© FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS
LUIZ DE QUEIROZ — FEALQ

Av. Centenário, 1080
13416-000 Piracicaba, SP, Brasil

Fone: 19-3417-6600
Fax: 19-3422-2755

livros@fealq.org.br
fealq.org.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO – ESALQ/USP

Simpósio sobre Manejo da Pastagem (26 : 2011 : Piracicaba, SP)
A empresa pecuária baseada em pastagens; anais.... / edição de Carlos Guilherme Silveira Pedreira, José Carlos de Moura e Vidal Pedroso de Faria. - - Piracicaba: FEALQ, 2011.
320 p. : il.

Bibliografia.

ISSN 2175-0823

1. Indústria pecuária - Congressos 2. Pastagens - Manejo - Congressos I. Pedreira, C. G. S., ed. II. Moura, J. C. de, ed. III Faria, V. P. de, ed. V. Título

CDD 636.08422
S612e

ISSN 2175-0823

As revisões técnica, ortográfica, de digitação e ordenação de cada capítulo são de responsabilidade de seu(s) respectivo(s) autor(es).

Nenhuma parte desta obra poderá ser traduzida, reproduzida, armazenada ou transmitida por meio eletrônico, mecânico, de fotocópia, de gravação e outros sem autorização da Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz — FEALQ.

Pv 1302
2011/280
24111

03.08.06.010.00.00

Sumário

A empresa agropecuária no Brasil: atualidade e perspectivas 7
FERNANDO C. PERES

Estratégias de intensificação em pecuária de corte: da pecuária extensiva à adubação de pastagens e integração lavoura-pecuária 29
ALEXANDRE LAHÓZ MENDONÇA DE BARROS
EDUARDO MENEGUELI PEREIRA
JOSÉ CARLOS O'FARRIL VANNINI HAUSKNECHT
JALME DE SOUZA FERNANDES JUNIOR
MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES

Viabilidade econômica do confinamento 51
RICARDO BÜRGI

Orçamentação forrageira: revisitando os conceitos e atualizando as ferramentas 71
LUÍS GUSTAVO BARIONI
FELIPE TONATO
TIAGO ZANETT ALBERTINI

Dimensão econômica da integração lavoura-pecuária 97
GERALDO B. MARTHA JR.
LOURIVAL VILELA
DARLIANE DE CASTRO SANTOS

Tecnologias para intensificação da produção animal em pastagens: fertilizantes x leguminosas 111
CARLOS MAURICIO SOARES DE ANDRADE
ALIEDSON SAMPAIO FERREIRA
LUIS HENRIQUE EBLING FARINATTI

Tecnologias para intensificação da produção animal em pastagens: fertilizantes x leguminosas

Carlos Mauricio Soares de Andrade[1]
Aliedson Sampaio Ferreira[2]
Luis Henrique Ebling Farinatti[3]

Introdução

A intensificação da produção de ruminantes em pastagens pode ser alcançada por meio de qualquer tecnologia capaz de aumentar a produtividade animal (kg de produto animal/ha de pastagem). Essas tecnologias podem ser representadas tanto por insumos (sementes, fertilizantes, pesticidas, suplementos alimentares, etc.) quanto por práticas agropecuárias (estação de monta, pastejo rotativo etc.) ou ações gerenciais (controle zootécnico, por exem-

1. Pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, mauricio@cpafac.embrapa.br
2. Estudante de Doutorado da Esalq/USP, Piracicaba, São Paulo, aliedson@esalq.usp.br
3. Pesquisador visitante da Embrapa Acre, bolsista de pós-doutorado do CNPq, Rio Branco, Acre, tutafarinatti@hotmail.com

plo) que proporcionem ganhos de eficiência nas diferentes etapas da produção animal em pastagem. A intensificação da pecuária brasileira nas últimas décadas é incontestável, conforme pode ser observado pela evolução das taxas de lotação das pastagens em todas as regiões do Brasil (Tabela 1). Isso permitiu que o crescimento dos rebanhos fosse maior do que a expansão da área de pastagens, evitando a incorporação de 213 milhões de hectares para a produção pecuária entre 1975 e 2006, especialmente nas regiões Norte e Centro-Oeste (Valentim & Andrade, 2009). As principais tecnologias responsáveis por essa intensificação foram a substituição das pastagens naturais por pastagens cultivadas com uso de gramíneas forrageiras melhoradas, além do uso de técnicas de manejo do pastejo (pastejo rotativo, por exemplo), de manejo nutricional dos rebanhos (suplementação mineral, complementação alimentar nos períodos de escassez de forragem, etc.) e de melhoramento genético animal (Andrade, 2010).

Apesar dessa evolução, os níveis de produtividade na maioria desses sistemas de produção ainda são baixos (Euclides & Euclides Filho, 2001; Assis et al., 2005) e o grau de degradação das pastagens continua muito elevado (Dias-Filho, 2011). Por exemplo, a capacidade de suporte potencial das pastagens tropicais é de aproximadamente 12,5 UA/ha, considerando taxa de acúmulo de matéria seca de 200 kg/ha/dia, eficiência de utilização de 70% e consumo de matéria seca equivalente a 2,5% do peso vivo animal (11,25 kg/UA/dia). Com a taxa de lotação atual das pastagens brasileiras (0,94 UA/ha) equivalente a apenas 7,5% da capacidade de suporte potencial, não é difícil perceber o quanto as pastagens brasileiras ainda são pouco produtivas. Uma das principais causas dessa baixa produtividade é um problema crônico que aflige as pastagens brasileiras há décadas, a "fome de nitrogênio". Os estudos mostram que o déficit anual de nitrogênio (N) em pastagens de gramíneas tropicais não-adubadas varia de 60 a 125 kg/ha (Myers & Robbins, 1991; Thomas, 1992; Cadisch et al., 1994). Para maiores detalhes sobre as causas da baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos sob pastagens tropicais há várias publicações que podem ser consultadas (Myers & Robbins, 1991; Wedin, 1996; Urquiaga et al., 1998; Boddey et al., 2004; Dubeux et al., 2007).

As taxas de acúmulo de matéria seca obtidas em pastagens de braquiária com idade superior a 5 anos, e que nunca receberam adubação nitrogenada de manutenção, geralmente variam de 25 a 40 kg/ha/dia nas épocas mais favoráveis ao crescimento do pasto (Tabela 2), valores que representam aproximadamente 10% a 20% do potencial produtivo destas gramíneas e que são compatíveis com capacidades de suporte de apenas 0,8 a 1,6 UA/ha (na época das chuvas). Nas épocas menos favoráveis ao crescimento do pasto (inverno ou estação seca), geralmente ocorre redução de 50 a 80% nas taxas de acúmulo de MS, dependendo do clima da região. Portanto, as taxas de lotação das pastagens nas diversas regiões do Brasil (Tabela 1) são compatíveis com a baixa produtividade de pastagens de gramíneas não-adubadas com nitrogênio (Tabela 2). Outra constatação explícita nos dados apresentados na Tabela 2, com resultados de estudos feitos de norte a sul do Brasil, é que não é possível aumentar a produtividade dessas pastagens sem a correção da deficiência de N no solo. Portanto, a adoção de alternativas para diminuir a "fome de nitrogênio" das nossas pastagens é fundamental para a intensificação da produção de ruminantes no Brasil, com aumento da longevidade das pastagens e melhoria dos indicadores produtivos da pecuária.

No presente artigo, as duas principais alternativas para suprimento de nitrogênio ao ecossistema da pastagem visando à intensificação da produção de ruminantes em pastejo (adubação nitrogenada e uso de pastos consorciados com leguminosas forrageiras)

Tabela 1. Evolução das taxas de lotação[1] das pastagens no Brasil entre 1975 e 2006.

Região	1975	1985	1996	2006	Variação 1975-2006
	UA/ha				
Sul	0,88	0,96	1,01	1,18	18%
Nordeste	0,60	0,62	0,68	0,81	35%
Sudeste	0,57	0,66	0,73	0,94	64%
Norte	0,34	0,35	0,55	0,97	187%
Centro-Oeste	0,30	0,45	0,59	0,91	201%
Brasil	0,51	0,58	0,66	0,94	83%

[1] Considerando bovinos, bubalinos, ovinos, caprinos e equídeos.
Fonte: Valentim & Andrade (2009).

Tabela 2. Taxas de acúmulo de matéria seca em pastagens de braquiária com idade superior a 5 anos, em resposta à adubação de manutenção, em diversas regiões do Brasil.

Local / Adubação	Paraná[1]	Goiás[2]	Roraima[3]	Acre[4]	Média
	Taxa de acúmulo de MS (kg/ha/dia)				
Nenhuma	39,5	26,5	25,9	32,3	31,1
Com P	45,2	25,9	38,3	33,5	35,7
Com K	40,0	26,7	35,0	33,2	33,7
Com N	88,2	40,9	33,4	88,7	62,8
Com NPK	105,6	82,4	90,1	140,0	104,5

Fonte: [1]Fernandes et al. (2003); [2]Oliveira et al. (2001); [3]Andrade & Braga (2005); [4]Andrade et al. (2010a).

serão discutidas da seguinte forma. Inicialmente será feita uma breve análise, sob uma perspectiva histórica, sobre a adoção dessas tecnologias em várias partes do Mundo. Em seguida as duas tecnologias serão comparadas com base na sua eficiência bioeconômica e, também, considerando a ecoeficiência, uma abordagem emergente cada vez mais utilizada nos dias atuais. Por fim, serão discutidos os fatores mais importantes para o sucesso no uso de pastos consorciados em regiões tropicais.

Adubação nitrogenada e uso de leguminosas em pastagens

A percepção da importância do nitrogênio para a intensificação da produção animal em pastagens ocorreu durante a primeira metade do século XX. Desde então, pesquisadores e pecuaristas vêm enfrentando um dilema sobre a forma mais eficiente e barata de adicionar N aos sistemas de produção: adubar pastos exclusivos de gramíneas com fertilizantes nitrogenados ou utilizar pastos consorciados de gramíneas e leguminosas forrageiras? A dinâmica da adoção destas duas tecnologias variou ao longo do tempo nos principais países produtores de carne e leite.

Nos Estados Unidos e na Europa, até a década de 1950 a maioria dos sistemas de produção de bovinos utilizava pastagens mistas, constituídas por várias espécies de gramíneas e leguminosas. Com a expansão da capacidade industrial destes países após a segunda

Guerra Mundial, houve grande aumento na disponibilidade dos fertilizantes nitrogenados. Os baixos preços desses fertilizantes na década de 1960 e os fartos subsídios agrícolas recebidos dos governos levaram a maioria dos produtores ao uso de doses elevadas de fertilizantes nitrogenados em suas pastagens, com uso decrescente de leguminosas forrageiras em consórcio com gramíneas. Nos últimos 15 anos, tem havido uma renovação do interesse pelo uso de pastos consorciados com leguminosas, motivada pelo crescimento das preocupações com a poluição ambiental causada pelos sistemas de produção intensivos destes países, juntamente com a elevação dos custos da adubação nitrogenada devido ao aumento dos preços do petróleo e derivados e a paulatina remoção dos subsídios agrícolas (Humphreys, 1997; Rochon et al., 2004; Nelson & Burns, 2006).

Na Austrália e Nova Zelândia o uso de pastos consorciados com leguminosas foi predominante até o início da década de 1990. Por exemplo, Gramshaw et al. (1989) apresentam estimativa de que as leguminosas forrageiras estavam presentes em 80% das pastagens cultivadas na Austrália em 1987. Desde então, estes países iniciaram forte investimento em sistemas intensivos, especialmente na pecuária leiteira, com adoção crescente da adubação nitrogenada, mesmo em pastos consorciados. Na Nova Zelândia, o uso de altas doses de fertilizantes nitrogenados, juntamente com o surgimento na década de 1990 de um inseto-praga (*Sitona lepidus*) que causa danos severos no trevo-branco (*Trifolium repens*), tem causado forte redução na participação dessa leguminosa nas pastagens neozelandesas. Nos últimos anos, entretanto, a forte elevação dos preços dos fertilizantes nitrogenados tem feito os pecuaristas destes países repensarem o papel das leguminosas nas pastagens (Woodfield & Clark, 2009).

E no Brasil, qual foi a opção adotada pelos pecuaristas? A resposta é nenhuma das duas. Ainda hoje a maioria dos nossos sistemas de criação de bovinos se baseia em pastagens de *Brachiaria* subnutridas em nitrogênio, com baixa capacidade de suporte (Tabelas 1 e 2). Na era do petróleo barato, entre as décadas de 1960 e 1990, o uso de fertilizantes nitrogenados nas pastagens brasileiras foi mínimo, principalmente pela falta de condições favoráveis para

a intensificação dos sistemas de produção em pastagens. Alguns fatores responsáveis por isso foram: a) abundância de terras para expansão da atividade por meio da formação de novas áreas de pastagens, principalmente nas fronteiras agrícolas do Cerrado e Amazônia; b) falta de conhecimento técnico por parte dos produtores sobre a eficiência técnica e econômica da intensificação; c) assistência técnica escassa e pouco qualificada; d) insipiência da ciência animal no País. Além disso, o preço dos fertilizantes nitrogenados sempre foi mais elevado no Brasil do que nos principais países produtores de carne e leite, principalmente por causa dos custos com transporte, já que o Brasil ainda hoje é grande importador de fertilizantes nitrogenados. Por exemplo, na década de 1960 os preços dos fertilizantes nitrogenados no Brasil eram 50% mais caros do que na Austrália (Colman & Leslie, 1966). Nos últimos 20 anos, tem crescido a taxas modestas a adoção da adubação nitrogenada nas pastagens, especialmente nas regiões de terras mais valorizadas, onde a relação de preços entre os produtos de origem animal e os fertilizantes nitrogenados é mais favorável. Mesmo nessas regiões, o nível de adoção atual da tecnologia ainda é muito baixo quando comparado àquele observado nos Estados Unidos e na Europa, por exemplo.

A adubação nitrogenada em pastagens é uma tecnologia que ainda não decolou no Brasil por razões sócio-econômicas e não por questões técnicas. Desde a década de 1970 existe pouca divergência na comunidade científica brasileira sobre a eficiência técnica da adubação nitrogenada em pastagens. No caso do uso de pastos consorciados com leguminosas, a situação é exatamente o inverso. O histórico do desenvolvimento da tecnologia no País é recheado de controvérsias por parte da comunidade científica. A existência de uma corrente "anti-leguminosa" entre os pesquisadores da América Latina foi percebida por Colman & Leslie (1966) já na década de 1960, durante o 9º Congresso Internacional de Pastagens, ocorrido em 1965 no Brasil, o primeiro a ser realizado nos trópicos. De acordo com os autores, o tópico mais controverso foi o mérito relativo de sistemas baseados em pastos consorciados comparados com sistemas baseados em pastos de gramíneas adubados com nitrogênio. O pessimismo sobre o uso de pastos consorciados foi atri-

buído à baixa persistência das leguminosas sob pastejo e à grande influência dos pesquisadores norte-americanos e europeus sobre as linhas de pesquisa com pastagens no Brasil. Entretanto, apesar do ceticismo e do abandono desta linha de pesquisa por muitos pesquisadores, percebe-se que houve uma evolução consistente no desenvolvimento da tecnologia nas últimas duas décadas. Muitos mitos do passado estão sendo deixados para trás e as pesquisas estão mais focadas em espécies de leguminosas com características mais adequadas para formação de pastos consorciados. Os programas de melhoramento genético de leguminosas forrageiras foram mais bem estruturados e estão produzindo cultivares com maior potencial. Também, a transferência de tecnologia passou a adotar métodos mais eficientes, como o uso da televisão, e tem produzido resultados mais satisfatórios, com aumento significativo do grau de adoção (Andrade, 2010). Entre os casos de sucesso analisados por Shelton et al. (2005), três são originários do Brasil: puerária (*Pueraria phaseoloides*) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) na Amazônia e estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) no Cerrado.

Eficiência biológica, econômica e ambiental das tecnologias

De acordo com a literatura revisada por Giller (2001) o potencial de fixação biológica de nitrogênio (FBN) das leguminosas forrageiras tropicais é superior a 300 kg/ha/ano, sendo que a maioria dos resultados obtidos situa-se na faixa de até 180 kg/ha/ano de N (Thomas, 1995; Miranda et al., 1999, 2003). Também tem sido demonstrado que a FBN corresponde a 70 a 94% do N contido na biomassa aérea das leguminosas (Thomas, 1995), de modo que a quantidade de N fixada pelas leguminosas tropicais pode ser estimada com relativa segurança multiplicando o conteúdo de N na biomassa produzida pela leguminosa pelo fator 0,8. Para o *Arachis pintoi*, por exemplo, a quantidade fixada variou de 15 a 25 kg de N para cada tonelada de matéria seca produzida. Deste modo, o principal fator determinando a quantidade de N fixado pelas leguminosas em pastagens tropicais é a sua produtividade e persistência (Thomas et al., 1997).

No estudo realizado por Miranda et al. (2003) com vários genótipos de *Arachis pintoi* e *A. repens*, em Campo Grande-MS, as taxas de FBN obtidas variaram de 26 a 99 kg/ha/ano, sendo que o genótipo (*A. pintoi* cv. Belmonte) com maior taxa de fixação produziu apenas 4,2 t/ha/ano de matéria seca (MS). Nas condições ambientais do Acre, essa cultivar produz em estandes puros até 19 t/ha/ano de MS (Carneiro et al., 2000), demonstrando que o potencial de FBN da espécie é provavelmente superior a 280 kg/ha/ano.

A FBN pelas leguminosas em pastos consorciados é influenciada por três fatores principais: a disponibilidade de N no solo, a produção e persistência da leguminosa na pastagem e a competição com as gramíneas associadas (Ledgard & Steele, 1992). Em pastos consorciados de *A. pintoi* com duas espécies de *Brachiaria* na Costa Rica, a quantidade de N acumulada na biomassa aérea da leguminosa foi de até 159 kg/ha/ano (Ibrahim & Mannetje, 1998), o que equivaleria a uma FBN de 127 kg/ha/ano (80% do N derivado da FBN). Este resultado é semelhante ao utilizado por Thomas (1992) para simular o balanço de N no consórcio do amendoim forrageiro com a *Brachiaria humidicola* (fixação de 144 kg/ha/ano de N), baseado em resultados experimentais obtidos na Colômbia por Grof (1985). Para o consórcio da *Brachiaria decumbens* com o *Calopogonium mucunoides* na região dos Cerrados, a estimativa da FBN pela leguminosa foi de 84 kg/ha/ano (Cadisch et al., 1994). Na Nova Zelândia, em estudo de três anos de duração, a FBN em pastos consorciados de trevo branco e azevém variou de 99 a 231 kg/ha/ano (Ledgard et al., 1999).

Portanto, os estudos demonstram claramente que é possível manter um balanço positivo de nitrogênio nas pastagens cultivadas em regiões tropicais por meio da utilização de pastos consorciados com leguminosas forrageiras produtivas e persistentes. Para isso, as leguminosas devem constituir de 20 a 45% da composição botânica das pastagens tropicais (em massa de forragem) para que os níveis de FBN obtidos (60 a 120 kg/ha/ano) sejam suficientes para manter o balanço de N no solo, dependendo, dentre outros fatores, das taxas de utilização do pasto (Thomas, 1992, 1995; Cadisch et al., 1994). Quanto maior a eficiência de colheita da forragem produzida pelos ruminantes, maior a quantidade de N necessária para

balancear o sistema devido ao aumento das perdas do N excretado pelos animais.

A produção de ruminantes em pastos consorciados é quase sempre superior à obtida em pastos exclusivos de gramíneas não-adubadas com nitrogênio, em magnitude que varia principalmente com o grau de deficiência de N na pastagem e com a proporção de leguminosas no pasto consorciado. De acordo com a literatura revisada por Lascano (2001), a vantagem dos pastos consorciados em termos de produtividade animal é, em média, de 30%. Exemplo dessa superioridade pode ser observado em estudo realizado no Bioma Cerrado com o consórcio da *B. decumbens* com o estilosantes Campo Grande (Tabela 3).

Vários autores já compilaram os resultados de pesquisa com produção de ruminantes em pastos consorciados. Nos 17 artigos avaliados por Rocha et al. (1983), a produtividade de bovinos de corte em recria em pastos consorciados foi, em média, de 329 kg/ha/ano de peso vivo. Em outra compilação efetuada por Coates (1995), com dados de dez estudos conduzidos na Austrália e América Latina, o desempenho animal variou de 375 a 627 g/animal/dia e a produtividade de 80 a 643 kg/ha/ano de peso vivo. Na revisão feita por Lascano (2001) abrangendo apenas trabalhos realizados na América Latina, a produtividade de bovinos de corte em

Tabela 3. Desempenho (g/animal/dia) e produtividade (kg/ha/ano) de bovinos de corte em pastagens de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com o estilosantes Campo Grande (média de 3 anos).

Característica	Taxa de lotação (UA/ha)	
	0,90	1,25
	---------- g/animal/dia ----------	
Brachiaria decumbens	527	494
Brachiaria decumbens consorciada	624	606
Benefício da consorciação	+ 18%	+ 23%
	---------- kg/ha/ano ----------	
Brachiaria decumbens	289	381
Brachiaria decumbens consorciada	342	458
Benefício da consorciação	+ 18%	+ 20%

Fonte: Valle et al. (2001).

pastos consorciados variou de 200 a 400 kg/ha/ano, em locais com estação seca bem definida (3 a 5 meses de déficit hídrico), e de 500 a 600 kg/ha/ano em locais sem déficit hídrico.

Para este trabalho, foi efetuada uma nova compilação de 15 estudos publicados entre 1985 e 2010 na América Latina, contendo dados de produção de bovinos de corte em recria em 32 pastos consorciados com as seguintes leguminosas forrageiras: *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides*, *Stylosanthes guianensis*, *S. capitata*, *S. macrocephala*, *Calopogonium mucunoides* e *Leucaena leucocephala*. A média anual do desempenho animal variou de 241 a 624 g/animal/dia (média de 442 g/animal/dia), com 81% dos resultados concentrados na faixa de 301 a 600 g/animal/dia (Figura 1). Os resultados de produtividade animal apresentaram variação ainda mais ampla (216 a 993 kg/ha/ano de peso vivo), com média de 549 kg/ha/ano. Em dois terços dos pastos consorciados avaliados a produtividade esteve na faixa de 400 a 700 kg/ha/ano.

Essa ampla variação reflete obviamente as diferentes condições experimentais destes estudos, principalmente quanto à genética dos animais experimentais, regime hídrico local, forrageiras utilizadas e oferta de forragem adotada. Na maioria dos trabalhos que obtiveram desempenho animal inferior a 400 g/animal/dia foram utilizadas gramíneas ou leguminosas de baixa palatabilidade (*Paspalum atratum*, *D. ovalifolium* e *C. mucunoides*) ou foram utilizadas taxas de lotação excessivamente altas. Os maiores valores de desempenho animal foram obtidos em pastos de *B. decumbens* consorciados com o estilosantes Campo Grande no Bioma Cerrado, com uso de taxas de lotação baixas (Tabela 3). Já os cinco melhores resultados de produtividade animal (709 a 993 kg/ha/ano) foram obtidos em pastos de amendoim forrageiro consorciados com gramíneas dos gêneros *Brachiaria*, *Paspalum* e *Cynodon*, no Brasil e na Costa Rica, com uso de taxas de lotação anuais que variaram de 2 a 3 UA/ha (Hernandez et al., 1995; Santana et al., 1998; Barcellos et al., 1999; Lenzi et al., 2009; Barbero et al., 2010).

As pesquisas realizadas na América Latina mostram que a capacidade de suporte anual de pastagens tropicais consorciadas com leguminosas varia de 1,3 a 3,6 UA/ha, dependendo das forrageiras utilizadas e das condições climáticas do local (Tabela 4). Nos trabalhos realizados no Bioma Cerrado, devido à maior estacionalidade de produção das pastagens, a capacidade de suporte foi em média de 1,6 UA/ha. Já nos Biomas Amazônia e Mata Atlântica, com condições climáticas mais favoráveis, principalmente com relação à melhor distribuição das chuvas, tem sido possível obter médias mais elevadas de capacidade de suporte anual (2,6 a 2,7 UA/ha). Geralmente, a capacidade de suporte dessas pastagens nas épocas mais favoráveis ao crescimento do pasto (primavera-verão) atinge

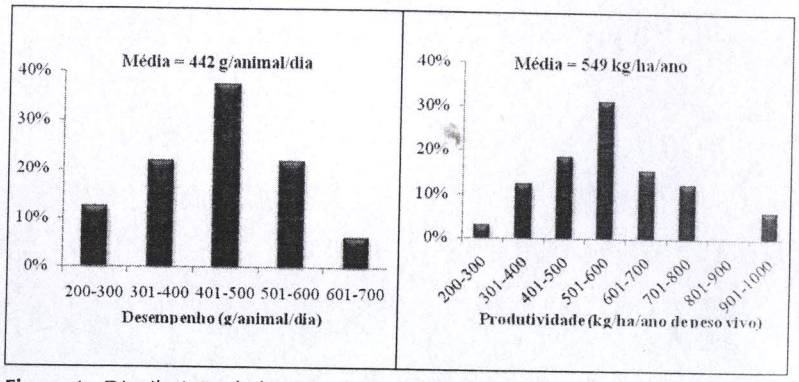

Figura 1. Distribuição de frequência de resultados de desempenho e produtividade de bovinos de corte em recria em pastos consorciados na América Latina.

Fonte: Grof (1985); Vela et al. (1990); Pereira et al. (1992); Pérez & Lascano (1992); Hernandez et al. (1995); Lourenço et al. (1996); Pereira et al. (1996); Euclides et al. (1998); Santana et al. (1998); Barcellos et al. (1999); Valle et al. (2001); Almeida et al. (2002); Lenzi et al. (2009); Pereira et al. (2009); Barbero et al. (2010).

Tabela 4. Capacidade de suporte de pastagens formadas pelo consórcio de gramíneas e leguminosas em diferentes Biomas da América Latina.

Bioma	Precipitação anual (mm)	Capacidade de suporte anual (UA/ha)	
		Média	Amplitude
Amazônia	1.800 – 4.530	2,7	2,2 a 3,6
Mata Atlântica	1.200 – 1.400	2,6	1,8 a 3,1
Cerrado	1.450 – 1.560	1,6	1,3 a 2,0

Fonte: Amazônia - Grof (1985), Vela et al. (1990), Hernandez et al. (1995), González et al. (1996), Ibrahim & Mannetje (1998), Andrade (2004), Andrade et al. (2006); Mata Atlântica - Lourenço et al. (1996), Lenzi et al. (2009), Pereira et al. (2009), Barbero et al. (2010); Cerrado - Euclides et al. (1998), Barcellos et al. (1999), Valle et al. (2001), Almeida et al. (2002).

níveis de até 4,0 UA/ha, sendo reduzidas para 1,0 a 2,0 UA/ha no outono-inverno.

A eficiência biológica da adubação nitrogenada na produção animal em pastagens depende (1) da eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem (kg MS/kg N), (2) da eficiência com que a forragem produzida é consumida pelo animal (kg MS/100 kg MS) e (3) da eficiência com que a forragem consumida é convertida em produto animal (kg MS/kg PV). Portanto, é o resultado destas três eficiências parciais que define a eficiência biológica de conversão do N-fertilizante em produto animal (kg PV/kg N). Martha Júnior et al. (2004) analisaram em profundidade os resultados de pesquisa dessas eficiências parciais em pastagens de gramíneas tropicais e os principais resultados são resumidos na Tabela 5.

As pesquisas mostram que a adubação nitrogenada deve estar associada a um manejo do pastejo que assegure alta eficiência de utilização e de conversão alimentar da forragem consumida para que o aumento da produção de forragem possa ser traduzido em aumento da produtividade animal, com implicações diretas sobre a eficiência econômica da atividade. Isso foi demonstrado em trabalho recente com o capim-marandu, onde a produtividade animal obtida na estratégia de manejo eficiente (altura pré-pastejo de 25 cm) com uso de 50 kg/ha/ano de N foi praticamente a mesma quando se utilizou 200 kg/ha/ano de N associado a uma estratégia de manejo menos eficiente (altura pré-pastejo de 35 cm) (Figura 2). A ineficiência do manejo do pastejo em pastos adubados com altas doses de nitrogênio geralmente acarreta a deterioração da estrutura do pasto, com elevação da proporção de colmos e material morto na massa de forragem (Da Silva, 2009).

Tabela 5. Eficiência biológica da adubação nitrogenada na produção de bovinos de corte em pastagens tropicais.

Eficiências parciais	Média	Máxima/Potencial
Produção de forragem (kg MS/kg N)	26,1	83,0
Utilização da forragem (kg MS/100 kg MS)	50,0	70,0
Conversão da forragem (kg MS/kg PV)	16,0	–
Produção animal (kg PV/kg N)	1,45	3,5-4,0

Fonte: Martha Júnior et al. (2004).

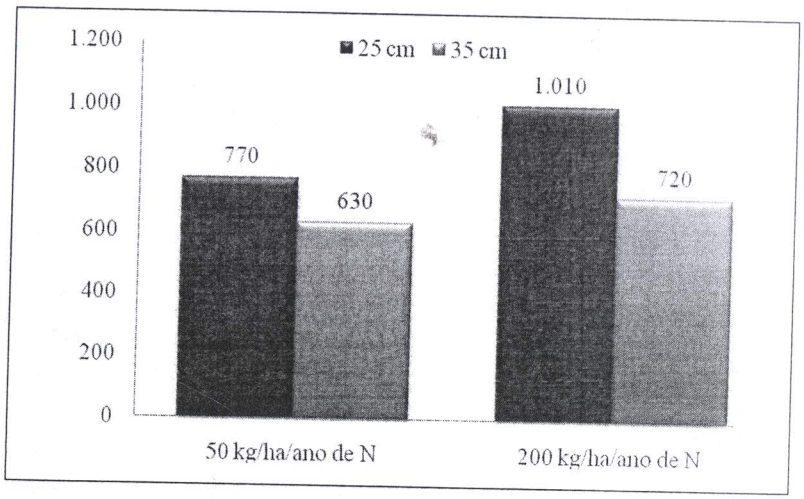

Figura 2. Efeito da altura pré-pastejo e da adubação nitrogenada na produtividade animal (kg/ha de peso vivo) de bovinos em recria em pastos de capim-marandu sob pastejo rotativo, durante 15 meses.
Fonte: Gimenes (2010).

Para efeito de comparação com os resultados que podem ser obtidos com o uso de pastos consorciados, é importante analisar a resposta das pastagens de gramíneas à adubação nitrogenada em termos de aumento da capacidade de suporte (UA/ha) e da produtividade animal (kg/ha/ano de PV). Os resultados compilados na Figura 3 mostram que a adubação nitrogenada possibilita elevar acentuadamente a produtividade animal, como resultado do aumento da capacidade de suporte das pastagens de gramíneas tropicais durante a estação chuvosa (até 10 UA/ha). O efeito sobre a capacidade de suporte é pouco expressivo durante a estação seca, quando o déficit hídrico e, ou, as baixas temperaturas limitam o crescimento do pasto. Verifica-se, portanto, que o uso de pastos consorciados não permite alcançar as mesmas taxas de lotação e níveis de produtividade de ruminantes obtidos em pastagens de gramíneas tropicais adubadas com altas doses de fertilizantes nitrogenados, por dois motivos: (1) as leguminosas não conseguem fixar a quantidade de N necessária para explorar o potencial produtivo das pastagens tropicais; (2) o potencial de acúmulo de forragem

das leguminosas é inferior ao das gramíneas tropicais melhoradas. Em resumo, as respostas esperadas em pastos consorciados são equivalentes às obtidas em pastos exclusivos de gramíneas adubadas com 50 a 150 kg/ha/ano de N. Ou seja, taxas de lotação de até 4,0 UA/ha e produtividade de até 1.000 kg/ha/ano de PV.

Em revisão sobre o uso do trevo branco no Reino Unido, Andrews et a. (2007) concluíram que a produção de forragem e a produtividade de leite em pastagens constituídas pelo consórcio do azevém perene e trevo branco são equivalentes à obtida em pastagens de azevém perene adubado com 200 kg/ha/ano de N, ou a 70% da obtida quando se utiliza de 350 a 400 kg/ha/ano de N.

A comparação da eficiência econômica das duas tecnologias é bem mais complicada do que a apresentada acima para a eficiência biológica, por causa da escassez de pesquisas recentes publicadas sobre o assunto, notadamente na América Latina. A análise de trabalhos publicados há muito tempo pode trazer complicações para a interpretação da situação atual, tendo em vista a variação histórica nos preços dos produtos de origem animal e dos insumos e fatores de produção.

Um estudo de cinco anos de duração, realizado no Paraná, comparou a produção animal e a viabilidade econômica da recria

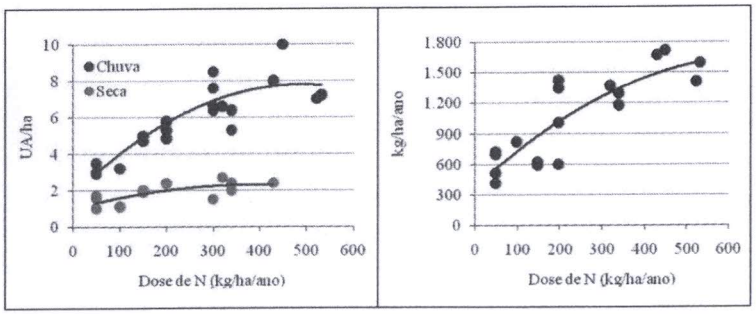

Figura 3. Efeito da adubação nitrogenada na taxa de lotação (UA/ha) e na produtividade (kg/ha/ano de peso vivo) de bovinos de corte em recria em pastos exclusivos de gramíneas tropicais no Brasil.

Fonte: Euclides Filho et al. (1999); Tosi (1999); Corrêa (2000); Thiago et al. (2000); Aguiar et al. (2001; 2002); Lugão et al. (2001); Maya (2003); Paris et al. (2009); Andrade et al. (2010b); Barbero et al., (2010); Gimenes (2010).

de novilhos cruzados em pastagens de capim-coastcross (*Cynodon dactylon*) consorciadas ou não com o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo), adubadas com diferentes doses de nitrogênio (Gomes, 2008). No pasto consorciado sem adubação nitrogenada, com taxa de lotação anual média de 3,2 UA/ha, foi possível produzir 935 kg/ha/ano de peso vivo (Tabela 6). Com o uso de 200 kg/ha/ano de N, foi possível elevar a taxa de lotação anual para 4,5 UA/ha e a produtividade animal para pelo menos 1.200 kg/ha/ano de peso vivo. Embora menos produtivo, o pasto consorciado sem adubação nitrogenada apresentou os melhores resultados econômicos, com base em todos os indicadores analisados pelo autor, devido ao menor custo de manutenção da pastagem, especialmente com fertilizantes nitrogenados.

Em estudo realizado na Costa Rica, Bouman et al. (1999) comparam a viabilidade econômica e indicadores de sustentabilidade (balanço de N no solo, emissão de CO_2, N_2O e NO, e perdas de N por lixiviação) para a produção de bovinos de corte em três tipos de pastagens: pastagem tradicional, pastagem melhorada de *B. brizantha* e amendoim forrageiro (fixação de 150 kg/ha/ano de N) e pastagem melhorada de *B. brizantha* adubada com 300 kg/ha/ano de N (Tabela 7). A análise foi feita considerando as atividades

Tabela 6. Indicadores zootécnicos e financeiros de sistemas de recria de bovinos cruzados em pastagens de coastcross e amendoim forrageiro no Paraná (média de cinco anos).

Indicadores	Consórcio + 0 N	Consórcio + 100 N	Consórcio + 200 N	Coastcross + 200 N
Zootécnicos				
Taxa de lotação anual (UA/ha)	3,2	3,8	4,5	4,5
Produção animal (kg/ha/ano de PV)	935	1.104	1.266	1.200
Econômicos				
Renda líquida (R$/ha/ano)	391,02	268,04	315,56	327,36
Pay back (meses)	29	36	34	35
Taxa média de retorno (%)	40,7	27,1	32,8	33,1
Valor presente líquido (R$)	871,41	119,29	465,48	478,12
Índice de rentabilidade adicional (%)	67,2	9,3	35,9	37,2
Taxa interna de retorno (%)	28,3	8,8	18,6	19,6

Fonte: Gomes (2008).

Tabela 7. Viabilidade econômica e indicadores biofísicos de sustentabilidade de sistemas de produção de bovinos de corte na Zona Atlântica da Costa Rica.

Indicadores	1996 (preços baixos)[1]			1997 (preços altos)[2]		
	Tradicional	G+L	G+N	Tradicional	G+L	G+N
	Cria (100 ha)					
Taxa de lotação (UA/ha)	1,6	2,7	-[3]	1,6	3,0	4,9
Margem bruta (US$/ha/ano)	56	84	-	88	141	28
N-Déficit (kg/ha/ano)	-32	0	-	-32	0	0
N-Lixiviado (kg/ha/ano)	36	61	-	36	68	223
N-N_2O emitido (kg/ha/ano)	6	13	-	6	12	23
CO_2 em 25 anos (t/ha de C)[4]	25	-11	-	25	-10	-30
	Recria-engorda (100 ha)					
Taxa de lotação (UA/ha)	1,6	3,0	4,75	1,6	3,0	4,75
Margem bruta (US$/ha/ano)	131	228	211	183	326	366
N-Déficit (kg/ha/ano)	-32	0	0	-32	0	0
N-Lixiviado (kg/ha/ano)	36	68	228	36	68	228
N-N_2O emitido (kg/ha/ano)	6	12	21	6	12	21
CO_2 em 25 anos (t/ha de C)	25	-10	-27	25	-10	-27

[1] Preços do kg de peso vivo em 1996: bezerros e bezerras (0,89 US$), vacas (0,69 US$), bois (0,84 US$).
[2] Preços do kg de peso vivo em 1997: bezerros e bezerras (1,06 US$), vacas (0,82 US$), bois (1,00 US$).
[3] Margem bruta negativa.
[4] Quantidade de carbono emitida (valores positivos) ou sequestrada na matéria orgânica do solo (valores negativos) em 25 anos após a conversão da floresta.
Fonte: Bouman et al. (1999).

de cria e de recria-engorda, e também os preços do bezerro e da arroba do boi gordo na Costa Rica em 1996, ano de preços relativamente baixos, e em 1997, ano de preços relativamente altos. Esse estudo mostrou que a viabilidade econômica da atividade de recria-engorda é maior do que a de cria na escala considerada (100 ha), independentemente dos preços considerados. Para a atividade de cria, o sistema baseado em pasto consorciado demonstrou ampla vantagem econômica sobre a pastagem tradicional e, em especial, sobre a pastagem adubada, que chegou a apresentar margem bruta negativa considerando os preços de 1996. Já na atividade de recria-engorda, os dois sistemas alternativos resultaram em maior

margem bruta do que a pastagem tradicional, sendo que a pastagem adubada apresentou maior vantagem econômica em relação ao uso de pasto consorciado quando se considerou o preço da arroba de 1997.

Uma forma alternativa de comparar a eficiência econômica das duas tecnologias é por meio do valor de substituição de fertilizantes nitrogenados pelo uso de pastos consorciados com leguminosas. Um estudo de caso apresentado por Andrade (2010) permite realizar esse tipo de análise para as condições da Amazônia brasileira. O estudo foi realizado em uma propriedade particular no Estado do Acre, que trabalha com cria, recria e engorda de bovinos de corte em pastagens, com longo histórico de uso de pastos consorciados com as leguminosas puerária, calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) e amendoim forrageiro. O levantamento da proporção de leguminosas nas pastagens da Fazenda ABC mostrou que estas constituíam de 7% a 35% da composição botânica, com contribuição média de 23,7% da forragem disponível (Tabela 8). Com base na composição botânica das pastagens e em dados de literatura sobre a produtividade de matéria seca destas leguminosas, a eficiência da FBN por leguminosas tropicais e o preço da ureia no mercado de Rio Branco em 2010, foi possível estimar os níveis de FBN nas pastagens da Fazenda ABC e a economia com fertilizantes nitrogenadas nestas pastagens. Os resultados mostraram uma FBN média de 60,2 kg/ha/ano de N, gerando uma economia anual de aproximadamente R$ 240,00 por hectare, o equivalente a quase 4,0 arrobas de boi gordo[4].

Os indicadores zootécnicos obtidos pela Fazenda ABC entre 2008 e 2009 podem ser considerados muito bons (Tabela 9), especialmente quando se considera que foram obtidos em pastagens com idade média de 21 anos, sem adubação nitrogenada, com animais criados recebendo apenas suplementação mineral. A taxa de lotação das pastagens é quase o dobro da média da região Norte do Brasil em 2006 (Tabela 1), graças à boa fertilidade natural do solo, ao manejo com pastejo rotativo e, certamente, à incorporação de N pelas leguminosas. Os níveis de produtividade animal superiores

4. A arroba do boi gordo em Rio Branco estava cotada a R$ 61,00 em dezembro de 2009.

Tabela 8. Estimativa da fixação biológica de nitrogênio (FBN) em pastos consorciados da Fazenda ABC e economia anual com fertilizantes nitrogenadas.

Pastagem	Área	Leguminosas	FBN[1]	Economia com ureia[2]	
	ha	%	kg/ha/ano de N	R$/ha/ano	R$/ano
1	269	29,4	60,9	243,72	65.560,68
2	152	12,0	25,3	101,22	15.385,44
3	100	32,0	90,0	360,12	36.012,00
4	230	22,0	40,8	163,02	37.494,60
5	100	7,0	13,1	52,28	5.228,00
6	95	7,0	15,3	61,30	5.823,50
7	53	15,0	41,2	164,86	8.737,58
8	82	22,0	63,3	253,22	20.764,04
9	80	35,0	72,1	288,46	23.076,80
10	20	9,0	20,7	82,68	1.653,60
11	53	29,0	74,1	296,48	15.713,44
12	120	35,0	121,7	486,90	58.428,00
13	149	33,0	114,1	456,50	68.018,50
Total/Média	**1.503**	**23,7**	**60,2**	**240,78**	**361.896,18**

[1] Estimativa baseada na % de leguminosas no pasto, considerando: a) produção anual de MS de 19 t/ha/ano para o *A. pintoi* cv. Belmonte (Carneiro et al., 2000) e 10,3 t/ha/ano para a puerária e o calopogônio (Valentim & Carneiro, 2000); b) eficiência de FBN de 20 kg de N/t de MS produzida pelo *A. pintoi* cv. Belmonte e de 15 kg de N/t de MS produzida pela puerária e pelo calopogônio (Thomas et al., 1997).
[2] Estimativa considerando R$ 1.800,00 o preço da tonelada de ureia no mercado de Rio Branco, AC.
Fonte: Andrade (2010).

a 150 kg/ha/ano de equivalente-carcaça, ou a aproximadamente 300 kg/ha/ano de peso vivo considerando rendimento de carcaça de 52%, são também expressivos. Em sistema de produção de gado Nelore na região Centro-Oeste (cria, recria e engorda), com um terço das pastagens de gramíneas recebendo adubação com 100 kg/ha/ano de ureia, e com os machos em recria recebendo suplementação protéico-energética em pastagem na primeira seca e confinados na segunda seca, a produtividade animal obtida foi de 101 kg/ha/ano de equivalente-carcaça (Corrêa et al., 2000). Os resultados da Fazenda ABC são também favoráveis quando comparados aos obtidos em um estudo feito em 2009 pela empresa de consultoria Exagro, comparando 84 fazendas de gado de corte das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste (Tabela 10). Nesse estudo,

a fazenda campeã de produtividade teve resultado semelhante ao da Fazenda ABC, que também apresenta menor custo de produção e receita líquida duas vezes maior do que a média das fazendas estudadas pela Exagro.

O sistema de criação da Fazenda ABC tem permitido o abate de machos Nelore aos 34 meses, com peso de 17 arrobas. Já os animais resultantes de cruzamento industrial (Aberdeen Angus x Nelore) têm sido abatidos com idade média de 27 meses (Andrade, 2010). Isso tem permitido a obtenção de taxa de desfrute de peso vivo média de 31,7% (Tabela 9), valores considerados muito bons para um sistema exclusivo a pasto. No sistema de produção descrito por Corrêa et al. (2000), baseado no uso de suplementação protéico-energética dos machos em recria, seguido de terminação em confinamento, a taxa de desfrute obtida foi de 34,5%.

Os indicadores financeiros da Fazenda ABC (Tabela 9), com lucratividade superior a 40% e rentabilidade superior a outras op-

Tabela 9. Indicadores zootécnicos e financeiros da Fazenda ABC, entre 2008 e 2009, em Rio Branco, Acre.

Indicadores	2008	2009	Média
Zootécnicos			
Taxa de lotação (UA/ha)	1,92	1,91	1,91
Taxa de lotação (cabeças/ha)	2,87	2,85	2,86
Produtividade (@/ha/ano)	10,35	10,21	10,28
Taxa de desfrute de peso vivo (%)	29,5	33,8	31,7
Financeiros			
Preço da arroba (macho)	66,00	61,00	63,50
Preço da arroba (fêmea)	60,00	57,00	58,50
Receita bruta (R$/ha/ano)	710,87	602,76	656,82
Custo mensal por cabeça (R$)	14,28	11,98	13,13
Custo por arroba produzida (R$)	39,98	35,03	37,51
Receita líquida (R$/ha/ano)	297,07	245,02	271,05
Lucratividade (%)[1]	41,79	40,65	41,27
Rentabilidade (%)[2]	7,75	7,09	7,42

[1] Receita líquida expressa em porcentagem da receita bruta.
[2] Receita líquida expressa em porcentagem do capital investido na atividade, considerando o valor de aquisição da terra corrigido pelo IGP-M e não o preço de mercado atual.
Fonte: Andrade (2010).

ções tradicionais de investimento, como a caderneta de poupança, indicam um sistema de produção equilibrado, gerando receitas capazes de cobrir os diversos custos da atividade (mão-de-obra, manutenção do rebanho, impostos, etc.) e as depreciações, além de viabilizar os investimentos necessários (p. ex. renovação de pastagens) e garantir a sobrevivência do negócio no longo prazo.

Os resultados desse estudo de caso proporcionam uma análise interessante sobre o potencial de redução de custos na produção de gado de corte em pastos consorciados, em comparação com sistemas baseados na adubação nitrogenada das pastagens. Por exemplo, se incluirmos no custo de produção da Fazenda ABC as despesas com aquisição de ureia (R$ 240,78 por hectare; Tabela 9) visando substituir a quantidade de nitrogênio fixada pelas leguminosas, a receita líquida anual por hectare da propriedade seria reduzida para R$ 56,29 e R$ 4,24, e a lucratividade diminuiria para 7,9% e 0,7%, em 2008 e 2009, respectivamente (Andrade, 2010). O estudo comparativo da Exagro mostrou que fazendas que conseguem produzir com menor custo por arroba apresentam melhores resultados econômicos (José, 2010).

O custo da implantação de pastos consorciados depende das espécies forrageiras envolvidas e da modalidade de plantio. No caso da reforma de pastagens com gramíneas propagadas por sementes, o custo adicional é representado apenas pelo valor das sementes das leguminosas, que geralmente são misturadas às sementes de gramíneas. Já para leguminosas propagadas por mudas, o custo adicional envolve o arranquio e a distribuição das mudas na área imediatamente antes da última operação de preparo do solo antes da semeadura das gramíneas. Considerando as três leguminosas forrageiras mais plantadas no Acre, o custo adicional para

Tabela 10. Indicadores zootécnicos e financeiros de 84 fazendas de gado de corte nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste, em 2009.

Indicadores	Máximo	Média	Mínimo
Produtividade (@/ha/ano)	10,38	5,62	1,37
Custo mensal por cabeça (R$)	46,40	21,95	6,82
Receita líquida (R$/ha/ano)	404,65	127,50	-130,35

Fonte: Exagro, apresentados por José (2010).

implantação de pastos consorciados varia de R$ 30,00 a R$ 117,50 por hectare, considerando os preços praticados em 2011 em Rio Branco-AC (Tabela 11). Considerando o preço da ureia no mercado de Rio Branco (Tabela 12), esses valores seriam equivalentes a 17 a 67 kg/ha do fertilizante. Certamente, essas leguminosas podem fixar valores equivalentes em nitrogênio bem superiores, já no primeiro ano de utilização do pasto consorciado.

O principal fator determinante da eficiência econômica da adubação nitrogenada em pastagens, além da eficiência biológica, é a relação de preços entre os fertilizantes nitrogenados e os produtos de origem animal (carne, leite, bezerro, etc.). De acordo com Sollenberger (2008) a adubação nitrogenada em pastagens se tornou ou está se tornando proibitiva em muitos sistemas de produção animal, mesmo nos países desenvolvidos, devido à elevação dos preços dos fertilizantes nitrogenados (Figura 4). Os fertilizantes nitrogenados são produzidos a partir da amônia, sintetizada a partir do nitrogênio do ar em combinação com hidrogênio proveniente do gás natural, num processo com uso intensivo de energia. Atualmente, os fertilizantes nitrogenados respondem por 59% da produção mundial de fertilizantes e o gás natural responde por 70% a 90% do custo de produção da amônia. Os principais produtores de fertilizantes nitrogenados são a China, a Índia, o Paquistão, o Ca-

Tabela 11. Custo adicional para implantação de pasto consorciado durante a reforma de pastagem, considerando os preços em Rio Branco, Acre.

Leguminosa	Custo unitário (R$)	Custo total (R$/ha)
Puerária		
Sementes (2 kg/ha)	15,00	30,00
Estilosantes Campo Grande		
Sementes (3 kg/ha)	12,00	36,00
Arachis pintoi cv. Belmonte[1]		
Mão de obra para arranquio e distribuição das mudas (1,3 homens-dia/ha)	35,00	45,50
Trator com carreta para distribuição das mudas (0,8 horas-máquina/ha)	90,00	72,00
Custo adicional total	–	117,50

[1] Considerando que o produtor já possua um viveiro de mudas na propriedade.

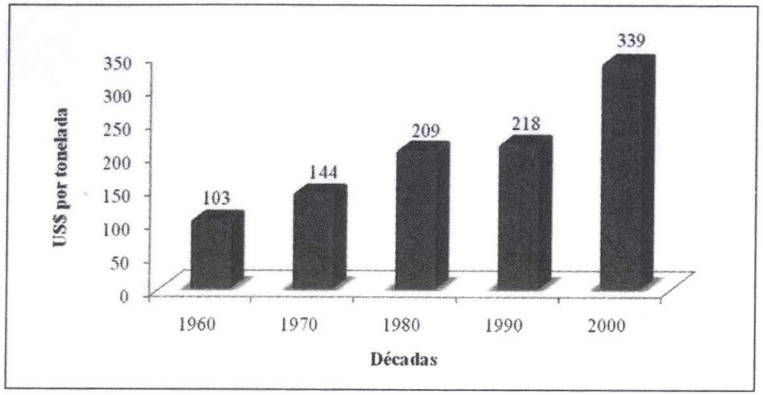

Figura 4. Elevação do preço da ureia nos Estados Unidos nos últimos 50 anos. Fonte: USDA (2010).

nadá, a Indonésia, a Federação Russa e os Estados Unidos. O preço do petróleo também tem grande influência no preço ao consumidor dos fertilizantes nitrogenados, devido ao custo do transporte destes fertilizantes. Por essa razão, existe uma forte correlação entre os preços anuais da ureia e os preços do petróleo (r = 0,91) e do gás natural (r = 0,70) (ICO, 2009; Huang, 2009). A disparada dos preços do petróleo e da ureia, ocorrida em 2008, é o exemplo mais recente dessa relação. Considerando que o petróleo e o gás natural são recursos naturais não-renováveis e a demanda mundial crescente por commodities agrícolas e fertilizantes nitrogenados, a tendência é de continuação da elevação histórica dos preços dos fertilizantes nitrogenados (Huang, 2009).

No Brasil, a análise sobre a viabilidade econômica da adubação nitrogenada em pastagens precisa levar em consideração a enorme variação regional existente para as relações de troca (produto animal x fertilizante nitrogenado), conforme pode ser observado na Tabela 12. O Brasil produziu em 2010 apenas um terço da ureia consumida no País, tendo as suas principais unidades produtivas localizadas em Sergipe, na Bahia, em São Paulo e no Paraná (Valor Econômico, 2011). Além disso, a ureia importada desembarca no país nos portos localizados nos estados costeiros. Com isso, o preço da ureia aumenta à medida que avançamos rumo ao interior do Brasil, devido aos custos com transporte. O contrário ocorre com os preços da carne e do leite recebidos pelos produtores, que avançam na direção dos principais centros consumidores e exportadores, localizados nas regiões Sul e Sudeste. O resultado dessa conjuntura é que os pecuaristas do Acre precisam obter atualmente o dobro da eficiência biológica no uso da adubação nitrogenada (kg de carne ou leite/kg de N aplicado) para conseguir o mesmo retorno econômico dos pecuaristas de São Paulo.

Tabela 12. Preços da arroba do boi gordo, do leite tipo C e da ureia agrícola em diferentes estados, e suas respectivas relações de troca.

Preço ou relação de troca	SP	GO	MT	RO	AC
Boi gordo					
Preço da arroba (R$)[1]	100,00	92,00	91,00	90,00	83,00
Preço do kg de PV (R$)	3,47	3,19	3,15	3,12	2,88
Diferença em relação a SP	0%	- 8%	- 9%	- 10%	- 17%
Leite C					
Preço do litro (R$)[2]	0,79	0,77	0,72	0,71	0,55[3]
Diferença em relação a SP	0%	- 2%	- 9%	- 10%	- 31%
Preço da ureia					
R$/t de ureia[4]	1.090,00	1.095,00	1.500,00	1.580,00	1.750,00
R$/kg de N-ureia	2,37	2,38	3,26	3,43	3,80
Diferença em relação a SP	0%	0%	+ 38%	+ 45%	+ 61%
Relações de troca					
Arroba/t de ureia	10,9	11,9	16,5	17,6	21,1
Diferença em relação a SP	0%	+ 9%	+ 51%	+ 61%	+ 93%
Litros/t de ureia	1.380	1.422	2.083	2.225	3.182
Aumento em relação a SP	0%	+ 3%	+ 51%	+ 61%	+ 131%

[1]Cotação em 04/05/2011; [2]Cotação em abril de 2011; [3]Consulta a laticínios de Rio Branco-AC em 05/05/2011; [4]Consulta telefônica a revendas de fertilizantes em 05/05/2011.
Fonte: [1,2]SCOT CONSULTORIA (2011a, b).

Nos sistemas intensivos de criação de bovinos em pastagens, os gastos diretos com fertilizantes podem representar mais de 60% do custo de produção (Barcellos et al., 2008). Entretanto, não é apenas o custo elevado dos fertilizantes nitrogenados que tem impedido uma maior adoção da tecnologia. A grande maioria dos pecuaristas ainda continua relutante em intensificar seus sistemas de produção por meio da adubação nitrogenada das pastagens por

causa de um ou mais dos seguintes fatores: a) desconhecimento da eficiência biológica da tecnologia; b) magnitude dos investimentos envolvidos na aquisição, transporte, armazenamento e aplicação dos fertilizantes, na aquisição de animais e outros insumos e na necessidade extra de produção de forragem suplementar para o período seco; c) necessidade de contratação de pessoal técnico qualificado ou de consultoria técnica para melhorar a eficiência da gestão da produção como um todo; d) riscos associados à tecnologia, principalmente relacionados com as variações de preço do fertilizante e do produto animal. De acordo com Martha Júnior et al. (2004), conforme se aumenta o nível e a proporção de adubação na fazenda, os riscos associados à atividade de pecuária também aumentam. Dessa maneira, a adubação nitrogenada em pastagens somente será viável quando forem obtidos ganhos na eficiência de todos os três componentes principais que influenciam a resposta animal ao N-fertilizante (Tabela 5), em especial na eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem e na eficiência de pastejo. Somente quando o sistema, como um todo, opera com elevada eficiência, a adubação nitrogenada se torna robusta frente aos riscos de variação nos preços do fertilizante e do produto animal (Martha Júnior et al., 2007).

Com base nas informações e estudos analisados acima, é possível fazer algumas considerações gerais sobre a comparação da eficiência econômica das duas tecnologias. A viabilidade econômica da adubação nitrogenada em pastagens será maior quando direcionada para categorias com maior potencial de retorno econômico, tais como bovinos de corte em recria e terminação, vacas leiteiras com média a alta aptidão leiteira e animais de elite, especialmente em regiões com relações de troca mais favoráveis. Nas condições atuais, dificilmente será viável economicamente na atividade de cria em rebanhos comerciais de bovinos de corte e na recria e alimentação de vacas secas em rebanhos de bovinos leiteiros, especialmente com animais pouco especializados. É também o caso da pecuária realizada em áreas montanhosas, onde seria imprudente trabalhar com taxas de lotação muito elevadas. Nesses casos, o investimento na formação de pastos consorciados com leguminosas persistentes e produtivas poderá trazer melhor resultado econômico.

Essa análise aponta para uma complementaridade dessas duas tecnologias na pecuária brasileira, ao contrário da visão tradicional de considerá-las como alternativas antagônicas. Conforme comentado por Vilela et al. (2004), o nível de intensificação em uma fazenda de pecuária dificilmente é homogênea. Geralmente, observa-se a implementação de subsistemas com diferentes níveis de intensificação dispostos espacialmente na propriedade. Isso pode se dar pela maior aptidão de determinadas áreas da propriedade à intensificação no uso de recursos devido, por exemplo, à topografia mais plana, ao solo mais fértil ou profundo, à proximidade da sede administrativa ou à facilidade de acesso para as máquinas. Portanto, mesmo nas regiões de terras mais valorizadas, com relação de troca favorável, os pecuaristas podem e devem utilizar as duas tecnologias de forma complementar, juntamente com outras alternativas, como a integração lavoura-pecuária, para aumentar a sustentabilidade econômica do seu empreendimento. O mesmo vale para as regiões com relação de troca desfavorável, onde a adubação nitrogenada deve ser utilizada, em baixas doses, como estratégia para evitar a perda de capacidade produtiva e a degradação de pastagens exclusivas de gramíneas.

Nas duas últimas décadas, a sociedade tem se tornado cada vez mais alerta aos problemas ambientais, tanto de abrangência local quanto global. Mesmo nos países em desenvolvimento, a pressão é crescente para que a agricultura reduza os impactos ambientais decorrentes de suas atividades. Conforme comentado por Kemp & Michalk (2005), a necessidade de manter a produtividade, a rentabilidade e o meio ambiente está se tornando um desafio cada vez mais importante para ser resolvido pelos pecuaristas de todo o Mundo. Portanto, as novas tecnologias agropecuárias precisam contribuir para o desenvolvimento sustentável da atividade, aumentando sua eficiência bioeconômica e diminuindo os impactos ambientais ao longo de todo o processo produtivo, o que tem sido chamado de ecoeficiência (Basset-Mens et al., 2009).

Na Europa e nos Estados Unidos, onde a partir da década de 1960 a produção de ruminantes passou a ser feita predominantemente em confinamento e em sistemas a pasto com uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, diversos problemas ambientais pas-

saram a se tornar importantes, tais como: a) eutroficação de lagos, rios e águas costeiras; b) problemas de saúde humana devido à contaminação de fontes de suprimento de água potável; c) oxidação da ureia e de fertilizantes amoniacais para nitrato, causando acidificação progressiva do solo; d) emissão de óxido nitroso do solo a partir da ação de microorganismos sobre os fertilizantes aplicados; e) grandes perdas de amônia por volatilização quando os fertilizantes são aplicados em cobertura; f) chuva ácida decorrente das perdas dos fertilizantes nitrogenadas para a atmosfera (Newton, 2005; Nelson & Burns, 2006). Na tentativa de reduzir esses problemas ambientais, vários países já determinaram níveis máximos de aplicação de fertilizantes nitrogenados e de dejetos orgânicos de animais confinados em pastagens. Por exemplo, em algumas regiões do Reino Unido, esses dejetos orgânicos somente podem ser aplicados entre 01 de setembro e 01 de fevereiro de cada ano, em quantidade contendo no máximo 250 kg/ha/ano de N (Andrews et al, 2007). Já na Nova Zelândia, essa mesma quantidade foi restringida ao máximo de 150 kg/ha/ano de N (Basset-Mens et al., 2009).

A maioria dos trabalhos comparando a ecoeficiência de sistemas baseados em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas com pastos de gramíneas adubados com fertilizantes nitrogenados foram realizados na Europa e na Nova Zelândia. Esses estudos foram revisados recentemente por Andrews et al. (2007), Carlier et al. (2008) e Ledgard et al. (2009) e as principais conclusões obtidas foram: a) as perdas de N do ecossistema da pastagem geralmente são similares quando pastos consorciados de gramíneas e leguminosas são comparados com pastos de gramíneas adubados com N com o mesmo nível de produtividade; b) o principal ganho ambiental com o uso de pastos consorciados com leguminosas, em comparação aos pastos de gramíneas adubadas com N, é a redução da demanda por energia de combustíveis fósseis necessária para sintetizar o N inorgânico dos fertilizantes e de fontes de N não-protéico de alimentos para bovinos, o que significa menores emissões de gases de efeito estufa nos sistemas baseados em pastos consorciados.

Na América Latina, o único estudo disponível envolvendo a comparação de pastos consorciados com pastos de gramíneas adu-

bados intensivamente com nitrogênio, foi realizado na Costa Rica por Bouman et al. (1999). A análise sobre os indicadores biofísicos de sustentabilidade desses sistemas indicou a existência de uma série de *trade-offs*, ou seja, que cada tipo de pastagem apresenta aspectos positivos e negativos (Tabela 7). A pastagem tradicional não-adubada apresenta produtividade decrescente devido ao déficit anual de N no solo, de modo que ao longo dos anos a maioria dos indicadores de sustentabilidade se deteriora: os estoques de N no solo são reduzidos, o carbono do solo é perdido via emissão de CO_2, a lucratividade diminui e a pastagem entra em processo de degradação. Por outro lado, alguns indicadores de sustentabilidade se tornam "positivos": as perdas de N por lixiviação de nitrato e as taxas de emissão de óxido nítrico (NO) e óxido nitroso (N_2O) diminuem com a idade da pastagem. Já nos sistemas baseados em pastagens melhoradas com uso de leguminosas ou com adubação nitrogenada, são obtidos maiores níveis de produtividade, os estoques de N no solo são mantidos e o ecossistema passa a sequestrar mais carbono no solo. Entretanto, inevitavelmente as perdas de N por lixiviação e as taxas de emissão de N_2O e NO aumentam em comparação com a pastagem tradicional. Quando são comparados os dois sistemas melhorados, observa-se que o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados contribui para aumentar acentuadamente as perdas de N, principalmente por lixiviação. Entretanto, o potencial de sequestro de carbono no solo em pastagens de gramíneas adubadas é superior ao dos pastos consorciados.

No Brasil, atualmente os principais problemas ambientais decorrentes da atividade pecuária estão relacionados com a conversão de ecossistemas naturais para expansão de novas áreas de pastagens cultivadas e a emissão de gases de efeito estufa, especialmente o metano. O uso de leguminosas em pastos consorciados tem potencial para contribuir com a fixação de carbono no solo e para a redução das emissões de metano, conforme discutido por Mannetje (1997), Abberton et al. (2008), Barcellos et al. (2008) e Lascano & Cárdenas (2010).

As perspectivas para as próximas décadas, com um cenário de mudanças climáticas globais, 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 visando ampliar a produção de ruminantes em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas. Essa é uma das tecnologias que melhor se encaixam dentro da filosofia de produção pecuária sustentável, tanto nas regiões tropicais quanto nos países de clima temperado (Andrade, 2010).

Por fim, quando se analisa a viabilidade do uso de leguminosas forrageiras para a sustentabilidade da produção animal em pastagens, é preciso enfatizar que a função das leguminosas em pastos consorciados não se limita à fixação biológica de nitrogênio e à elevação dos teores de proteína na dieta dos animais. Conforme comentado por Carvalho et al. (2006), as leguminosas desempenham um papel vital nas pastagens, com claras funções ecológicas (sentido amplo), que não se restringem em suportar o crescimento das gramíneas por meio da FBN. Por exemplo, a diversificação das pastagens, com uso de cultivares forrageiras adaptadas, tem sido uma prática defendida por diversos pesquisadores como uma forma de se aumentar a sustentabilidade da produção de ruminantes em pastagens, especialmente no que se refere aos problemas causados por doenças e insetos-praga (Valle et al., 2004; Valério, 2009). O uso de pastos consorciados é uma forma eficiente de diversificar as pastagens, por causa da complementaridade que gramíneas e leguminosas apresentam em muitos aspectos e, principalmente, por que as leguminosas tropicais não são atacadas pelas principais pragas e doenças que acometem as gramíneas tropicais, e vice-versa (Andrade, 2010).

Na Amazônia, são vários os exemplos da importância do uso de pastos consorciados na redução dos problemas causados por pragas e doenças em pastagens. A síndrome da morte do capim-marandu em solos de baixa permeabilidade tem causado a degradação de milhares de hectares de pastagens nessa região. Entretanto, em pastos consorciados de capim-marandu com a *Pueraria phaseoloides*, as consequências dessa doença têm sido mais amenas, tendo em vista o processo de sucessão vegetal que se sucede com a morte da gramínea; a leguminosa domina os espaços abertos

na pastagem, aumentando progressivamente sua participação na composição botânica, diminuindo a incidência de plantas daninhas e evitando a degradação da pastagem (Andrade & Valentim, 2006). Nos períodos que sucedem ao ataque de lagartas desfolhadoras ou de cigarrinhas-das-pastagens à grama-estrela-roxa (*Cynodon nlemfuensis*), a presença do amendoim forrageiro no consórcio tem garantido o suprimento de forragem ao rebanho e impedido o surgimento de plantas daninhas na pastagem enquanto a gramínea não se recupera (Andrade et al., 2009). Além disso, observa-se que a maior disponibilidade de N no solo nestes pastos consorciados contribui para acelerar a recuperação da gramínea.

Fatores de sucesso para o uso de pastos consorciados

A eficiência bioeconômica de qualquer tecnologia na atividade pecuária depende de alguns fatores condicionantes. No caso do uso de pastos consorciados de gramíneas e leguminosas isso não é diferente, e os principais fatores a serem observados pelo pecuarista que deseja investir nessa tecnologia, são: 1) disponibilidade de cultivar de leguminosa com médio a alto potencial de persistência sob pastejo; 2) disponibilidade de uma ou mais cultivares de gramíneas compatíveis com essa leguminosa; 3) as cultivares identificadas devem ser adaptadas às condições edafoclimáticas da área onde a pastagem será estabelecida; e, 4) disponibilidade de sementes ou de material vegetativo dessas cultivares na região.

Os dois últimos fatores parecem óbvios, porém nem sempre são levados em consideração pelos nossos pecuaristas, especialmente a questão da adaptabilidade das forrageiras. Para aguçar a curiosidade dos pecuaristas, basta uma notícia sobre uma nova planta forrageira em algum jornal, programa de rádio ou TV. Entretanto, é preciso reconhecer que o Brasil é um país com dimensões continentais, composto por seis biomas diferentes (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica e Pampa), cada um possuindo um conjunto particular de características de clima e solo, e que toda planta forrageira possui exigências edafoclimáticas próprias, que precisam ser levadas em consideração no planejamento da

formação das pastagens. Portanto, não é sensato pensar em uma cultivar de leguminosa ou em um consórcio que seja adequado para todo o país. Cabe às instituições e pesquisadores responsáveis pelo melhoramento genético, e aos técnicos e extensionistas de cada estado ou município, o papel de orientar aos pecuaristas sobre as exigências edafoclimáticas das novas cultivares lançadas. Além disso, o zoneamento edafoclimático de plantas forrageiras é uma ferramenta que está em falta no Brasil. Na literatura é possível encontrar mapas de adaptação climática de forrageiras tropicais, numa escala continental (Cook et al., 2005). Entretanto, o ideal seriam mapas estaduais para as principais cultivares existentes no mercado.

Potencial de persistência das leguminosas

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 pintoi* cvs. Amarillo, Alqueire, Belmonte e Porvenir; *Arachis glabrata* cvs. Arbrook e Florigraze).

O potencial de persistência de uma leguminosa forrageira sob pastejo 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. O entendimento destes mecanismos é fundamental tanto para os pesquisadores que trabalham com manejo de pastos consorciados quanto para os pecuaristas que pretendem investir nessa tecnologia.

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 destes três mecanismos de persistência 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 do recrutamento de novas plantas, a partir de sementes, para compensar a morte das plantas mais velhas. O problema desta 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 devido à 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 a 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 e, certamente, esta é 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 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 dos mecanismos que promovem a retomada do crescimento das plantas após a desfolha, tais como disponibilidade de meristemas e processos fisiológicos. Espécies pastejadas menos frequentemente (escape), capazes de se recuperar rapidamente após uma desfolha (tolerantes) ou possuindo uma combinação destes mecanismos, apresentam uma vantagem competitiva muito grande dentro da comunidade.

Exemplos de leguminosas que se valem de mecanismos de escape para aumentar sua persistência sob pastejo são o *Desmodium ovalifolium* e o *Calopogonium mucunoides*, que são pouco consumidos 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 este tipo de tolerância ao pastejo são o trevo branco e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*, *A. glabrata* e *A. repens*).

Para exemplificar os conceitos apresentados acima, os principais mecanismos de persistência de algumas leguminosas forrageiras tropicais são descritos na Tabela 13. 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. Dentre as leguminosas herbáceas tropicais já avaliadas, nenhuma possui

potencial de persistência tão elevado quanto o *Arachis pintoi*. As cultivares disponíveis dessa leguminosa apresentam alta eficiência tanto na reprodução sexual, com manutenção de um vigoroso banco de sementes enterradas no solo, quanto na reprodução clonal, por se tratar de uma planta verdadeiramente estolonífera. Além disso, poucas plantas forrageiras tropicais possuem tolerância ao pastejo tão elevada quanto o amendoim forrageiro. O Estado do Acre possui a maior área plantada com o *Arachis pintoi* cv. Belmonte no Brasil (Valentim & Andrade, 2005), e a experiência adquirida ao longo dos últimos 20 anos indicam que persistência não é um problema para essa leguminosa.

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.

Tabela 13. Mecanismos de persistência de algumas leguminosas forrageiras tropicais sob pastejo.

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	
Leucaena leucocephala	X	-	-	-	X	-	-	Alto
Arachis pintoi cv. Belmonte	-	X	X	-	-	X	X	Alto
D. ovalifolium cv. Itabela	-	X	X	X	-	X	X	Alto
Pueraria phaseoloides	-	X	-	Média	-	-	-	Médio
Calopogonium mucunoides	-	X	-	X	-	-	-	Médio
Estilosantes Campo Grande	-	X	-	-	-	Média	Média	Médio
S. guianensis cv. Mineirão	-	Pouca produção de sementes	-	-	-	Média	Média	Baixo
Neonotonia wightii	-	X	-	-	-	-	-	Baixo

Fonte: Andrade (2010).

A compatibilidade entre gramíneas e leguminosas foi definida por Collins & 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; f) tolerância à seca ou ao excesso de água no solo; g) competição por luz e espaço; h) padrão de sistema radicular; e, i) outras características inerentes à 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 por determinar sua resistência ao pastejo e, consequentemente, sua capacidade de persistência e compatibilidade com as diferentes

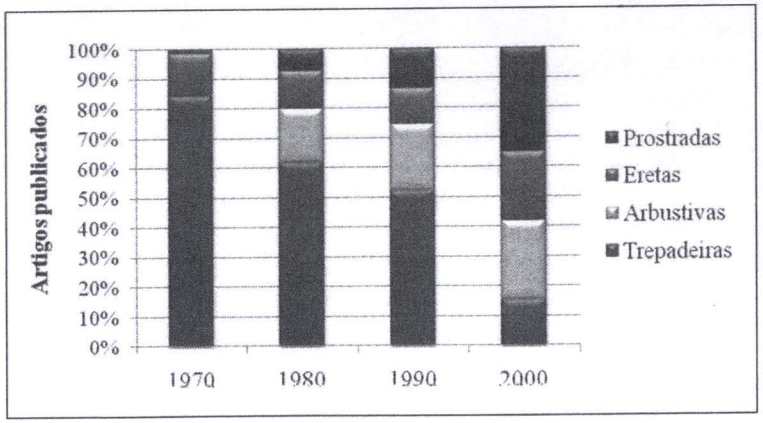

Figura 5. Participação de leguminosas forrageiras tropicais em artigos publicados nos periódicos RBZ e PAB nas décadas de 1970 a 2000, conforme o hábito de crescimento.
Fonte: Andrade (2010).

espécies de gramíneas. As leguminosas herbáceas geralmente são classificadas quanto ao seu hábito de crescimento em (a) trepadeiras ou de crescimento volúvel, (b) eretas e (c) prostradas ou rasteiras. Entre as prostradas, existem espécies não-radicantes, espécies que possuem crescimento estolonífero, como o *Arachis pintoi*, e outras que são rizomatozas, como o *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 gêneros 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 e 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 5). Entretanto, esse ponto de vista mostrou-se totalmente equivocado quanto à persistência destas leguminosas sob pastejo, já que essa vantagem somente se concretiza quando o pasto é mantido sem desfolha por longos períodos.

O entendimento das diferenças quanto à reação ao pastejo entre leguminosas com hábitos de crescimento contrastantes tornou-se mais completo após o trabalho clássico de Clements (1989), que 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 protegidas quando acima, constituem-se em um padrão ideal de plantas persistentes, mesmo em condições desfavoráveis de manejo (Curll & Jones, 1989). Entre as espécies mais estudadas, o *A. pintoi* é, seguramente, a leguminosa forrageira tropical que mais se assemelha a este padrão, razão pela qual sua proporção no consórcio com espécies de *Brachiaria*

e *Panicum* frequentemente aumenta quando submetida a maiores intensidades de pastejo (Figura 6).

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 5) e pela busca por estabilidade da composição botânica do pasto. Atualmente, o que se procura 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 (Humphreys, 1991; Fisher et al., 1996). Mesmo a suposta estabilidade de pastos de azevém e trevo branco em regiões de clima temperado já foi descartada, pois ocorrem mudanças frequentes no balanço gramínea/leguminosa ao nível de sítio (*patch*), causadas principal-

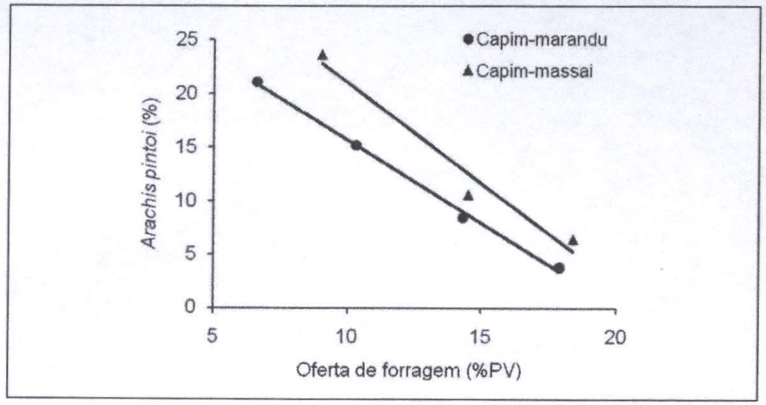

Figura 6. Porcentagem de *Arachis pintoi* em pastos consorciados com diferentes gramíneas, em resposta à oferta de forragem.
Fonte: Andrade et al. (2005).

mente pela deposição de fezes e urina pelos animais em pastejo (Schwinning & Parsons, 1996; Hodgson & Silva, 2000).

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 *Panicum maximum* na Amazônia, observa-se que a maioria das coroas da leguminosa se encontra localizada próximo à base das touceiras da gramínea. Já o elevado grau de compatibilidade do amendoim forrageiro com as gramíneas do gênero *Cynodon* e com a *B. humidicola*, por exemplo, decorre da semelhança entre as espécies quanto ao hábito de crescimento e 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 níveis variados de compatibilidade nos consórcios já testados. Andrade (2010) apresentou uma proposta para melhor discriminar o grau de compatibilidade, 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 14). 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 do consórcio restaurar o equilíbrio anterior, após sofrer algum tipo de distúrbio. É influenciada, principalmente, pelos mecanismos de perenização das espécies.

Tabela 14. Grau de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas em pastos consorciados, com base na harmonia entre as espécies ou cultivares e na resiliência do consórcio.

Resiliência / "Harmonia"	Baixa	Alta
Baixa	Consórcio incompatível	Consórcio persistente
Alta	Consórcio instável	Compatibilidade perfeita

Fonte: Andrade (2010).

Exemplo de um consórcio incompatível, com baixa harmonia e resiliência entre os componentes, é a associação da grama-estrela com a puerária (Andrade, 2009). No Acre, tem sido observado que a introdução da gramínea em áreas dominadas pela puerária resulta 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 pastejo rotativo.

O *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão é uma leguminosa que consegue formar consórcios harmônicos com gramíneas do gênero *Brachiaria*, porém com baixa resiliência devido à 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 tem sido observado nos pastos consorciados de puerária com cultivares de *Panicum maximum* no Acre. Há vários exemplos de persistência da leguminosa por períodos superiores a dez anos nestas pastagens, 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, porém pouco harmônico, é aquele constituído pelo calopogônio com várias espécies de *Brachiaria*.

A existência de compatibilidade perfeita entre gramíneas e leguminosas tropicais, o que parecia ser 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 *B. 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 destas 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 devido ao ataque de pragas (p. ex. cigarrinhas-das-pastagens), este é prontamente restabelecido assim que a gramínea se recupera dos danos.

Entretanto, é preciso deixar claro que existe grande variação entre genótipos de uma mesma espécie de leguminosa quanto ao grau de compatibilidade com gramíneas. No caso do amendoim forrageiro, por exemplo, os estudos mostram claramente a vantagem dos genótipos que investem menos na produção de sementes, como a cultivar Belmonte, quando comparados com aqueles bons produtores de sementes, como a cultivar Amarillo (Figura 7). Os primeiros são materiais mais agressivos e colonizadores, capazes de constituir consórcios mais harmônicos e resilientes do que os demais. A cultivar Belmonte geralmente mantém um banco de sementes no solo de até 50 kg/ha, suficiente para garantir a sua ressemeadura natural (Valentim & Andrade, 2003), embora a reprodução clonal seja o seu principal mecanismo de perenização.

Considerações finais

No Brasil, os pastos consorciados de gramíneas e leguminosas já são uma realidade em diversas regiões e deverão conquistar, a cada ano, maior grau de importância. O conhecimento sobre a tecnologia evoluiu bastante nas duas últimas décadas, porém ain-

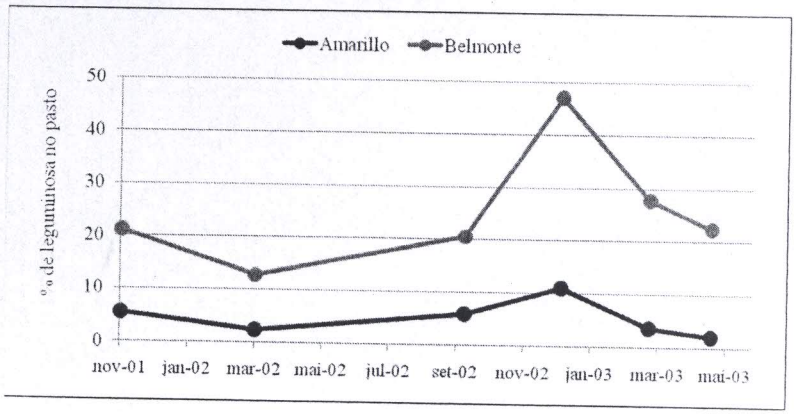

Figura 7. Comparação de duas cultivares de *Arachis pintoi* em pastos consorciados com o capim-tangola, estabelecidos em novembro de 2000 em área de várzea, em Prudente de Morais - MG.
Fonte: Viana et al. (2004).

da há necessidade de um esforço mais concentrado por um maior número de grupos de pesquisa, especialmente das 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 destas, especialmente no aprofundamento de estudos básicos sobre as novas cultivares de leguminosas que estão sendo lançadas, não será possível darmos o passo definitivo para a ampliação consistente no uso desta tecnologia. Também há necessidade de realização de mais eventos científicos sobre o tema, visando a troca de experiências entre os diversos grupos de pesquisa que tem trabalhado de forma isolada.

Em 2010 o Brasil importou 67% da ureia consumida no país. Os investimentos que estão sendo feitos pela Petrobras na construção de novas unidades de fabricação de fertilizantes nitrogenados e na ampliação da capacidade produtiva das fábricas já existentes no Brasil poderão tornar o país autossuficiente em fertilizantes nitrogenados até 2015 (Agrolink, 2011). Isso abre uma perspectiva para redução dos preços dos fertilizantes nitrogenados no mercado nacional, especialmente no interior do país, já que duas novas unidades produtivas da Petrobras serão instaladas em Uberaba-MG e Três Lagoas-MS, reduzindo a desigualdade regional existente na viabilidade econômica da adubação nitrogenada na pecuária brasileira. Caso essa expectativa se concretize, teremos maiores possibilidade de ampliar a utilização da adubação nitrogenada na intensificação da produção de ruminantes em pastagens no Brasil.

Por fim, é importante enfatizar que o problema da "fome de nitrogênio" nas pastagens brasileiras não poderá ser solucionado exclusivamente por apenas uma dessas tecnologias. Existem limitações de aplicabilidade e economicidade tanto da adubação nitrogenada quanto do uso de pastos consorciados na pecuária brasileira, de modo que o mais sensato para os pecuaristas é utilizar as duas tecnologias de forma complementar, juntamente com outras alternativas como a integração lavoura-pecuária, para aumentar a sustentabilidade econômica do seu empreendimento.

Referências bibliográficas

ABBERTON, M.T.; MACDUFF, J.H.; MARSHALL, A.H. et al. **The genetic improvement of forage grasses and legumes to reduce greenhouse gas emissions**. Rome: FAO, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/climatechange/papers/abberton_%20geneticimprovement.pdf>. Acesso em: 14 Fev. 2010.

AGROLINK. **Unidade de fertilizantes nitrogenados tornará país autossuficiente**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/cereaisdeinverno/noticia/unidade-de-fertilizantes-nitrogenados-tornara-pais-autossuficiente_127146.html>. Acesso em: 27 Mai. 2011.

AGUIAR, A.P.A.; AMARAL, G.C.; DATENA, J.L.F. et al. Produtividade de carne em sistemas intensivos nas pastagens de Mombaça, Tanzânia e Tifton-85 na região do cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM.

AGUIAR, A.P.A.; REIS, G.S.; AMARAL, G.C. et al. Produtividade de carne em sistemas intensivos nas pastagens de Mombaça, Tanzânia e Tifton-85 na região do cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais**... Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, R.G.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B. Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação, no Cerrado. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2, p.852-857, 2002 (suplemento).

ANDRADE, C.M.S. **Estratégias de manejo do pastejo para pastos consorciados na Amazônia Ocidental**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 159 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

ANDRADE, C.M.S. Estratégias de manejo do pastejo para pastos consorciados nos trópicos. In: GONCALVES, R.C.; OLIVEIRA, L.C. (Ed.). **Embrapa Acre**: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. cap. 9, p. 163-180.

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.; FAZOLIN, M. et al. **Grama-estrela-roxa**: gramínea forrageira para diversificação de pastagens no Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. 83 p.

ANDRADE, C.M.S.; BRAGA, R.M. Diagnóstico de nutrientes limitantes no solo de duas pastagens de *Brachiaria humidicola* em Roraima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais**... Goiânia, GO: SBZ : UFG, 2005. 6 p. 1 CD-ROM.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R. VALENTIM, J.F. et al. 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. Grazing management strategies for massaigrass-forage peanut pastures. 3. Definition of sward targets and carrying capacity. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 334-342, 2006.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Soluções tecnológicas para a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R.A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 175-197.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; PEREIRA, J.B.M. et al. Yield and botanical composition of a mixed grass-legume pasture in response to maintenance fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1633-1640, 2010a.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; VALLE, C.B. Produção animal em cultivares de *Brachiaria humidicola* sob pastejo na região Amazônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais**... Salvador: SBZ, 2010b. 1 CD-ROM.

ANDREWS, M.; SCHOLEFIELD, D.; ABBERTON, M.T. et al. Use of white clover as an alternative to nitrogen fertilizer for dairy pastures in nitrate vulnerable zones in the UK: productivity, environmental impact and economic considerations. **Annals of Applied Biology**, v. 151, p. 11-23, 2007.

ASSIS, A.G.; STOCK, L.A.; CAMPOS, O.F. et al. **Sistemas de produção de leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. 5 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 85).

BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B. et al. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.62, n.3, p.645-653, 2010.

BARCELLOS, A.O.; PIZARRO, E.A.; COSTA, N.L. Agronomic evaluation of novel germplasm under grazing: *Arachis pintoi* BRA-031143 and *Paspalum atratum* BRA-009610. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1997, Winnipeg. **Proceedings**... Saskatoon: CFC/CSA/CSAS, 1999. Session 24, p.47-48. 1 CD-ROM.

BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008. Suplemento.

BASSET-MENS, C.; LEDGARD, S.; BOYES, M. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. **Ecological Economics**, v. 68, p. 1615-1625, 2009.

BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

BOUMAN, B.A.M.; PLANT, R.A.J.; NIEUWENHUYSE, A. Quantifying economic and biophysical sustainability trade-offs in tropical pastures. **Ecological Modelling**, v. 120, p. 31-46, 1999.

BRISKE, D.D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K., STUTH, J.W. (Ed.) **Grazing management**: an ecological perspective. Portland: Timber Press, 1991. p.85-108.

BRISKE, D.D. Plant interactions. In: BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J. et al. (Eds.) **Forages**: the science of grassland agriculture. Ames: Blackwell Publishing, 2007. 6 ed. p. 105-122.

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.37-67.

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.

CARLIER, L.; ROTAR, I.; VLAHOVA, M. et al. The potential contribution of leguminous forage crops in sustainable cattle husbandry. **Bulletim UASVM**, Agriculture, v. 65, n. 1, p. 15-28, 2008.

CARNEIRO, J. C.; VALENTIM, J. F.; PESSOA, G. N. Avaliação agronômica do potencial forrageiro de *Arachis* spp. nas condições ambientais do Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais**... Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM

CARVALHO, P.C.F.; DALLAGNOL, M.; NABINGER, C. et al. Multispecies mixtures: management implications for subtropical and tropical pasture production. In: WACHENDORF, M.; HELGADÓTTIR, A.; PARENTE, G. (Org.). **Sward dynamics, N-flows and forage utilisation in legume-based systems**. Gorizia: Grafica Goriziana, 2006. p.103-112.

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: French Grassland Society, 1989. p.1027-1028

COATES, D.B. Tropical legumes for large ruminants. In: D´MELLO, J.P.F.; DEVENDRA, C. (Eds). **Tropical legumes in animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 1995. p.191-230.

COLLINS, R.P.; RHODES, I. Yield of white clover populations in mixtures with contrasting perennial ryegrass. **Grass and Forage Science**, 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**, v. 32, p. 261-170, 1966.

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.

CORRÊA, E. S.; VIEIRA, A.; COSTA, F. P. et al. **Sistema semi-intensivo de produção de carne de bovinos nelore no Centro-Oeste do Brasil**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000. 49 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 95).

CORRÊA, L.A. Sistemas de produção de carne bovina utilizando pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 2000, Goiânia, GO. **Anais**... Goiânia: CBNA, 2000. p.11-24.

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. et al. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.339-357.

DA SILVA, S.C. Conceitos básicos sobre sistemas de produção animal em pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba, SP. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 7-35.

DAVIES, A. Competition between grasses and legumes in established pastures. In: TOW, P.G.; LAZENBY, A. (Eds.) **Competition and Succession in Pastures**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 63-83.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215 p.

DUBEUX, J.C.B., JR.; SOLLENBERGER, L.E.; MATHEWS, B.W. et al. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**, v.47, p.915-928, 2007.

EUCLIDES FILHO, K; FIGUEIREDO, G.R.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Desempenho de animais nelore e seus mestiços com caracu, angus e simental. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM

EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K. Produção de carne em pastagens. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 321-349.

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**, v. 27, n. 2, p. 238-245, 1998.

FERNANDES, A.C.; MARTINS, R.L.; GRISE, M.M. et al. *Brachiaria brizantha*: produção de forragem com diferentes misturas de nutrientes e calcário. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais**... Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM

FISHER, M.J., RAO, I.M., THOMAS, R.J. et al. Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Ed.) **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.393-425.

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. et al. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.91-108.

GILLER, K.E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2001. 423 p.

GIMENES, F.M.A. **Produção e produtividade animal em capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo e adubação nitrogenada**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", 2010. 109 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, 2010.

GOMES, J.A.N. **Sustentabilidade de sistema de pastagem de coastcross com uso de leguminosa e/ou de nitrogênio explorado com bovinos**. Maringá, PR: Universidade Estadual de Maringá, 2008. 95 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2008.

GONZÁLEZ, M.S., VAN HEURCK, L.M., ROMERO, F., PEZO, D.A., ARGEL, P.J. 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.

GRAMSHAW, D.; READ, J. W.; COLLINS, W. J. et al. Sown pastures and legume persistence: an Australian overview. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. et al. (Ed.) **Persistence of Forage Legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 1-21.

GROF, B. Forage attributes of the perennial groundnut *Arachis pintoi* in a tropical savanna environment in Colombia. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto. **Proceedings**... Nishi-Nasuno: Japanese Society of Grassland Science, 1985. p.168-170.

HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.J.; IBRAHIM, M.A. et al. Pasture production, diet selection and liveweight 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. 134-141, 1995.

HODGSON, J., SILVA, S.C. Sustainability of grazing systems: goals, concepts and methods. In: LEMAIRE, G., HODGSON, J., MORAES, A. et al. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p.1-13.

HUANG, W. **Factors contributing to the recent increase in U.S. fertilizer prices, 2002-08**. Washington: ERS/USDA, 2009. 21 p. (USDA. AR-33). Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/Publications/AR33/AR33.pdf>. Acesso em: 18 Mai. 2010.

HUMPHREYS, L.R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. **Tropical Grasslands**, v.14, n.3, p.153-158, 1980.

HUMPHREYS, L.R. **The evolving science of grassland improvement**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 261 p.

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.

ICO – International Coffee Organization. **Estudo sobre os preços dos fertilizantes**. Londres: ICO, 2009. 15 p. Disponível em: <http://www.ico.org/show_document.asp?id=2801>. Acesso em: 27 Abr. 2011.

JONES, R.M., CARTER, E.D. Demography of pastures legumes. In: MARTEN, G.C. et al. (Ed.) **Persistence of forage legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p.139-156.

JOSÉ, M. Comparar para avançar. **DBO**, n. 356, p. 48-53, 2010.

KEMP, D.R.; MICHALK, D.L. Grasslands for production and environment. In: MC GILLOWAY, D.A. (Org.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: IGC, 2005. p.193-208.

LASCANO, C.E. Animal production in grass-legume pastures in the tropics. In SOTOMAYOR-RIOS, A.; PITMAN, W.D. (Eds.) **Tropical forage plants**: development and use. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 219-232.

LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 175-182, 2010 (supl. especial).

LEDGARD, S.; SCHILS, R.; ERIKSEN, J. et al. Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 48, p. 209-226, 2009.

LEDGARD, S.F.; PENNO, J.W.; SPROSEN, M.S. Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as a□ected by nitrogen fertilizer application. **Journal of Agricultural Science**, v. 132, p.215-225, 1999.

LEDGARD, S.F.; STEELE, K.W. Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. **Plant and Soil**, v. 141, p.137-153, 1992.

LENZI, A.; CECATO, U.; MACHADO FILHO, L.C.P. et al. Desempenho animal em pastagem de coastcross consorciado ou não com *Arachis pintoi* com ou sem nitrogênio. **Agropecuária Técnica**, v. 30, n. 2, p. 61-68, 2009.

LOURENÇO, A.J.; CARRIEL, J.M.; BEISMAN, D.A. Desempenho de bovinos Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* associada à *Leucaena leucochephala*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais**... Fortaleza: SBZ, 1996. p. 10-12.

LUGÃO, S.M.B., RODRIGUES, L.R.A., MALHEIROS, E.B. et al. Animal performance in pastures of *Panicum maximum* cv. IPR 86 fertilized with nitrogen. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro, SP. **Proceedings**... Piracicaba: FEALQ. 1 CD-ROM

MANNETJE, L.'t Potential and prospects of legume-based pastures in the tropics. **Tropical Grasslands**, v.31, n.2, p.81-94, 1997.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2004. p.155-215.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. Adubação nitrogenada. In: MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L; SOUSA, D.M.G. (Eds). **Cerrado**: uso efi-

ciente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p.117-144.

MAYA, F.L.A. Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso de irrigação. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, 2003.

MIRANDA, C.H.B.; FERNANDES, C.D.; CADISH, G. Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.21, n.1, p.64-69, 1999.

MIRANDA, C.H.B.; VIEIRA, A.; CADISH, G. Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) por intermédio da abundância natural de ^{15}N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1859-1865, 2003 (Suplemento 2).

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.

MYERS, R.J.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, p.104-110, 1991.

NELSON, C.J.; BURNS, J.C. Fifty years of grassland science leading to change. **Crop Science**, v.46, p.2204-2217, 2006.

NEWTON, W.E. Series preface. In: WERNER, D.; NEWTON, W.E. **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment**. Dordrecht: Springer, 2005. p.ix-xii.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA; I.P.; FERREIRA, E. et al. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.23, n.1, p.14-18, 2001.

PARIS, W.; CECATO, U.; BRANCO, A.F. et al. Produção de novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.122-129, 2009.

PEREIRA, J.M.; NASCIMENTO JR., D.; CANTARUTTI, R.B. et al. Consumo e ganho de peso de bovinos em pastagens de capim *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. 118-131, 1992

PEREIRA, J.M.; SANTANA, J.R.; RESENDE, C.P. Alternativas para aumentar o aporte de nitrogênio em pastagem formada por capim humidícola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais**... Fortaleza: SBZ, 1996. p. 38-40.

PEREIRA, J.M.; TARRÉ, R.M.; MACEDO, R. Productivity of *Brachiaria humidicola* pastures in the Atlantic forest region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 83, p. 179–196, 2009.

PÉREZ, R.A.; LASCANO, C.E. Potencial de producción animal de asociaciones de gramíneas y leguminosas promisorias en el piedemonte de la Orinoquia Colombiana. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES – Sabanas, 1., 1992, Brasília. **Anais**... Cali: CIAT, 1992. p. 585-593.

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.

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. (Ed.) **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília: CIAT/EMBRAPA, 1982. p.433-452.

ROCHA, G.L.; ALCÂNTARA, V.B.G.; ALCÂNTARA, P.B. Animal production from Brazilian tropical pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1981, Lexington. **Proceedings**... Boulder: Westview Press, 1983. p.771-774.

ROCHON, J.J.; DOYLE, C.J.; GREEF, J.M. et al. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 197- 214, 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

SCHWINNING, S., PARSONS, A.J. A spatially explicit population model of stoloniferous N-fixing legumes in mixed pastures with grass. **Journal of Ecology**, v.84, p.815-826, 1996.

SCOT CONSULTORIA. **Cotações**. Mercado físico – boi gordo. Bebedouro: SCOT CONSULTORIA, 2011a. Disponível em: <http://www.scotconsultoria.com.br/ cotacoes.asp?idN=1>. Acesso em: 05 Mai. 2011.

SCOT CONSULTORIA. **Cotações**. Preços do leite – preços brutos pagos pela produção de março, pagos em abril de 2011. Bebedouro: SCOT CONSULTORIA, 2011b. Disponível em: <http://www.scotconsultoria.com.br/cotacoes.asp?idN=2>. Acesso em: 05 Mai. 2011.

SHELTON, H.M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. In: Mc Gilloway, D. A. (Org.). **Grassland**: a global resource. Wageningen: IGC, 2005. p.149-166.

SOLLENBERGER, L.E. Sustainable production systems for *Cynodon* species in the Subtropics and Tropics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.85-100, 2008, suplemento.

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: SBZ, 1990. p.101-119.

THIAGO, L.R.L.S.; VALLE, L.C.S.; SILVA, J.M. et al. Uso intensivo de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon e *Panicum maximum* cv. Mombaça visando à produção de carne. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais**... Viçosa: SBZ: 2000. 1 CD-ROM.

THOMAS, R.J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. **Plant and Soil**, v.174, n.1-2, p.103-118, 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.133-142, 1992.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M.; RONDON, M.A. et al. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savanna of Colombia. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.5-6, p.801-808, 1997.

TOSI, P. **Estabelecimento de parâmetros agronômicos para o manejo e eficiência de utilização de *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1 sob pastejo rotacionado**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1999.

URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; ALVES, B.J.R. et al. Influence of decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, n.14, p.2099-2106, 1998.

USDA - United States Department of Agriculture. **Fertilizer use and price**. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/data/fertilizeruse/>. Acesso em: 20 Mai. 2010.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. Adaptação e produtividade de forragem de acessos de *Pueraria phaseoloides* nas condições ambientais do Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais**... Viçosa: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Forage peanut (*Arachis pintoi*): a high yielding and high quality tropical legume for sustainable cattle production systems in the Western Brazilian Amazon. **Tropical Grasslands**, v. 39, n. 4, p. 222-222, 2005.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Partição de biomassa e banco de sementes de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental brasileira. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais**... Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, PA, v. 4, n. 8, p. 273-283, jan./jun. 2009.

VALÉRIO, J.R. **Cigarrinhas-das-pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009. 51 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 179).

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. Diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v. 8, n. 5, p. 20-22, 2004.

VALLE, L.C.S.; SILVA, J.M.; SCHUNKE, R.M. Ganho de peso de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM.

VALOR ECONÔMICO. **Produção de ureia no país cresce 14%**. Disponível em: <http://www.fecombustiveis.org.br/index.php?option=com_clipping&task=nota&notaid=16064>. Acesso em: 26 Mai. 2011.

VELA, J.W.; KELLER-GREIN, G.; PINEDO, L. Productividad animal en la asociacion de *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133 con *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en Pucallpa. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES – Amazonia, 1., 1990, Lima. **Anais**... Cali: CIAT, 1990, v.2, p. 635-641.

VIANA, M.C M.; PURCINO, H.M.A.; MACÊDO, G.A.R. Consorciação do *Arachis pintoi* com capim-tangola (*Brachiaria mutica* X *Brachiaria radicans*) em área de várzea. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande: SBZ; Embrapa Gado de Corte, 2004. 1 CD-ROM.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; BARIONI, L.G. et al. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 2004. p.425-472.

WEDIN, D.A. Nutrient cycling in grasslands: an ecologist's perspective. In: JOOST, R.E.; ROBERTS, C.A. (Eds.) **Nutrient cycling in forage systems**. Columbia: University of Missouri, 1996. p.29-44.

WOODFIELD, D.R.; CLARK, D.A. Do forage legumes have a role in modern dairy farming systems? **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 48, p. 137-147, 2009.

Biomassa de pastagens para a produção de energia

Thiago Libório Romanelli[1]
Guilherme Silva Raucci

Introdução

O setor agrícola se desenvolveu ao longo do século XX, partindo de um estado primitivo com o uso da tração animal, até chegar aos patamares tecnológicos atuais. Esses avanços tiveram como suporte o aumento na demanda energética, principalmente das fontes de combustível fóssil, fazendo com que o cultivo deixasse, aos poucos, de ser a "arte de colher o sol" para se tornar um processo de transformação de petróleo, gás natural e eletricidade em energias utilizáveis pelo ser humano (Ferraro Júnior, 1999).

1. Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Biossistemas – Esalq/USP, romanelli@usp.br