostradas que combinam mecanismos de escape e de tolerância ao pastejo, como o *Desmodium ovalifolium*, são especialmente beneficiadas por maiores intensidades de pastejo (Lascano, 2000). Por exemplo, quando os consórcios *Brachiaria humidicola*-*Pueraria phaseoloides* (trepadeira e de palatabilidade média) e *B. humidicola*-*Desmodium ovalifolium* cv. Itabela (prostrada e de baixa palatabilidade) foram submetidos a diferentes taxas de lotação (2, 3 e 4 novilhos/ha), em estudo realizado na Bahia, houve aumento gradativo da porcentagem do desmódio com o aumento da taxa de lotação e do tempo de pastejo, porém, o inverso ocorreu com a puerária (Pereira et al., 1992).

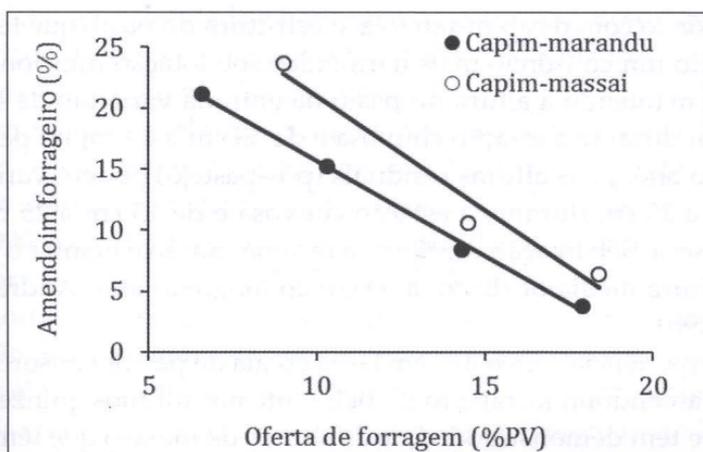
A literatura também mostra que essas leguminosas tendem a dominar o pasto quando manejadas sob lotação contínua. Isso foi mostrado por Santana et al. (1993), que estudaram a consorciação da *B. humidicola* com *D. ovalifolium* cv. Itabela, sob diferentes métodos de pastejo e taxas de lotação, na Bahia. A lotação contínua favoreceu a leguminosa, particularmente nas maiores taxas de lotação. Nesse estudo, o método de pastejo teve maior efeito sobre

a porcentagem de leguminosa no pasto do que a taxa de lotação. Nesses casos em que há diferenças acentuadas de palatabilidade entre as espécies, tem sido sugerido o uso da lotação rotacionada, de modo a favorecer a persistência da espécie mais palatável, seja gramínea ou leguminosa (Lascano, 2000). Na verdade, o manejo de pastos consorciados com forrageiras pouco palatáveis tem sido o mais complexo do ponto de vista da previsibilidade do resultado em termos do balanço entre espécies.

As leguminosas prostradas do gênero *Arachis*, especialmente a espécie estolonífera *A. pintoi*, são atualmente as leguminosas tropicais mais estudadas no Brasil. O grande potencial dessas plantas se deve a uma combinação incomum de atributos positivos em uma planta forrageira, com destaque para a alta tolerância ao pastejo e ao pisoteio, alta palatabilidade, alto valor nutritivo e alta compatibilidade com gramíneas. Esses fatores são também responsáveis por aumentar a previsibilidade da resposta dos pastos consorciados com amendoim forrageiro às variações de manejo do pastejo.

A resposta positiva de diferentes cultivares de amendoim forrageiro ao aumento da intensidade de pastejo (Figura 4) tem sido consistentemente demonstrada em diversos estudos, em consórcio com diferentes espécies de gramíneas forrageiras e em diversos ambientes (Tabela 3), mesmo sendo uma leguminosa muito palatável (Lascano, 2000). Essa resposta tem sido atribuída à modificação da estrutura do pasto, evitando o sombreamento excessivo da leguminosa em pastos mantidos muito altos (Andrade et al., 2005).

Esse tipo de resposta tem sido traduzido em indicações objetivas de manejo do pastejo para alguns consórcios com o amendoim forrageiro no Acre. Por exemplo, Andrade et al. (2012a) recomendaram manejar o pasto consorciado do cultivar BRS Mandobi com o capim-marandu mantendo altura de entrada inferior a 45 cm, de modo a manter um consórcio mais harmônico. De maneira análoga, o pasto consorciado de capim-massai e amendoim forrageiro cv. Itacambira deveria ser manejado com altura de entrada inferior a 65-70 cm (Andrade et al., 2006). Para o consórcio do amendoim forrageiro com a grama-estrela-roxa, foi sugerido que o manejo sob lotação rotacionada mantivesse a altura do pasto na entrada (pré-pastejo) variando de 40 a 60 cm durante a estação chuvosa, e de 35



**Figura 4.** Efeito da oferta de forragem na porcentagem de dois cultivares de *Arachis pintoi* (BRS Mandobi e Itacambira) em pastos consorciados com os capins marandu e massai, respectivamente. Fonte: Andrade et al. (2005).

**Tabela 3.** Relação de estudos comprovando a resposta positiva de diferentes cultivares de *Arachis pintoi* à intensidade de pastejo, em consórcio com diferentes gramíneas e em diferentes ambientes.

Cultivar	Local	Gramínea	Variável	Fonte
Amarillo	Costa Rica	<i>B. brizantha</i>	Taxa de lotação	Hernandez et al. (1995)
Amarillo	Costa Rica	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Taxa de lotação	González et al. (1996)
Amarillo	Costa Rica	<i>B. brizantha</i> , <i>B. humidicola</i>	Taxa de lotação	Ibrahim & Mannetje (1998)
Belmonte	Bahia	<i>B. humidicola</i> cv. Llanero	Taxa de lotação	Santana et al. (1998)
Itacambira	Planaltina	<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	Oferta de forragem	Barcellos et al. (1999)
Itacambira	Acre	<i>P. maximum</i> cv. Massai	Oferta de forragem	Andrade et al. (2006)
Amarillo	Austrália	<i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Chloris gayana</i>	Altura do pasto	Sinclair et al. (2007)
BRS Mandobi	Acre	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Oferta de forragem	Andrade et al. (2012a)

a 40 cm durante a estação seca do ano. Já as alturas residuais (pós-pastejo) deveriam variar de 20 a 25 cm durante a estação chuvosa e de 15 a 25 cm durante a estação seca (Andrade et al., 2009a). Para

o consórcio com o capim-tangola, a estrutura do pasto que tem favorecido um consórcio mais harmônico sob lotação rotacionada é obtida mantendo a altura do pasto na entrada variando de 40 cm a 45 cm durante a estação chuvosa e de 35 cm a 40 cm no período seco do ano. Já as alturas residuais (pós-pastejo) podem variar de 20 cm a 25 cm durante a estação chuvosa e de 15 cm a 25 cm na época seca. Sob lotação contínua, a recomendação é manter o pasto com altura média de 25 cm a 30 cm ao longo do ano (Andrade et al., 2009b).

A experiência com o uso em larga escala de pastos consorciados com o amendoim forrageiro cv. Belmonte nos últimos quinze anos no Acre tem demonstrando que as alturas de manejo que têm sido recomendadas para os pastos exclusivos de diversos cultivares de gramíneas forrageiras geralmente proporcionam uma estrutura do pasto favorável à manutenção de um consórcio estável e harmônico delas com a leguminosa. Essa percepção também é compartilhada pelo Dr. José Marques Pereira (comunicação pessoal), com larga experiência com o uso dessa leguminosa no sul da Bahia. Entretanto, diferentemente do consórcio com outras leguminosas forrageiras, o uso mais intensivo do pasto consorciado com o amendoim forrageiro pode afetar a persistência da gramínea. Já o uso leniente do pasto pode reduzir a produtividade da leguminosa, geralmente sem afetar a sua persistência.

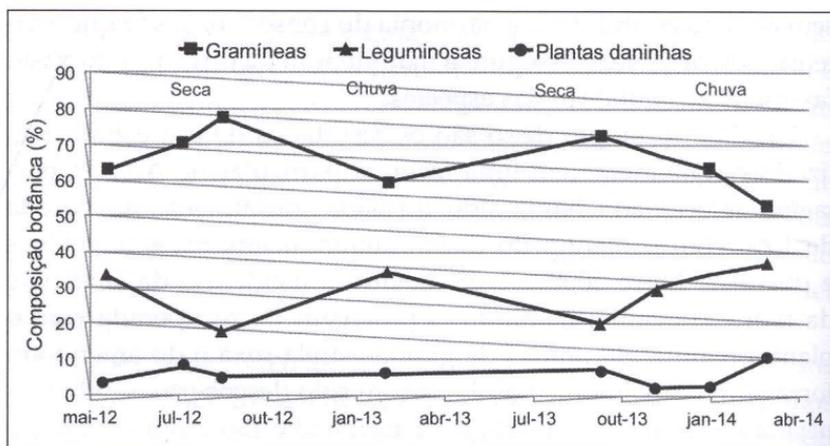
Cultivares de *Arachis pintoi* e *Arachis repens* podem ser introduzidos com sucesso em pastagens já estabelecidas com gramíneas por meio do plantio em faixas, após supressão das gramíneas nas faixas. A experiência da Embrapa Acre com essa prática tem demonstrado a importância da lotação rotacionada para aumentar a velocidade de colonização das faixas de gramíneas pela leguminosa. Quando se utiliza a lotação contínua, a alta seletividade da leguminosa e a alta frequência de desfolha contribuem para diminuir a emissão de estolões para colonização das faixas de gramíneas, retardando a formação de um consórcio mais equilibrado.

Já em pastos consorciados consolidados, em que a participação do amendoim forrageiro na composição botânica já esteja adequada, há evidências experimentais (Lascano, 1995) e práticas que mostram que diferentes métodos de pastejo podem ser utilizados

sem afetar a estabilidade e harmonia do consórcio, desde que a intensidade de pastejo assegure a manutenção da estrutura do pasto favorável ao equilíbrio das espécies.

Um bom exemplo disso são os resultados de um estudo realizado recentemente em uma fazenda particular no Acre. A pastagem selecionada havia sido formada inicialmente na década de 1990 com o plantio do capim-marandu, *Brachiaria decumbens* e puerária. Entre 2000 e 2003, devido à incidência da síndrome da morte do capim-marandu, a pastagem foi recuperada com o plantio manual de mudas de grama-estrela-roxa e do amendoim forrageiro cv. Belmonte nas áreas com solo descoberto, sendo manejada desde então sob lotação rotacionada. Em maio de 2012, o pasto apresentava 63% de gramíneas, 34% de leguminosas (28,5% de amendoim forrageiro e o restante de puerária e calopogônio) e 3% de plantas daninhas. Entre junho de 2012 e maio de 2013 foram realizados dois ensaios de pastejo na área para avaliar estratégias de suplementação na terminação de bovinos de corte, sendo manejada sob lotação contínua no primeiro estudo (Sales et al., 2015) e sob lotação alternada no segundo estudo (Sales et al., dados não publicados). Ao término do segundo estudo, a área voltou a ser utilizada sob lotação rotacionada pelo proprietário e o pasto teve sua composição botânica monitorada por mais doze meses. Os resultados do monitoramento da composição botânica desse pasto consorciado durante três estações de chuva e duas estações de seca confirmaram o alto grau de harmonia e estabilidade dos pastos consorciados com amendoim forrageiro cv. Belmonte nas fazendas do Acre (Figura 5), bem como sua alta flexibilidade ao uso de diferentes métodos de pastejo.

A compilação dos resultados de produção animal para os tratamentos em que se forneceu apenas sal mineral aos bovinos em terminação demonstra que o manejo utilizado também permitiu obter níveis elevados de capacidade de suporte, desempenho e produtividade animal na pastagem estudada (Tabela 4), confirmando o elevado potencial dessa leguminosa para intensificação racional da pecuária brasileira nas regiões com clima favorável ao seu crescimento.



**Figura 5.** Variação da composição botânica de pasto consorciado de amendoim forrageiro cv. Belmonte com gramíneas (*Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*), durante dois anos, na Fazenda Guaxupé, Bujari, AC. Fonte: Carlos Mauricio Soares de Andrade, Maykel Franklin Lima Sales (dados inéditos).

**Tabela 4.** Resultados de dois experimentos de terminação de bovinos de corte em pasto consorciado com o amendoim forrageiro cv. Belmonte, realizados sequencialmente entre junho de 2012 e maio de 2013, na Fazenda Guaxupé, Rio Branco, AC.

Variável	Seca	Chuva	Total
Tipo de animal	Macho Nelore inteiro	Macho Aberdeen Angus x Nelore castrado	—
Período de terminação (dias)	98	217	315
Taxa de lotação (UA/ha)	2,55	4,06	3,59
Peso vivo inicial (kg)	397	323	—
Peso vivo final (kg)	472	468	—
Ganho de peso vivo (g/animal/dia)	761	682	707
Rendimento de carcaça (%)	54,1	52,8	—
Produtividade de peso vivo (kg/ha)	194	658	852
Produtividade de carcaça (kg/ha)	148	382	530
Produtividade de carcaça (@/ha)	9,9	25,5	35,3

Fonte: Sales et al. (2015), Sales et al. (dados não publicados).

## 9. Considerações finais

Existe uma associação muito estreita entre compatibilidade de gramíneas e leguminosas e facilidade de manejo do pastejo de pastos consorciados. Em outras palavras, quanto maior a compatibilidade do consórcio, maiores as possibilidades de desenvolvimento de indicadores de manejo do pastejo que sejam flexíveis e de fácil adoção e ainda assim eficientes em assegurar a produtividade e estabilidade das pastagens consorciadas e a lucratividade da atividade pecuária.

Apesar do reconhecimento da importância do manejo do pastejo para a produtividade e estabilidade das pastagens, está cada vez mais evidente que é inviável tentar corrigir a baixa compatibilidade de um cultivar de leguminosa com gramíneas via manejo do pastejo. Essa foi uma das principais lições aprendidas durante a fase inicial de pesquisas para desenvolvimento de cultivares de leguminosas forrageiras tropicais no século passado. As tentativas de contornar a baixa compatibilidade invariavelmente resultaram na recomendação de estratégias de manejo pouco flexíveis ou então muito complexas e difíceis de implementar nas fazendas, exigindo que os sistemas de produção se adaptassem para manter a leguminosa no pasto. Obviamente, os pecuaristas não costumam adotar tecnologias com essas características, a menos que não disponham de outras alternativas (Andrade, 2009; Andrade et al., 2015; Sollenberger et al., 2014). Isso tem sido reportado para as regiões de clima temperado (Phelan et al., 2015).

Na verdade, problemas com a adoção de forrageiras que exigem manejo do pastejo pouco flexível ou muito complexo não são exclusivos das leguminosas tropicais. O capim-pojuca (*Paspalum atratum* cv. Pojuca) foi lançado pela Embrapa em 2000 (Karia & Andrade, 2001) por apresentar uma série de atributos positivos, tais como elevada produtividade de forragem, facilidade de estabelecimento, resistência às cigarrinhas-das-pastagens e tolerância ao encharcamento do solo. Porém, sua adoção pelos pecuaristas foi muito baixa, principalmente pela maior dificuldade de manejo do pastejo em relação às demais opções de gramíneas disponíveis no mercado. A aceitação do capim-pojuca pelos bovinos é reduzi-

da de forma acentuada com a maturidade da planta, tornando o seu manejo pouco flexível na fazenda. O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) é outro cultivar que vem enfrentando certa limitação de adoção por motivos semelhantes (Andrade et al., 2015).

Portanto, é necessário repensar o papel das pesquisas sobre manejo do pastejo de pastos consorciados. Há pelo menos três demandas de pesquisa claramente identificadas. A primeira e mais urgente é aprofundar os estudos básicos sobre os mecanismos de compatibilidade das principais espécies de gramíneas e leguminosas tropicais (Da Silva & Pereira, 2013). Certamente, não conseguiremos repetir o avanço alcançado para espécies de clima temperado como o trevo-branco (*Trifolium repens*) e o *Lolium perenne* (Hodgson & Da Silva, 2000), especialmente por causa da redução de fundos para pesquisa com plantas forrageiras e pastagens, o que tem diminuído nossa habilidade de gerar novas informações baseadas na compreensão de processos (ao invés de experiência empírica) (Clements, 1996). A realização de pesquisas orientadas por processos exige um maior grau de maturidade científica dos pesquisadores, maior nível de integração de esforços entre grupos de pesquisadores e um horizonte de mais longo prazo para obtenção de resultados significativos.

Uma segunda demanda de pesquisa muito importante, e claramente dependente da primeira, é a necessidade de apoiar os programas de melhoramento genético de plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, visando o uso em pastos consorciados. Há uma demanda clara por critérios de seleção que possam ser utilizados pelos melhoristas no desenvolvimento de cultivares de alta compatibilidade. O melhoramento de forrageiras para uso em pastos consorciados é bem mais complexo do que o convencional, que visa a seleção de materiais genéticos para uso em estandes puros. Conforme discutido com muita propriedade por Hill (1996), o desempenho de um genótipo em estande puro não fornece indicação segura do seu comportamento em consórcio. Isso acontece porque genótipos com alta habilidade produtiva, necessária para um alto desempenho em monocultura, não necessariamente possuem alta habilidade de combinação, que é o atributo determinante do desempenho de um genótipo em consórcio. Conforme discutido por

Andrade et al. (2015), o ideal seria avaliar e selecionar os genótipos sob condições próximas do uso comercial, ou seja, em parcelas consorciadas e sob pastejo por vários anos. Porém, como conciliar essa forma de avaliação com o elevado número de indivíduos, principalmente nos estágios iniciais dos programas de melhoramento? Uma das soluções é realizar a seleção indireta em estandes puros, desde que sejam definidos caracteres altamente correlacionados com aqueles de importância no sistema consorciado sob pastejo, preferencialmente de alta herdabilidade. Essa estratégia tem sido utilizada com sucesso no melhoramento genético do trevo-branco (Annicchiarico, 2003; Annicchiarico & Proietti, 2010).

A terceira demanda de pesquisa está relacionada com a geração de indicadores de manejo do pastejo a serem utilizados pelos pecuaristas para obtenção de melhores resultados de seus pastos consorciados. Em especial, devem-se direcionar os esforços para os consórcios mais promissores em termos de compatibilidade, visando otimizar a resposta animal e econômica dessas pastagens.

## 10. Referências bibliográficas

- ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.
- ANDRADE, C. M. S. Características de gramíneas relacionadas com sua compatibilidade com leguminosas em pastos consorciados. In: SOUZA, F. H. D.; MATTATA, F. P.; FAVERO, A. P. (Eds.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. p. 37-60.
- ANDRADE, C. M. S. Construindo um ideótipo de gramínea para consorciação com a leguminosa *Arachis pintoi*. In: SOUZA, F. H. D.; MATTATA, F. P.; FAVERO, A. P. (Eds.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013b. p. 273-82.
- ANDRADE, C. M. S. Importância das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 1., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2012. p. 47-93.
- ANDRADE, C. M. S. Produção de ruminantes em pastos consorciados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 3., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p. 171-214.
- ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L. Consorciação de pastagens: potencial da tecnologia e fatores de sucesso. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 266, p. 36-48, 2012.

- ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FAZOLIN, M.; GONCALVES, R. C.; SALES, M. F. L.; VALENTIM, J. F.; ESTRELA, J. L. V. **Gramma-estrela-roxa**: gramínea forrageira para diversificação de pastagens no Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009a. 83p.
- ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FAZOLIN, M.; GONCALVES, R. C.; SALES, M. F. L.; VALENTIM, J. F.; ESTRELA, J. L. V. **Capim-tangola**: gramínea forrageira recomendada para solos de baixa permeabilidade do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009b. 63p.
- ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; FERREIRA, A. S. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABZ, 2015. 31p. (No prelo).
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, O. G. Dynamics of sward condition and botanical composition in mixed pastures of marandugrass, forage peanut and tropical kudzu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 501-11, 2012a.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, O. G. Grazing management strategies for massagrass-forage peanut pastures. 1. Dynamics of sward condition and botanical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 334-42, 2006.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, O. G. Response of *Arachis pintoi* to grazing intensity when associated with different grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005, Ireland. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 347.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, O. G. Plasticidade fenotípica em plantas de *Arachis pintoi* em pastos consorciados com o capim-massai. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 2012b. 3p. 1 CD-ROM.
- ANDRADE, C. M. S. Estratégias de manejo do pastejo para pastos consorciados nos trópicos. In: GONÇALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. (Eds.). **Embrapa Acre**: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. p.163-80.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-70, 2004.
- ANNICCHIARICO, P. Breeding white clover for increased ability to compete with associated grasses. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p. 255-66, 2003.
- ANNICCHIARICO, P.; PROIETTI, S. White clover selected for enhanced competitive ability widens the compatibility with grasses and favours the optimization of legume content and forage yield in mown clover-grass mixtures. **Grass and Forage Science**, v. 65, p. 318-24, 2010.
- BARCELLOS, A. O.; ANDRADE, R. P.; KARIA, C. T. et al. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2001. p. 365-425.
- BARCELLOS, A. O.; PIZARRO, E. A.; COSTA, N. L. Agronomic evaluation of novel germoplasm under grazing: *Arachis pintoi* BRA-031143 and *Paspalum atratum* BRA-009610. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1997, Winnipeg. **Proceedings...** Saskatoon: CFC/CSA/CSAS, 1999. 1 CD-ROM.

- BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; KARIA, C. T. *Leucaena leucocephala*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Eds.). **Plantas forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 310-40.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 738p.
- BRISKE, D. D. Plant interactions. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. (Eds.). **Forages**: the science of grassland agriculture. 6. ed. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 105-22.
- CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v. 28, p. 43-52, 1994.
- CALLAWAY, R. M.; PUGNAIRE, F. I. Facilitation in plant communities. In: PUGNAIRE, F. I.; VALLADARES, F. (Eds.). **Functional plant ecology**. 2. ed. Boca Raton, CRC Press, 2007. p. 435-56.
- CHAUDHRY, A. S. Forage based animal production systems and sustainability, an invited keynote. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 78-84, 2008. (supl. especial).
- CLEMENTS, R. J. Rates of destruction of growing points of pasture legumes by grazing cattle. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. **Proceedings...** Paris: French Grassland Society, 1989. p. 1.027-8.
- CLEMENTS, R. J. Pastures for prosperity. 3. The future for new tropical pasture plants. **Tropical Grasslands**, v. 30, p. 31-46, 1996.
- COOK, B. G.; PENGELLY, B. C.; BROWN, S. D.; DONNELLY, J. L.; EAGLES, D. A.; FRANCO, M. A.; HANSON, J.; MULLEN, B. F.; PARTRIDGE, I. J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. **Tropical Forages**: an interactive selection tool. Brisbane, Australia: CSIRO; DPI&F(Qld); CIAT; ILRI, 2005. 1 CD-ROM.
- CURL, M. L.; JONES, R. M. The plant-animal interface and legume persistence: an Australian perspective. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. et al. (Eds.). **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 339-57.
- DASILVA, S. C.; PEREIRA, L. E. T. Desafios e perspectivas do manejo do pastejo em pastos consorciados: uma reflexão. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 9., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2013. p. 63-76.
- DE KROON, H.; HUTCHINGS, M. J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 143-52, 1995.
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Cultivo e uso do estilosantes-campo-grande**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2007. 11p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 105).
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Estilosantes Campo Grande**: estabelecimento, manejo e produção animal. Campo Grande, MS, 2000. 8p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 61).
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Nota técnica**: uso correto do estilosantes-campo-grande em pastagens consorciadas. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. Disponível em: <[www.cnpqg.embrapa.br/ NotaTecnicaEstilosantes.pdf](http://www.cnpqg.embrapa.br/NotaTecnicaEstilosantes.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2009.
- EVANS, T. R. Interpretação dos resultados da pesquisa australiana sobre manejo de pastagens tropicais. In: SÁNCHEZ, P. A.; TERGAS, L. E.; SERRÃO, E. A. S. (Eds.). **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília: Ciat: Embrapa, 1982. p. 297-313.

- FERNANDES, C. D.; GROF, B.; CHAKRABORTY, S.; VERZIGNASSI, J. R. Estilosantes-campo-grande in Brazil: a tropical forage legume success story. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Dublin: Wageningen Academic, 2005. p. 330.
- FISHER, M. J. Discussion. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F.; BROUGHAM, R. W.; CLEMENTS, R. J.; SHEATH, G. W. (Eds.). **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 308.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. et al. Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 393-425.
- FISHER, M. J.; CRUZ, P. Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoi*. In: KERRIDGE, P. C. (Ed.). **Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis***. Cali: Ciat, 1995. p. 56-75.
- FORNARA, D. A.; TILMAN, D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. **Journal of Ecology**, v. 96, p. 314-22, 2008.
- GONZÁLEZ, M. S.; VAN HEURCK, L. M.; ROMERO, F. et al. Producción de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. **Pasturas Tropicales**, v. 18, n. 1, p. 2-12, 1996.
- HALL, R. L. The analysis and significance of competitive and non-competitive interference between species. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 163-74.
- HAYNES, R. J. Competitive aspects of the grass-legume association. **Advances in Agronomy**, v. 33, p. 227-61, 1980.
- HEADY, H. F.; CHILD, R. D. **Rangeland ecology and management**. Boulder: Westview Press, 1994. 519p.
- HERBEN, T. Physiological integration affects growth form and competitive ability in clonal plants. **Evolutionary Ecology**, v. 18, p. 493-520, 2004.
- HERNANDEZ, M.; ARGEL, P. J.; IBRAHIM, M. A.; MANNETJE, L.'T. Pasture production, diet selection and live weight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. **Tropical Grasslands**, v. 29, p. 134-41, 1995.
- HICKEY, M.; KING, C. **The Cambridge illustrated glossary of botanical terms**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 208p.
- HILL, J. The three C's competition, coexistence and coevolution and their impact on the breeding of forage crop mixtures. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 79, p. 168-76, 1990.
- HILL, J. Breeding components for mixture performance. **Euphytica**, v. 92, p. 135-8, 1996.
- HODGSON, J.; DA SILVA, S. C. Sustainability of grazing systems: goals, concepts and methods. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 1-13.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990. 203p.
- HUMPHREYS, L. R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. **Tropical Grasslands**, v. 14, n. 3, p. 153-8, 1980.
- HUMPHREYS, L. R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206p.
- IBRAHIM, M. A.; MANNETJE, L.'T. Compatibility, persistence and productivity of grass- legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield,

- nitrogen yield and botanical composition. **Tropical Grasslands**, v. 32, n. 2, p. 96-104, 1998.
- ILLIUS, A. W.; HODGSON, J. Progress in understanding the ecology and management of grazing systems. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 429-57.
- JONES, R. M. The rise and fall of Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) – what went wrong and some implications for legume breeding, evaluation and management. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 2, p. 154-64, 2014.
- JONES, R. M.; MOTT, J. J. Population dynamics in grazed pastures. **Tropical Grasslands**, v. 14, n. 3, p. 218-24, 1980.
- KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. **Cultivo do capim Pojuca**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 2p. (Embrapa Cerrados. Recomendação Técnica, 50).
- LAPOINTE, S. L.; SONODA, R. M. The effect of arthropods, diseases, and nematodes on tropical pastures. In: SOTOMAYOR-RIOS, A.; PITMAN, W. D. (Eds.). **Tropical forage plants: development and use**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 201-18.
- LASCANO, C. E. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 249-63.
- LASCANO, C. E. Valor nutritivo e producción animal de *Arachis* forrajero. In: KER-RIDGE, P. C. (Ed.). **Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de Arachis**. Cali: Ciat, 1995. p. 117-30.
- LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Paulo: SBZ; Fealq, 2001. 1 CD-ROM.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: DZO/UFV, 1997. p. 117-44.
- LOREAU, M.; HECTOR, A. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. **Nature**, v. 412, p.72-6, 2001.
- LOVETT DOUST, L. Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*): I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. **Journal of Ecology**, v. 69, p. 743-55, 1981.
- LUSCHER, A.; MUELLER-HARVEY, I.; SOUSSANA, J. F.; REES, R. M.; PEYRAUD, J. L. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. **Grass and Forage Science**, v. 69, p. 206-28, 2014.
- MENEZES, R.; ALVES, E. B.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S.; EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F. Xaraés palisadegrass remains productive after the disappearance of stylo in tropical legume-grass pasture. **Scientia Agricola**, 2015. (No prelo).
- MENDOZA, P. E.; THOMAS, D.; SPAIN, J. M.; LASCANO, C. E. Establishment and management of *Centrosema* pastures. In: SCHULTZE-KRAFT, R.; CLEMENTS, R. J. (Eds.). **Centrosema: biology, agronomy, and utilization**. Cali: Ciat, 1990. p. 271-92.
- MOTT, G. O. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1983. p. 35-42.
- MULLEN, B. F.; SHELTON, H. M.; DALZELL, S. A. Leucaena in northern Australia: a forage tree legume success story. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CON-

- GRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p. 333.
- NURJAYA, I. G. M. O.; TOW, P. G. Genotype and environmental adaptation as regulators of competitiveness. In: TOW, P. G.; LAZENBY, A. (Eds.). **Competition and succession in pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 43-62.
- NYFELE, D.; HUGUENIN-ELIE, O.; SUTER, M. et al. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 140, p. 155-63, 2011.
- PEREIRA, J. M.; NASCIMENTO JR., D.; SANTANA, J. R. Disponibilidade e composição botânica da forragem disponível em pastagens de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt, em monocultivo ou consorciado com leguminosas, submetidas a diferentes taxas de lotação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, n. 1, p. 90-103, 1992.
- PEREIRA, J. M.; SANTANA, J. R. Produtividade de pastagem de *Brachiaria decumbens* com a introdução de leguminosa e fertilização nitrogenada. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES – Amazonia, 1., 1990, Lima. **Anais...** Cali: Ciat, 1990. v.2 , p. 581-5.
- PHELAN, P.; MOLONEY, A. P.; McGEOUGH, E. J.; HUMPHREYS, J.; BERTILSON, J.; O'RIORDAN, E. G.; O'KIELY, P. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, p. 281-326, 2015.
- QUESENBERRY, K. H.; WOFFORD, D. S. Tropical forage legume breeding. In: SOTOMAYOR-RIOS, A.; PITMAN, W. D. (Eds.). **Tropical forage plants: development and use**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 81-105.
- RHODES, I.; STERN, W. R. Competition for light. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 175-89.
- ROBERTS, C. R. Algunas causas comunes del fracaso de praderas de leguminosas y gramíneas tropicales en fincas comerciales y posibles soluciones. In: TERGAS, L. E.; SÁNCHEZ, P. A. (Eds.). **Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos**. Cali: Ciat, 1979. p. 427-45.
- SACKVILLE HAMILTON, N. R. Measurement of competition and competition effects in pastures. In: TOW, P. G.; LAZENBY, A. (Eds.). **Competition and succession in pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 15-42.
- SALES, M. F. L.; ANDRADE, C. M. S.; FARINATTI, L. H. E.; PORTO, M. O.; MESQUITA, A. Q.; CLEMÊNCIO, R. M. Suplementação energética para terminação de bovinos de corte em pastos consorciados durante a época seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABZ, 2015. 3p. (No prelo).
- SANDERSON, M. A.; SKINNER, R. H.; BARKER, D. J.; EDWARDS, G. R.; TRACY, B. F.; WEDIN, D. A. Plant species diversity and management of temperate forage and grazing land ecosystems. **Crop Science**, v. 44, p. 1.132-44, 2004.
- SANTANA, J. R.; PEREIRA, J. M.; RESENDE, C. P. Avaliação da consorciação de *Brachiaria dictyoneura* Stapf com *Arachis pintoi* Krapov & Gregory sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. 1 CD-ROM.
- SANTANA, J. R.; PEREIRA, J. M.; MORENO, M. A. et al. Persistência e qualidade proteica da consorciação *Brachiaria humidicola*-*Desmodium ovalifolium* cv. Itabela sob diferentes sistemas e intensidades de pastejo. **Pasturas Tropicales**, v. 15, n. 2, p. 2-8, 1993.

- SCHWINNING, S.; PARSONS, A. J. Analysis of the coexistence mechanisms for grasses and legumes in grazing systems. **Journal of Ecology**, v. 84, n. 6, p. 799-813, 1996.
- SEIFFERT, N. F. Manejo de leguminosas forrageiras arbustivas de clima tropical. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.). **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba: Fealq, 1995. p. 245-74.
- SHEATH, G. W.; HODGSON, J. Plant-animal factors influencing legume persistence. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. et al. (Eds.). **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 361-72.
- SHELTON, H. M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. In: MCGILLOWAY, D. A. (Org.). **Grassland: a global resource**. Wageningen: IGC, 2005. p. 149-66.
- SINCLAIR, K.; LOWE, K. F.; PEMBLETON, K. G. Effect of defoliation interval and height on the growth and quality of *Arachis pintoi* cv. Amarillo. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 260-8, 2007.
- SOLLENBERGER, L. E.; DUBEUX, J. C. B. JR.; MUIR, J. P. Establishment and management of legume-grass pastures. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 7. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 5., 2014, Viçosa. **Anais...** Visconde de Rio Branco: Suprema, 2014. p. 135-77.
- SOLLENBERGER, L. E.; NEWMAN, Y. C. Grazing management. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. (Eds.). **Forages: the science of grassland agriculture**. 6. ed. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 651-9.
- SULC, R. M.; LAMP, W. O. Insect Management. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. (Eds.). **Forages: the science of grassland agriculture**. 6. ed. Iowa: Blackwell Publishing Professional, 2007. v. 2. p. 411-24.
- THOMAS, R. J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. **Plant and Soil**, v. 174, n. 1-2, p. 103-18, 1995.
- THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, v. 47, p. 133-42, 1992.
- TILMAN, D. Functional diversity. In: LEVIN, S. A. (Ed.). **Encyclopedia of biodiversity**. Academic Press, 2001. v. 3. p. 109-20.
- TILMAN, D. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. **Ecology**, v. 80, n. 5, p. 1.455-74, 1999.
- TOTHILL, J. C. Comparative aspects of the ecology of pastures. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 385-402.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592p.
- TRENBATH, B. R. Biomass productivity of mixtures. **Advances in Agronomy**, v. 26, p. 177-210, 1974.
- VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. **Redução dos impactos ambientais da pecuária de corte no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1999. 2p. (Embrapa Acre. Impactos).
- VALENTINE, J. F. **Grazing management**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 659p.
- WHITEMAN, P. C. **Tropical pasture science**. New York: Oxford University Press, 1980. 392p.