

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

CONSTRUÇÃO DE IDEÓTIPOS DE GRAMÍNEAS PARA USOS DIVERSOS

Francisco Humberto Dübbern de Souza

Frederico de Pina Matta

Alessandra Pereira Fávero

Editores Técnicos

Embrapa

Brasília, DF

2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luiz, km 234
CEP 13560-970 São Carlos, SP
Caixa Postal 339
Fone: (16) 3411-5600
Fax: (16) 3361-5754
www.cppse.embrapa.br
cppse.sac@embrapa.br

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Pecuária Sudeste

Comitê Local de Publicações

Presidente

Ana Rita de Araújo Nogueira

Secretária-executiva

Simone Cristina Méo Niciura

Membros

Ane Lyse Fiala Garcia Silvestre

Maria Cristina Campanelli Brito

Milena Ambrósio Teles

Sônia Borges de Alencar

Projeto gráfico

Frederico de Pina Matta

Maria Cristina Campanelli Brito

Capa e ilustração

Renato Tavares Goshima

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pela edição

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

Selma Lúcia Lira Beltrão

Lucilene Maria de Andrade

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Josmária Madalena Lopes

Revisão de texto

Rafael de Sá Cavalcanti

Normalização bibliográfica

Sônia Borges de Alencar

Márcia Maria Pereira de Souza

1ª edição

1ª impressão (2013): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos / Francisco Humberto Dübbern de Souza, Frederico de Pina Matta, Alessandra Pereira Fávero, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2013.

381 p. : il. color. ; 16 cm x 22,5 cm.

ISBN 978-85-7035-258-3

1. Gramínea forrageira. 2. Cultivar. 3. Espécie. 4. Consorciação de cultura. I. Souza, Francisco Humberto Dübbern de. II. Matta, Frederico de Pina. III. Fávero, Alessandra Pereira. IV. Embrapa Pecuária Sudeste.

CDD 633.2

© Embrapa, 2013

Características de gramíneas relacionadas com sua compatibilidade com leguminosas em pastos consorciados

Carlos Mauricio Soares de Andrade

Introdução

A produção de ruminantes em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas tropicais é uma tecnologia que ainda pode ser considerada em fase de desenvolvimento, apesar de quase cinco décadas de pesquisas. Isso se deve ao baixo grau de adoção e à existência de pequeno número de consórcios compatíveis e persistentes. A disponibilidade de cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras com características adequadas para formar consórcios persistentes, produtivos e resilientes é, na verdade, o fator-chave para o sucesso dessa tecnologia. Foi isso que garantiu a adoção do consórcio do trevo-branco (*Trifolium repens*) com o azevém (*Lolium perenne*) em muitas regiões de clima temperado, especialmente a Nova Zelândia, tornando-se o pasto consorciado mais importante do planeta.

Um dos fatores que mais tem atrasado o desenvolvimento da tecnologia nos trópicos são as falhas nos programas de melhoramento de forrageiras. O processo tradicional de seleção de germoplasma de leguminosas forrageiras tropicais para uso em pastos consorciados tem sido criticado por diversos autores (BARCELLOS; VILELA, 1994; KRETSCHMER JÚNIOR, 1989; SPAIN, 1995), especialmente no que se refere aos critérios de seleção utilizados e à demora em testar os materiais em consórcio com gramíneas sob pastejo. Outro problema é que nunca existiu um programa de melhoramento de gramíneas forrageiras tropicais cujo objetivo tenha sido a obtenção de germoplasma compatível com leguminosas. O que tem sido feito, por via de regra, é selecionar genótipos superiores de leguminosas em estande puro e, numa etapa posterior, testar a sua capacidade de consorciação com as cultivares de gramíneas existentes no mercado, na expectativa, quase sempre frustrada, de obter um consórcio compatível e persistente.

De fato, o melhoramento de forrageiras para uso em pastos consorciados é bem mais complexo do que o convencional, que visa à 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 competitiva, que é o atributo determinante do desempenho de um genótipo em consórcio. Na verdade, essas duas características podem até mesmo ser inversamente relacionadas.

Portanto, o principal prerequisite de um programa de melhoramento de forrageiras para uso em consórcio deveria ser a condução do programa na presença do outro componente, pois somente assim seria possível selecionar genótipos, possuindo características que lhes confiram maior sinergismo ou, em outras palavras, maior grau de compatibilidade (HILL, 1996). Essa visão também é compartilhada por Caradus e Williams (1989), que afirmam que o comportamento de uma associação de gramínea com leguminosa somente se expressa quando ambas são avaliadas em consórcio e sob pastejo, onde é possível observar a competitividade, a preferência, e a resistência ao pastejo e ao pisoteio, entre outros fatores que possibilitem maior acerto no processo de seleção das espécies.

Estudos conduzidos com acessos de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* e *A. repens*) no Acre ilustram bem a questão discutida acima. Dos 11 genótipos de amendoim forrageiro avaliados, em estande puro, quanto à velocidade de estabelecimento (VALENTIM et al., 2003) e desempenho produtivo (SALES et al., 2002), quatro se destacaram (Tabela 1) e foram selecionados para avaliação sob pastejo em consórcio. Esses genótipos foram introduzidos em pastagens já estabelecidas de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *humidicola* e *U. decumbens*, por meio do plantio em faixas com 70 cm de largura, preparadas com enxada rotativa, com espaçamento de 3 m entre faixas (ANDRADE et al., 2007). Após três anos de avaliação sob pastejo, foi possível verificar diferenças marcantes entre os genótipos de amendoim forrageiro quanto à habilidade de consorciação com as duas espécies de *Urochloa* testadas (Tabela 2). Enquanto a cultivar Belmonte e o acesso *Arachis repens* BRA-031801 conseguiram aumentar a sua participação no consórcio nas faixas plantadas, colonizando toda a área entre as faixas, os demais genótipos apenas conseguiram persistir na pastagem, demonstrando menor habilidade competitiva com as espécies de *Urochloa*. Isso demonstra

claramente o quanto é difícil avaliar a habilidade para consorciação de uma planta forrageira somente com base no seu desempenho em estande puro.

Tabela 1. Cobertura do solo, comprimento dos estolões e produção de matéria seca (MS) de 11 genótipos de amendoim forrageiro durante a fase de estabelecimento e no primeiro ano de avaliação sob cortes em estande puro, em Rio Branco, AC.

Genótipo	Cobertura do solo (70 dias)	Comprimento dos estolões (120 dias)	Produção de MS (120 dias)	Produção anual de MS
	%	cm	kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹
<i>Arachis pintoi</i> BRA-031135	84	87	2.430	21,8
<i>A. pintoi</i> cv. Belmonte	96	102	2.373	20,0
<i>A. repens</i> BRA-031801	84	98	2.395	19,8
<i>A. pintoi</i> BRA-040550	89	88	3.011	18,3
Média dos demais	65	72	1.609	14,3

Fonte: Sales et al. (2002) e Valentim et al. (2003).

Tabela 2. Evolução da porcentagem de leguminosas no pasto (faixa de plantio de 70 cm) ao longo do período experimental e largura da faixa colonizada na média do terceiro ano, em consórcio com *Urochloa* spp., em Rio Branco, AC.

Genótipo	% de leguminosa na faixa plantada			Largura da faixa colonizada (cm)
	1º ano	2º ano	3º ano	
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	15,6	25,0	32,3	326
<i>A. repens</i> BRA-031801	9,6	13,8	17,8	290
<i>A. pintoi</i> BRA-031135	9,4	8,7	10,2	126
<i>A. pintoi</i> BRA-040550	7,1	7,2	7,3	97

Fonte: Andrade et al. (2007).

Neste capítulo, pretende-se discutir as características de gramíneas relacionadas com sua compatibilidade com leguminosas forrageiras em pastos consorciados, um tema raramente tratado na literatura. Em razão dos problemas de persistência das leguminosas tropicais em pastos consorciados com gramíneas, as pesquisas sempre procuraram enfatizar as características das leguminosas que poderiam lhe assegurar maior persistência. Entretanto, é certo que haja uma gramínea com características ideais (ideótipo) para consórcio com cada espécie ou cultivar de leguminosa forrageira. Por essa razão, a abordagem a ser utilizada será discutir inicialmente os mecanismos de persistência das leguminosas forrageiras em pastos consorciados com gramíneas, os

quais são determinantes da compatibilidade entre as espécies. Em seguida, serão discutidos os fatores de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, com a apresentação de alguns exemplos de consórcios com graus diferenciados de compatibilidade. Por fim, será discutido o papel do ideótipo de gramínea no melhoramento de plantas forrageiras, visando a seu uso em consórcio, seguido por uma tentativa de relacionar as principais características das gramíneas relacionadas com sua compatibilidade com diferentes espécies de leguminosas.

Persistência das leguminosas nas pastagens

A falta de persistência das leguminosas tropicais em pastos consorciados já deixou de ser um problema tão relevante como no passado. Atualmente, há mais espécies de leguminosas produtivas e persistentes nos trópicos do que em regiões de clima temperado. Como exemplo, temos o *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela, o Estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e várias cultivares de amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cvs. Amarillo, Alqueire, Belmonte e Porvenir; *A. glabrata* cvs. Arbroom e Florigraze).

Os problemas de persistência das leguminosas tropicais ocorridos durante a primeira fase de estudos (décadas de 1950 a 1970) criaram uma falsa premissa de que todas as leguminosas tropicais apresentam desempenho insatisfatório em pastos consorciados. Isso foi constatado por Colman e Leslie (1966) durante o *IX Congresso Internacional de Pastagens*, ocorrido, em 1965, no Brasil, o primeiro a ser realizado nos trópicos. Durante a década de 1970, pesquisadores americanos desenvolveram uma teoria para explicar a baixa persistência das leguminosas tropicais em pastos consorciados, a qual foi amplamente aceita e continua a ser propagada nos dias atuais pelos céticos a respeito do potencial de uso de pastos consorciados em regiões tropicais. Essa teoria foi chamada de “incompatibilidade fisiológica” e se baseava nos estudos sobre a via fotossintética de leguminosas (C_3) e gramíneas tropicais (C_4). Os defensores dessa teoria consideram que as diferenças fisiológicas entre os grupos seriam um fator determinante dessa incompatibilidade. A fotossíntese de leguminosas (C_3) satura com, aproximadamente, dois terços da radiação a pleno sol, ao passo que a taxa de fotossíntese das gramíneas tropicais (C_4) continua a aumentar (não satura) até o nível de pleno sol, de modo que as gramíneas tropicais podem alcançar até três vezes as taxas fotossintéticas das leguminosas tropicais (FISHER; THORNTON, 1989; LUDLOW; WILSON, 1970).

Para alguns autores (FISHER; CRUZ, 1995; MOTT, 1983), isso explicaria, em parte, a diferença entre o sucesso dos pastos consorciados nas regiões de clima temperado, onde gramíneas e leguminosas são espécies C_3 , e a dificuldade de manter gramíneas e leguminosas tropicais associadas.

O maior potencial de crescimento das gramíneas C_4 em relação às leguminosas tropicais é um fato. Entretanto, afirmar que gramíneas e leguminosas tropicais são sempre incompatíveis, em razão de diferenças quanto à via fotossintética, parece ser uma simplificação exagerada do problema da baixa persistência das leguminosas nos consórcios, desconsiderando os demais fatores de persistência, especialmente quando se considera a grande diversidade de espécies e ecótipos de gramíneas e leguminosas forrageiras em regiões tropicais (ANDRADE, 2004). Além disso, há diferenças marcantes entre as taxas de crescimento potenciais em cada grupo. Também é fato que nem todas as consorciações entre gramíneas e leguminosas de clima temperado são um sucesso (HODGSON; SILVA, 2000) e que nem todas as gramíneas tropicais são compatíveis entre si. Por exemplo, é extremamente difícil manter estável uma mistura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) com alguma espécie de *Urochloa* (ANDRADE, 2004).

A teoria da incompatibilidade fisiológica começou a ser fortemente questionada com a publicação dos resultados do trabalho de Clements (1989), o qual demonstrou a importância da tolerância ao pastejo, mais especificamente da acessibilidade dos pontos de crescimento das plantas, para a persistência das leguminosas sob pastejo. Nos dias atuais, com o conhecimento existente sobre os mecanismos de persistência das leguminosas em pastos consorciados e sobre os fatores de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas tropicais, torna-se evidente que aquela teoria foi uma conclusão simplista para explicar uma questão complexa. A maior prova disso é que já dispomos de alguns consórcios compatíveis e persistentes entre gramíneas e leguminosas tropicais. Talvez o exemplo mais notório seja a consorciação do amendoim forrageiro (*A. pintoi* cv. Belmonte) com a grama-estrela-roxa (*Cynodon nlemfuensis*), no Acre.

Na verdade, qualquer generalização a respeito da persistência de leguminosas em consórcio com gramíneas em regiões tropicais certamente se mostrará equivocada. O tema deve ser discutido sempre com base num conjunto particular de espécies, ou até mesmo de cultivares, haja vista a quantidade de fatores determinantes da compatibilidade e da persistência dos consórcios.

A persistência das leguminosas nas pastagens depende fundamentalmente de dois conjuntos de mecanismos: (1) aqueles que asseguram a perenidade ou manutenção da população de plantas na pastagem; (2) aqueles que regulam a adaptação da planta ao pastejo.

A perenidade das leguminosas nas pastagens pode decorrer: (1) da longevidade das plantas originais; (2) da reposição de plantas por via reprodutiva (sementes); e/ou (3) da reposição de plantas por via vegetativa (estolões e rizomas). A importância relativa de cada um dos três mecanismos de persistência citados condiciona a escolha da estratégia de manejo a ser utilizada. O primeiro mecanismo é importante para algumas espécies, geralmente lenhosas, com duração de vida extremamente longa, como a leucena, por exemplo. Já as espécies anuais dispõem apenas do segundo mecanismo, ou seja, do ciclo de florescimento, formação de sementes, aumento das reservas de sementes no solo, regeneração de plântulas e sobrevivência das plântulas até o florescimento (HUMPHREYS, 1991).

Muitas leguminosas herbáceas “perenes” são representadas, na realidade, por indivíduos de vida curta (HUMPHREYS, 1991), os quais eventualmente morrerão e deverão ser substituídos por novas plantas para que a população seja mantida (JONES; CARTER, 1989). A maioria das leguminosas de clima tropical depende de um recrutamento de novas plantas baseado em sementes para compensar a morte das plantas mais velhas. O problema dessa via de persistência é que, em pastos estáveis, com dossel fechado, as plântulas geralmente sofrem forte estresse competitivo por parte da vegetação já estabelecida. Muitas vezes, a leguminosa pode possuir grande reserva de sementes no solo e apresentar problemas de persistência pela fraca sobrevivência das plântulas (FORDE et al., 1989; JONES; CARTER, 1989).

A reposição de plantas por via vegetativa, processo também conhecido como reprodução clonal, é o mecanismo mais eficiente e desejável para assegurar a persistência das leguminosas forrageiras nas pastagens. A compreensão sobre a reprodução clonal é fundamental para o entendimento da ecologia e a elaboração de estratégias de manejo de pastagens, especialmente daquelas constituídas pelo consórcio de gramíneas e leguminosas.

Todas as gramíneas, perenes e anuais, apresentam a forma de crescimento clonal. Os perfilhos individuais da maioria das espécies de gramíneas perenes possuem longevidade máxima de dois anos, embora a maioria sobreviva apenas à estação de

crescimento na qual foram produzidos. Portanto, a perenidade das plantas individuais de gramíneas e a sustentabilidade da produtividade das pastagens dependem da reposição regular de perfilhos a partir das gemas axilares (BRISKE, 2007). O trevo-branco e o amendoim forrageiro são leguminosas que também apresentam reprodução clonal, sendo esta certamente uma das características que contribuem para a sua capacidade de consorciação com as gramíneas. Leguminosas que não possuem a capacidade de perenização por meio da reprodução clonal, isto é, que dependem exclusivamente da ressemeadura natural (reprodução sexuada) para a manutenção da sua população na pastagem, apresentam maior dificuldade de constituir consórcios persistentes e resilientes com gramíneas forrageiras.

Os mecanismos de adaptação ao pastejo também são importantes para a persistência das leguminosas nas pastagens. Leguminosas que possuem eficientes mecanismos de resistência ao pastejo têm maior probabilidade de persistir com sucesso. O conceito de resistência ao pastejo foi muito bem detalhado por Briske (1991, 1996), que subdividiu os mecanismos que conferem resistência ao pastejo em mecanismos de escape e de tolerância ao pastejo. Os mecanismos de escape são aqueles que reduzem a probabilidade e a severidade do pastejo, ao passo que a tolerância ao pastejo consiste em mecanismos que promovem a retomada do crescimento das plantas após a desfolha, tais como a disponibilidade de meristemas e processos fisiológicos. Espécies pastejadas menos frequentemente (escape), capazes de se recuperar rapidamente após uma desfolha (tolerantes) ou possuindo uma combinação desses mecanismos apresentam uma vantagem competitiva muito grande na comunidade.

Exemplos de leguminosas que se valem de mecanismos de escape para aumentar sua persistência sob pastejo são a *Desmodium ovalifolium* e a *Calopogonium mucunoides*, sendo ambas pouco consumidas pelos animais em pastejo. De acordo com Humphreys (1980), a alta aceitação pelos animais é uma característica compatível apenas com plantas de hábito prostrado, com pontos de crescimento protegidos, que possuem alta tolerância ao pastejo. Exemplos de leguminosas com esse tipo de tolerância ao pastejo são o trevo-branco (*Trifolium repens*) e o amendoim forrageiro (*A. pintoii*, *A. glabrata* e *A. repens*).

Outra teoria a respeito da persistência das leguminosas em pastagens se baseia nas diferenças de contexto evolutivo entre gramíneas e leguminosas. A África é o centro de origem da maioria das espécies tropicais e subtropicais de gramíneas cultivadas.

Durante sua coevolução com herbívoros, especialmente ruminantes, as gramíneas desenvolveram estratégias de adaptação ao pastejo baseadas principalmente em mecanismos de tolerância. Em contraponto, a maioria das leguminosas tropicais tem o seu centro de origem na América Latina e, em virtude do pequeno histórico de pastejo, elas desenvolveram estratégias para lidar predominantemente com herbívoros invertebrados. Como resultado, muitas leguminosas possuem mecanismos de escape e usam parte dos seus produtos fotossintéticos para a produção de compostos secundários, visando a evitar o pastejo (BRISKE, 1996). Embora essa teoria seja bem fundamentada, seu uso não se aplica de forma generalizada a todas as espécies de leguminosas forrageiras tropicais. Há espécies de leguminosas palatáveis com baixos teores de compostos secundários e tolerância ao pastejo igual ou até superior a algumas espécies de gramíneas tropicais (por exemplo, *A. pintoí*).

Os principais mecanismos de persistência apresentados por algumas leguminosas forrageiras tropicais são descritos na Tabela 3. Somente as leguminosas que não dependem exclusivamente da reprodução sexual como mecanismo de perenidade podem ser classificadas como de alta capacidade de persistência em pastos consorciados.

Compatibilidade entre gramíneas e leguminosas

O sucesso no uso de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas não depende exclusivamente da persistência da leguminosa no consórcio. Há muitos exemplos de consórcios em que a leguminosa persiste por muitos anos, porém com baixa participação na composição botânica, por falta de compatibilidade com a gramínea.

A compatibilidade entre gramíneas e leguminosas foi definida por Collins e Rhodes (1989) como sendo a habilidade de duas espécies crescerem juntas e produzirem alta quantidade de forragem, com uma porcentagem de leguminosa suficiente para otimizar os benefícios da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e da qualidade de forragem superior.

Na literatura, são relacionados diversos fatores que determinam a compatibilidade entre espécies: a) hábito de crescimento; b) palatabilidade; c) mecanismos para manutenção da população; d) tolerância à desfolha e ao pisoteio; e) plasticidade morfológica; f) resposta a limitações nutricionais; g) tolerância à seca ou ao excesso de água no solo; h) competição por luz e espaço; i) padrão de sistema radicular; j) outras características inerentes à

Tabela 3. Mecanismos de persistência de algumas leguminosas forrageiras tropicais.

Leguminosa	Mecanismos de perenidade			Mecanismos de adaptação ao pastejo				Potencial de persistência
	Longevidade de plantas originais	Reprodução sexual	Reprodução clonal	Baixa palatabilidade	Porte da planta	Tolerância ao pastejo	Tolerância ao pisoteio	
<i>Leucaena leucocephala</i>	✓	-	-	-	✓	-	-	Alto
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	-	✓	✓	-	-	✓	✓	Alto
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv. Itabela	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	Alto
<i>Pueraria phaseoloides</i>	-	✓	-	Média	-	-	-	Médio
<i>Calopogonium mucunoides</i>	-	✓	-	✓	-	-	-	Médio
Estilosantes Campo Grande	-	✓	-	-	-	Média	Média	Médio
<i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Mineirão	-	Baixa produção de sementes	-	-	-	Média	Média	Baixo
<i>Neonotonia wightii</i>	-	✓	-	-	-	-	-	Baixo

Fonte: Andrade (2010).

planta (ROBERTS, 1982; SPAIN; VILELA, 1990). Porém, o hábito de crescimento das espécies é certamente o mais determinante.

As leguminosas forrageiras tropicais apresentam grande diversidade quanto ao hábito de crescimento, característica importante determinando sua resistência ao pastejo e, conseqüentemente, sua capacidade de persistência e compatibilidade com as diferentes espécies de gramíneas. As leguminosas herbáceas geralmente são classificadas quanto ao seu hábito de crescimento em: a) trepadeiras ou de crescimento volúvel; b) eretas; c) prostradas ou rasteiras. Entre as prostradas, existem espécies não radican-tes, espécies que possuem crescimento estolonífero, como a *A. pintoii*, e outras que são rizomatozas, como a *A. glabrata*. Entretanto, o maior número de espécies estudadas possui o hábito de crescimento volúvel.

No passado, havia a crença de que o hábito de crescimento volúvel de vários gê-neros de leguminosas tropicais (*Calopogonium*, *Centrosema*, algumas espécies de *Desmodium*, *Neonotonia*, *Macroptilium* e *Pueraria*) conferia vantagem em relação às gramíneas tropicais, pelo fato de possibilitar sua escalada ao topo do dossel para assim competir mais eficientemente por luz (MOTT, 1983). Isso explica a grande predominância de leguminosas com hábito de crescimento volúvel nas pesquisas realizadas no Brasil nas décadas de 1970 e 1980 (Figura 1). Entretanto, esse ponto de vista mostrou ser totalmente equivocado quanto à persistência dessas leguminosas sob pastejo, já que essa vantagem somente se concretiza quando o pasto é mantido sem desfolha por longos períodos.

Àquela época, os estudos sob corte já mostravam que as leguminosas eretas ou de hábito de crescimento volúvel eram sensíveis a desfolhas frequentes e severas, e que leguminosas mais prostradas eram favorecidas por desfolhas que reduziam o som-breamento proporcionado pelas gramíneas associadas. Porém, a explicação para essas diferenças se baseava nas características fotossintéticas dos tecidos removidos pelo pastejo. No caso das leguminosas trepadeiras, o pastejo remove a camada superior de talos e folhas jovens, que são os tecidos mais ativos fotossinteticamente. Após sua remoção, segue-se uma longa fase de recuperação, enquanto novos tecidos são produ-zidos a partir dos meristemas inferiores. Já nas espécies prostradas (trevo-branco), são as folhas velhas que são expostas na porção superior do dossel e que, portanto, são removidas pelo pastejo, permitindo que as folhas jovens sejam expostas à radiação.

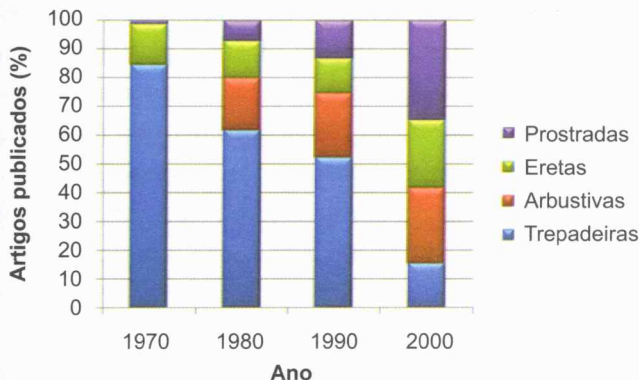


Figura 1. Participação de leguminosas forrageiras tropicais em artigos publicados nos periódicos *Revista Brasileira de Zootecnia* (RBZ) e *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (PAB) nas décadas de 1970 a 2000, conforme o hábito de crescimento.

Fonte: Andrade (2010).

Com isso, altas taxas fotossintéticas são estabelecidas, proporcionando rápida recuperação da desfolha (WHITEMAN, 1980).

O entendimento das diferenças quanto à reação ao pastejo entre leguminosas com hábitos de crescimento contrastantes ficou mais completo depois da publicação do trabalho clássico de Clements (1989), obra em que o autor demonstrou a importância da localização dos pontos de crescimento na planta, determinando sua acessibilidade aos animais em pastejo. O sucesso do trevo-branco em pastos consorciados com o azevém pode ser atribuído, em grande parte, à sua morfologia, que assegura que uma proporção substancial dos pontos de crescimento permaneça abaixo do nível no qual os animais normalmente pastejam (DAVIES, 2001).

A baixa acessibilidade do animal aos pontos de crescimento, a alta densidade de estolões e de raízes, a localização de gemas axilares abaixo do nível do solo ou gemas axilares protegidas quando acima do nível do solo caracterizam um padrão ideal de plantas persistentes, mesmo em condições desfavoráveis de manejo (CURLL; JONES, 1989). Entre as espécies mais estudadas, a *A. pintoí* é, seguramente, a leguminosa forrageira tropical que mais se assemelha a esse padrão, razão pela qual sua proporção no consórcio com espécies de *Urochloa* e *Megathyrus* (Syn. *Panicum*) frequentemente aumenta quando submetida a maiores intensidades de pastejo (Figura 2).

Outro fator importante para a persistência e compatibilidade de leguminosas forrageiras com gramíneas em pastos consorciados é a plasticidade morfológica das espécies (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993), determinando mudanças adaptativas na arquitetura das plantas em resposta ao pastejo e conferindo resiliência ao consórcio. As frustrações com o uso de pastos consorciados no passado foram causadas principalmente pela predominância no uso de leguminosas com hábito de crescimento volúvel (Figura 1) e pela busca por estabilidade da composição botânica do pasto. Na verdade, o que se deve almejar é a resiliência ou elasticidade do pasto, ou seja, sua capacidade de se recuperar após uma perturbação. Quanto mais elástica for a comunidade do pasto, mais fácil será o seu manejo, e ela será mais resistente a eventuais fatores de desequilíbrio, tais como ataque de pragas e doenças, superpastejo ou queima (FISHER et al., 1996; HUMPHREYS, 1991). Mesmo a suposta estabilidade de pastos de azevém e trevo-branco em regiões de clima temperado tem sido descartada, pois ocorrem mudanças frequentes no balanço gramínea/leguminosa com relação ao sítio (*patch*), causadas principalmente pela deposição de fezes e urina pelos animais em pastejo (HODGSON; SILVA, 2000; SCHWINNING; PARSONS, 1996).

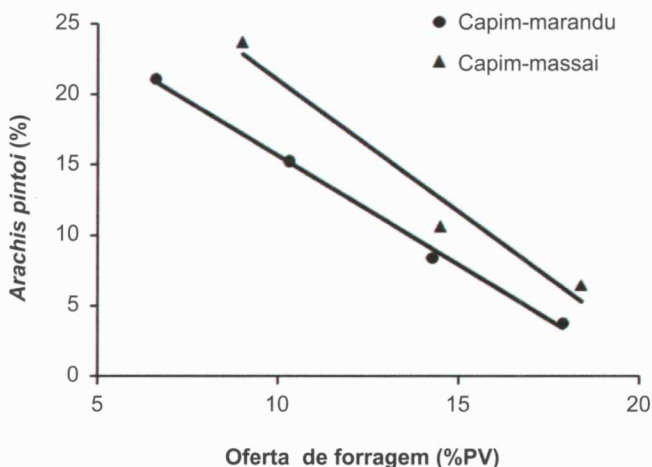


Figura 2. Porcentagem de *Arachis pintoi* em pastos consorciados com diferentes gramíneas, em resposta à oferta de forragem.

Fonte: Andrade et al. (2005).

As leguminosas de crescimento volúvel geralmente são mais compatíveis com gramíneas cespitosas (QUESENBERRY; WOFFORD, 2000). Uma das explicações para isso talvez seja a proteção conferida pela touceira da gramínea contra o pisoteio das

leguminosas. Em pastos consorciados de puerária com cultivares de *M. maximus* na Amazônia, observa-se que a maioria das coroas da leguminosa se encontra localizada próximo da base das touceiras da gramínea. Já o elevado grau de compatibilidade do amendoim forrageiro com as gramíneas do gênero *Cynodon* e com a *U. humidicola*, por exemplo, decorre da semelhança entre as espécies quanto ao hábito de crescimento como também quanto ao mecanismo de perenização (reprodução clonal).

Embora as combinações binárias de gramíneas e leguminosas sejam geralmente classificadas em compatíveis ou incompatíveis, na prática, tem-se observado a existência de diversos graus de compatibilidade nos consórcios já testados. Andrade (2010) apresentou uma proposta para melhor discriminar o grau de compatibilidade dos consórcios, baseada na análise de dois fatores importantes para determinar a persistência e compatibilidade das espécies no consórcio: a “harmonia” entre a gramínea e a leguminosa, e a resiliência do consórcio (Tabela 4). A “harmonia” se refere ao grau de equilíbrio atingido pelo consórcio, mesmo que momentâneo (6 a 12 meses). É determinada, principalmente, pela compatibilidade do hábito de crescimento e pela plasticidade morfológica das plantas. Já a resiliência se refere à capacidade de o consórcio restaurar o equilíbrio anterior, após sofrer algum tipo de distúrbio. É influenciada, principalmente, pelos mecanismos de perenização das espécies.

Exemplo de um consórcio incompatível, com baixa harmonia e resiliência entre os componentes, é a associação da grama-estrela com a puerária. No Acre, a introdução da gramínea em áreas dominadas pela puerária resultou na exclusão da leguminosa da pastagem em poucos anos. De modo geral, as leguminosas de hábito de crescimento volúvel têm grande dificuldade de conviver com gramíneas prostradas e estoloníferas, especialmente quando manejadas sob lotação rotacionada.

Tabela 4. Grau de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas em pastos consorciados, com base na harmonia entre as espécies ou cultivares e na resiliência do consórcio.

“Harmonia”	Resiliência	
	Baixa	Alta
Baixa	Consórcio incompatível	Consórcio persistente
Alta	Consórcio instável	Compatibilidade perfeita

Fonte: Andrade (2010).

O *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão é uma leguminosa que consegue formar consórcios harmônicos com gramíneas do gênero *Urochloa*, porém com baixa resiliência em virtude de sua pequena produção de sementes, afetando sua persistência na pastagem (consórcio instável), já que essa leguminosa depende exclusivamente da ressemeadura natural como mecanismo de perenidade. O contrário ocorre com os pastos consorciados de puerária com cultivares de *M. maximus* no Acre. Há vários exemplos de persistência da leguminosa por períodos superiores a dez anos nesses pastos, porém constituindo consórcios com baixa harmonia, com menos de 10% de participação da leguminosa (consórcio persistente). Entretanto, se a pastagem for vedada por um longo período, o que se observa é o completo domínio da leguminosa no consórcio. Outro exemplo de consórcio persistente, mas pouco harmônico, é aquele constituído pelo calopogônio com várias espécies de *Urochloa*.

A existência de compatibilidade perfeita entre gramíneas e leguminosas tropicais, o que parecia impossível até poucos anos, já é realidade para alguns consórcios. A leguminosa *A. pintoi* cv. Belmonte tem conseguido constituir consórcios harmônicos e persistentes com algumas gramíneas prostradas e estoloníferas, tais como a grama-estrela e a *U. humidicola*. Nas situações em que a leguminosa domina inicialmente o estande, como durante a reforma manual de pastagens degradadas de capim-marandu, via plantio de mudas dessas espécies, o equilíbrio do consórcio é atingido alguns anos mais tarde, com o aumento da disponibilidade de N no solo decorrente da FBN pela leguminosa. Em outras situações, quando o equilíbrio entre as espécies é afetado pelo ataque de pragas (por exemplo, as cigarrinhas-das-pastagens), este é prontamente restabelecido assim que a gramínea se recupera dos danos.

Ideótipos de gramíneas para consórcio

Qual é a importância de conhecermos as características de determinada forrageira relacionada com sua compatibilidade com outras forrageiras? É possível identificar um ideótipo de gramínea forrageira para consorciar com uma leguminosa forrageira? Qual seria o papel desse ideótipo no melhoramento de plantas forrageiras para uso em consórcio? A identificação desse ideótipo poderia substituir a avaliação dessas forrageiras em consórcio no desenvolvimento de cultivares?

Esses são alguns questionamentos que advêm da análise do tema deste artigo. Conforme discutido na introdução, a avaliação das espécies forrageiras em consórcio e sob pastejo é algo imprescindível em qualquer programa de melhoramento, visando ao desenvolvimento de cultivares para uso em pastos consorciados. Em razão da complexidade de fatores envolvidos na compatibilidade entre espécies forrageiras, mesmo que sejamos capazes de identificar as características que uma gramínea forrageira ideal (ideótipo) tenha de possuir para constituir um consórcio compatível com uma leguminosa – o que não é uma tarefa fácil –, ainda assim não poderíamos apenas selecionar genótipos com base no ideótipo, em substituição à avaliação do consórcio sob pastejo. A compatibilidade entre duas espécies forrageiras depende, além das características dessas espécies, da inter-relação com o ambiente onde estão inseridas e da interferência causada pelos animais em pastejo por meio da desfolha, do pisoteio, da deposição de fezes e urina, e da dispersão de sementes (CURLL; JONES, 1989). Portanto, ideótipo de gramínea é algo muito específico, havendo um ideótipo para cada espécie ou cultivar de leguminosa.

Qual seria então o papel do ideótipo de gramínea num programa de melhoramento de forrageiras para uso em pastos consorciados? Há pelo menos duas situações em que esse conhecimento seria útil. A primeira seria na pré-seleção de espécies ou cultivares de gramíneas apropriadas para melhoramento de determinada leguminosa. Por exemplo, qual seria a gramínea ideal para testar genótipos de *Stylosanthes guianensis* sob pastejo, visando ao uso em pastos consorciados na região do Cerrado? O uso de uma gramínea pouco compatível com a espécie de leguminosa poderia induzir os melhoristas a erros na identificação de genótipos superiores. Outra situação onde o conhecimento sobre o ideótipo seria importante: a seleção inicial de genótipos de determinada espécie, ou de espécies de determinado gênero, para melhoramento visando ao uso em consórcio. Por exemplo, em um programa de melhoramento de gramíneas do gênero *Paspalum*, poder-se-ia selecionar genótipos ou espécies que mais se aproximam do ideótipo de gramínea para consórcio com a leguminosa *Arachis pintoi*, para iniciar um subprograma de desenvolvimento de cultivares para uso em consórcio com essa leguminosa.

Quais seriam então as características das gramíneas mais determinantes para sua compatibilidade com leguminosas forrageiras? Conforme discutido anteriormente, esse é um tema raramente tratado na literatura, principalmente sobre forrageiras tropicais. Como as leguminosas forrageiras tropicais sempre foram consideradas o “componente mais fraco” no consórcio, em virtude dos problemas de persistência do passado, as pesquisas sempre procuraram enfatizar as características das leguminosas que pode-

riam lhe assegurar maior persistência. O que será apresentado a seguir é uma tentativa de relacionar algumas características das gramíneas associadas com sua compatibilidade com espécies de leguminosas, tentativa baseada em informações da literatura e na experiência do autor com alguns consórcios. Essas características podem ser separadas em características morfológicas e fisiológicas, sendo ambas fortemente influenciadas pelo ambiente (estresses ambientais) e por práticas de manejo da pastagem, especialmente as fisiológicas. Por essa razão, considera-se que as características morfológicas das gramíneas são as mais determinantes de sua compatibilidade com as leguminosas forrageiras.

Características morfológicas

De acordo com Moser e Jennings (2007), a morfologia de uma planta se refere à estrutura e ao arranjo das partes da planta. A arquitetura da parte aérea de uma planta é determinada por diversas características morfológicas (hábito de crescimento, altura, densidade de perfilhos, ângulo foliar, largura das folhas, índice de área foliar, etc.), além da forte influência que a planta sofre na forma como é utilizada (regime de desfolha). A morfologia do sistema radicular das plantas é uma característica também importante, determinando as relações competitivas por água e nutrientes (HAYNES, 1980). Entretanto, não existem muitas evidências na literatura de diferenças de compatibilidade de gramíneas com leguminosas em razão da morfologia do sistema radicular das gramíneas (o que talvez se explique pela falta de estudos a respeito). Para o propósito dessa discussão, vamos nos concentrar em três características da parte aérea das gramíneas.

O hábito de crescimento da gramínea é uma característica de grande influência no grau de compatibilidade com leguminosas. As leguminosas de crescimento volúvel geralmente são mais compatíveis com gramíneas cespitosas (QUESENBERRY; WOFFORD, 2000). Conforme discutido anteriormente, uma das explicações para isso talvez seja a proteção conferida pela touceira da gramínea contra o pisoteio das leguminosas, já que essas plantas são bastante sensíveis ao pisoteio. Em pastagens constituídas por gramíneas cespitosas (*bunchgrasses*), os animais tendem a caminhar entre as touceiras das gramíneas (FISHER, 1989). Entretanto, a área próxima da base das touceiras geralmente se constitui num sítio de proteção contra o pisoteio (e nesses locais também se observa a maioria das coroas de leguminosas trepa-

deiras). É provável que esse ambiente também confira proteção contra o pisoteio das plântulas das leguminosas, favorecendo a reposição de plantas no pasto consorciado. Já as leguminosas prostradas são mais compatíveis com gramíneas com hábito de crescimento semelhante (*sod-forming grasses*), permitindo uma distribuição espacial (horizontal e verticalmente) de plantas mais homogênea no dossel.

A altura de uma planta é considerada sua característica mais importante, determinando a habilidade que tem de competição por luz (HAYNES, 1980). Geralmente, leguminosas prostradas apresentam maior grau de compatibilidade com gramíneas de menor porte (mais baixas) e, quando consorciadas com gramíneas de porte alto, são favorecidas por pastejos mais frequentes e intensos, que diminuem a competitividade por luz das gramíneas (Figura 2). No caso das leguminosas com hábito de crescimento volúvel, a altura da gramínea é uma característica morfológica menos determinante de sua compatibilidade, em virtude da habilidade que possuem de crescer, escalando os perfilhos das gramíneas para posicionar suas folhas em camadas do dossel com maior disponibilidade de radiação.

As plantas de gramíneas são constituídas por um conjunto de perfilhos arranjados de forma variada, dependendo, principalmente, do hábito de crescimento. Entretanto, gramíneas com mesmo hábito de crescimento apresentam diferenças marcantes quanto à densidade e ao arranjo dos perfilhos no dossel. Essas diferenças, embora pouco estudadas, aparentemente são muito importantes para a compatibilidade das gramíneas com diferentes espécies de leguminosas. Geralmente, gramíneas cujas plantas são constituídas por perfilhos arranjados mais densamente apresentam menor grau de compatibilidade com diferentes espécies de leguminosas, especialmente aquelas que dependem exclusivamente da ressemeadura natural, por causa do maior grau de competição por luz que essas gramíneas exercem sobre as plântulas das leguminosas.

Características fisiológicas

Gramíneas com maior potencial de crescimento são, de modo geral, mais difíceis de consorciar com leguminosas, especialmente quando as condições ambientais (disponibilidade de luz, água e nutrientes) são favoráveis ao crescimento das gramíneas (HAYNES, 1980). Entretanto, além do ambiente, essa é uma característica que também sofre forte influência de outros fatores (hábito de crescimento, palatabilidade da

leguminosa, manejo do pastejo, etc.) na determinação da compatibilidade de gramíneas e leguminosas. Assim, duas gramíneas com o mesmo potencial de crescimento, num mesmo ambiente, podem apresentar graus diferenciados de compatibilidade com uma espécie de leguminosa, dependendo do seu hábito de crescimento e do manejo imposto à pastagem. Por exemplo, a grama-estrela e o capim-marandu são gramíneas com potencial de crescimento semelhante. Apesar disso, a primeira apresenta maior grau de compatibilidade com o amendoim forrageiro. Do mesmo modo, uma gramínea com maior potencial de crescimento pode apresentar maior grau de compatibilidade com uma determinada leguminosa do que outra com menor potencial de crescimento, dependendo de seu hábito de crescimento.

As leguminosas forrageiras tropicais, de modo geral, são plantas que apresentam lento estabelecimento. Por essa razão, é mais fácil o estabelecimento de um pasto consorciado com gramíneas que também apresentam menor velocidade de estabelecimento ou por meio do uso de práticas de manejo que diminuam a competitividade da gramínea nessa etapa (menor taxa de semeadura, plantio retardado, etc.).

Há pelo menos duas situações em que a tolerância ao sombreamento da gramínea é importante para sua compatibilidade com leguminosas forrageiras tropicais. A primeira é no consórcio com leguminosas arbustivas, como a leucena. Nos sistemas em que a leguminosa é plantada em linhas e as gramíneas, nas faixas entre as linhas da leguminosa, a competição por luz pela leguminosa é maior nas áreas próximas das linhas de plantio. Assim, é desejável que as gramíneas sejam tolerantes ao sombreamento para que seu crescimento nesses locais não seja muito prejudicado. O uso de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas herbáceas em sistemas silvipastoris é outra situação em que as espécies devem ser tolerantes ao sombreamento.

O capim-marandu é uma gramínea difícil de consorciar com leguminosas, a ponto de Barcellos et al. (2001) não recomendarem a consorciação do *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão com essa gramínea. Os estudos mostram que a compatibilidade da referida leguminosa com o capim-marandu é menor do que com outras gramíneas forrageiras (ALMEIDA et al., 2003; ANDRADE et al., 2003). Resultados semelhantes têm sido verificados com outras leguminosas forrageiras, como o *Calopogonium mucunoides* (EUCLIDES et al., 1998). Colozza et al. (2001) também constataram que a presença de leguminosas (mistura de *C. mucunoides*, *Galactia striata*, *Macrotyloma axillare*, *Neonotonia wightii* e *S. guianensis*) foi menor na consorciação com o capim-

marandu (16%) do que com o *M. maximus* cv. Tanzânia (34%) ou com a *Setaria sphacelata* cv. Kazangula (30%). Esse fato tem sido atribuído à agressividade do capim-marandu (BARCELLOS et al., 2001) e, também, ao possível efeito alelopático dessa gramínea sobre as leguminosas (ALMEIDA et al., 2003; SOUZA FILHO et al., 2000). Entretanto, embora em laboratório seja relativamente fácil demonstrar os efeitos inibidores de alguns extratos de plantas sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas, é difícil separar a competição por recursos dos componentes alelopáticos da interferência, principalmente a campo (HUMPHREYS, 1994; SEIGLER, 1996). Por essa razão, embora existam evidências de que a alelopatia possa ser um fator decisivo para reduzir a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas, é provável que esta seja uma interferência mais significativa nos processos de reposição de plantas das leguminosas, nos pastos consorciados, por meio da inibição da germinação e do desenvolvimento das plântulas.

Considerações finais

As perspectivas para as próximas décadas, com um cenário de mudanças climáticas em proporção global, elevação dos preços do petróleo, mudanças na matriz energética, controle das emissões de gases de efeito estufa, crescimento do nível de renda nos países em desenvolvimento e aumento da demanda mundial por alimento, justificam plenamente o investimento em pesquisas voltadas para a ampliação da produção de ruminantes em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas. Essa é uma das tecnologias que refletem de forma mais clara a filosofia de produção pecuária sustentável tanto nas regiões tropicais quanto nos países de clima temperado (ANDRADE, 2010).

No Brasil, os pastos consorciados de gramíneas e leguminosas já são uma realidade em diversas regiões e deverão conquistar, ano a ano, maior grau de importância. O conhecimento sobre a tecnologia evoluiu bastante nas duas últimas décadas, mas ainda há a necessidade de um esforço mais concentrado por um maior número de grupos de pesquisa, especialmente nas universidades. Na verdade, muitas universidades brasileiras praticamente abandonaram suas linhas de pesquisa sobre o uso de pastos consorciados entre as décadas de 1990 e 2000. Sem o envolvimento dessas instituições, especialmente no aprofundamento de estudos básicos sobre novas estratégias para o melhoramento genético de espécies forrageiras para uso em pastos con-

sorciados, a ecologia das nossas cultivares de gramíneas e leguminosas em consórcio e estratégias de manejo do pastejo dos consórcios compatíveis, entre outros fatores, não será possível darmos o passo definitivo para a ampliação consistente no uso dessa tecnologia. Também há necessidade de realizar mais eventos científicos sobre o tema, visando à troca de experiências entre os diversos grupos de pesquisa que têm trabalhado de forma isolada.

Referências

- ALMEIDA, R. G.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; FONECA, D. M.; BRÂNCIO, P. A.; GARCEZ NETO, A. F. Disponibilidade, composição botânica e valor nutritivo da forragem de pastos consorciados, sob três taxas de lotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 36-46, 2003.
- ANDRADE, C. M. S. **Estratégias de manejo do pastejo para pastos consorciados na Amazônia Ocidental**. 2004. 159 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- 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: Ed. da UFV, 2010. p. 171-214.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.
- 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.; VALENTIM, J. F.; FERREIRA, A. S. Seleção de leguminosas forrageiras sob pastejo no Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia: Unesp - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007. 1 CD ROM.
- BARCELLOS, A. O.; ANDRADE, R. P.; KARIA, C. T.; VILELA, L. 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.; VILELA, L. Leguminosas forrageiras tropicais: estado de arte e perspectivas futuras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, 1994, Maringá. **Anais... Maringá: Eduem, 1994.** p. 1-56.
- BUSKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. **Grazing management: an ecological perspective.** Portland: Timber Press, 1991. p. 85-108.
- BUSKE, D. D. Plant interactions. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. **Forages: the science of grassland agriculture.** 6. ed. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 105-122.
- BUSKE, D. D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. **The ecology and management of grazing systems.** Wallingford: CAB International, 1996. p. 37-67.
- CARADUS, J. R.; WILLIAMS, W. M. Breeding for legume persistence in New Zealand. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F.; BROUGHAM, R. J. C.; SHEATH, W. **Persistence of forage legumes.** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 523-537.
- CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 95-104.
- CLEMENTS, R. J. Rates of destruction of growing points of pasture legumes by grazing cattle. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. **Proceedings...** Paris, FR: French Grassland Society, 1989. p. 1027-1028
- COLLINS, R. P.; RHODES, I. Yield of white clover populations in mixtures with contrasting perennial ryegrass. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 44, p. 111-115, 1989.
- COLMAN, R. L.; LESLIE, J. K. The ninth International Grassland Congress and tropical grasslands. **The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Sidney, v. 32, p. 261-170, 1966.
- COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C.; GERDES, L.; CARVALHO, J. C.; GERDES, L. Disponibilidade de forragem e concentração de nitrogênio em capins consorciados ou não com leguminosas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM.
- CURLL, 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. (Ed.). **Persistence of forage legumes.** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 339-357.

- DAVIES, A. Competition between grasses and legumes in established pastures. In: TOW, P. G.; LAZENBY, A. **Competition and succession in pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 63-83.
- EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 238-245, 1998.
- FISHER, M. J. Discussion. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. (Ed.). **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 308.
- FISHER, M. J.; CRUZ, P. Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoii*. In: KERRIDGE, P. C. **Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis***. Cali: Ciat, 1995. p. 56-75.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J.; LASCANO, C. E. Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 393-425.
- FISHER, M. J.; THORNTON, P. K. Growth and competition as factors in the persistence of legumes in pastures. In: MARTEN, G. C.; BROUGHAM, R. W.; CLEMENTS, R.; BARNES, R.; ROBERT, F. **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 293-308.
- FORDE, M. B.; HAY, M. J. M.; BROCK, J. L. Development and growth characteristics of temperate perennial legumes. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. (Ed.). **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 91-108.
- HAYNES, R. J. Competitive aspects the grass-legume association. **Agronomy Journal**, Madison, v. 33, p. 227-261, 1980.
- HILL, J. Breeding components for mixture performance. **Euphytica**, Wageningen, v. 92, p. 135-138, 1996.
- HODGSON, J.; SILVA, S. C. Sustainability of grazing systems: goals, concepts and methods. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 1-13.
- HUMPHREYS, L. R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. **Tropical Grasslands**, Queensland, v. 14, n. 3, p. 153-158, 1980.
- HUMPHREYS, L. R. **Tropical forages: their role in sustainable agriculture**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1994. 414p.
- HUMPHREYS, L. R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206 p.

- JONES, R. M.; CARTER, E. D. Demography of pastures legumes. In: MARTEN, G. C. (Ed.). **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 139-156.
- KRETSCHMER, A. E. J. R. General discussion of plant-animal interface. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 395.
- LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L. Studies of the productivity of tropical pasture plants. II. Growth, photosynthesis, and respiration of 20 species of grasses and legumes in a controlled environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 21, p. 183-194, 1970.
- MOSER, L. M.; JENNINGS, J. A. Grass and legume structure and morphology. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M. **Forages: the science of grassland agriculture**. 6. ed. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 15-35.
- 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.
- QUESENBERRY, K. H.; WOFFORD, D. S. Tropical forage legume breeding. In: SOTOMAYOR-RIOS, A.; PITMAN, W. D. **Tropical forage plants: development and use**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 81-105.
- ROBERTS, C. R. Algumas causas comuns dos fracassos das pastagens tropicais de leguminosas e gramíneas em fazendas comerciais e as possíveis soluções. In: SÁNCHEZ, P. A.; TERGAS, L. E.; SERRÃO, E. A. S. **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília, DF: Ciat/Embrapa, 1982. p. 433-452.
- SALES, M. F. L.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. Introdução e avaliação de acessos de amendoim forrageiro em Rio Branco, Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.
- SCHWINNING, S.; PARSONS, A. J. A spatially explicit population model of stoloniferous N-fixing legumes in mixed pastures with grass. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, p. 815-826, 1996.
- SEIGLER, D. S. Chemistry and mechanisms of allelopathic interactions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 876-885, 1996.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M.; DUTRA, S. Variações na atividade potencialmente alelopática do capim-marandu em função do estágio de desenvolvimento das plantas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROM.

SPAIN, J. M. O uso de leguminosas herbáceas nas pastagens tropicais. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba: Fealq, 1995. p. 275-299.

SPAIN, J. M.; VILELA, L. Perspectivas para pastagens consorciadas na América Latina nos anos 90 e futuros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p. 101-119.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S.; MENDONÇA, H. A.; SALES, M. F. L. Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1569-1577, 2003. Suplemento.

WHITEMAN, P. C. **Tropical pasture science**. New York: Oxford University Press, 1980. 392 p.