

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 12 (3)

June 2019

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=784&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



# Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro

## Nitrogen input strategies in pastures: mineral fertilizer, bacterial inoculant and consortium with forage peanuts.

M. L. B. Bourscheidt<sup>1</sup>, B. C. Pedreira<sup>2</sup>, D. H. Pereira<sup>1</sup>, M. C. Zanette<sup>1</sup>, J. Devens<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Mato Grosso – Campus Sinop

<sup>2</sup> Embrapa Agrossilvipastoril

Author for correspondence: [bruno.pedreira@embrapa.br](mailto:bruno.pedreira@embrapa.br)

**Resumo.** O Brasil é país de destaque na produção de pecuária de corte, em que as pastagens são a base na alimentação de ruminantes, pois é a forma mais econômica e prática de oferta de alimento. O nitrogênio é o principal nutriente para manutenção e incremento da produtividade das gramíneas forrageiras, mas sua aplicação é uma das práticas mais onerosas e emissoras de gases de efeito estufa para o sistema. A introdução desse elemento no complexo solo-planta-animal pode ser de forma direta, por meio da utilização de fertilizantes minerais e também por outras formas, como por exemplo, por meio de simbiose de plantas com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico e bactérias promotoras de crescimento em plantas. Devido à expectativa de mudanças climáticas e a demanda crescente por alimentos, os sistemas de produção vegetal e animal necessitam ser cada vez mais competitivos, responsáveis e eficientes. Assim, objetivou-se discutir estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastos: fertilização nitrogenada mineral, inoculação com *Azospirillum brasilense* e consórcio com amendoim forrageiro.

**Palavras-chaves:** *Azospirillum brasilense*, fixação biológica de nitrogênio, sistemas de produção em pastagens

**Abstract.** Brazil is a prominent country in the production of beef cattle, where pastures are the basis for ruminant feed, because it is the most economical and practical form of food supply. Nitrogen is the main nutrient for maintaining and increasing the productivity of forage grasses, but its application is one of the most costly and greenhouse gas emitting practices for the system. The introduction of this element into the soil-plant-animal complex can be directly, with mineral fertilizers and with other alternatives, for example, through symbiosis of plants with atmospheric nitrogen fixing bacteria and plant growth promoting bacteria. Owing to future climate changes and increasing food demand, plant and animal production systems need to be increasingly competitive, responsible and efficient. Therefore, the objective of this study was to discuss nitrogen supply strategies in pastures: nitrogen fertilization, inoculation with *Azospirillum brasilense* and consortium with forage peanuts.

**Keyword.** *Azospirillum brasilense*, biological nitrogen fixation, forage-livestock production system

### Contextualização e análise

Na pecuária nacional, a base da alimentação de ruminantes provém de sistemas de produção em pastagens, com 167 milhões de hectares (ABIEC, 2016) e um efetivo bovino de 218 milhões de cabeças (IBGE, 2017).

Produzir bovinos em pastagens de forma eficiente e competitiva requer conhecimento do processo produtivo, entendimento dos sistemas de produção e das respostas morfofisiológicas da

planta (Pedreira et al., 2017). A produção de ruminantes no Brasil, na sua grande maioria, é feita em sistemas de produção em pastagens. No entanto, a competitividade com a agricultura e o maior valor das terras no país requerem mudanças na forma de cultivar pastagens (Emerenciano Neto et al., 2013). O uso de fertilizantes e corretivos é uma maneira efetiva de repor nutrientes no sistema e, potencialmente, garantir a sua sustentabilidade (Barcellos et al., 2008).

Em regiões de clima tropical, o período de déficit hídrico e a baixa fertilidade natural dos solos causam um reflexo direto na quantidade e qualidade da forragem produzida. O manejo inadequado do sistema solo-planta-animal e o gerenciamento ineficiente da atividade predispõem à degradação das pastagens, impactando negativamente sobre o ambiente e refletindo em baixos índices zootécnicos do rebanho (Barcellos et al., 2008).

Conceitualmente, degradação é o processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e da capacidade de recuperação natural da pastagem, tornando-a incapaz de manter as taxas de lotação (Macedo, 1995). Esse processo pode ser amenizado a partir da escolha da espécie forrageira condizente com clima e solo da região, com um bom manejo e a reposição periódica de nutrientes.

Visando a manutenção produtiva das pastagens, a exploração da fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas leguminosas forrageiras de clima tropical em pastagens consorciadas; o uso de fertilizantes nitrogenados e a adoção do sistema de integração-lavoura-pecuária, são algumas das opções (Andrade, 2010). Quando os nutrientes estão em equilíbrio, a maior resposta em produção de forragem é atribuída à adição de fertilizantes nitrogenados, que tem sido uma das práticas mais onerosas. No entanto, o nitrogênio pode ser obtido por via biológica, por meio da associação de plantas com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico. O aumento da FBN pela prática da inoculação em gramíneas pode contribuir, direta ou indiretamente, no aumento de produção de culturas (Döbereiner, 1997; Moreira & Siqueira, 2006).

Para as próximas décadas, com as perspectivas atribuídas às mudanças climáticas, elevação de preço de petróleo, mudanças na matriz energética, controle de emissão de gases de efeito estufa, e aumento da população mundial, com maior demanda por alimentos (Andrade & Assis, 2012), existe a necessidade de entender e buscar, cada vez mais, fontes alternativas e sustentáveis na produção de forragem. Objetivou-se com esta revisão discutir estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastos: fertilização nitrogenada mineral, inoculação com *Azospirillum brasilense* e consórcio com amendoim forrageiro.

### Importância do nitrogênio para as plantas

As principais fontes de N necessárias ao crescimento das plantas são: a decomposição da matéria orgânica do solo; os fertilizantes e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). No entanto, o fornecimento, a utilização e as perdas desse elemento constituem um ciclo complexo com muitas interações (Hungria et al., 1994).

O N é encontrado em diferentes formas no ciclo biogeoquímico. Na atmosfera, o N varia desde a forma gasosa à de íons reduzidos, antes de ser incorporado a compostos orgânicos nos seres vivos. Na atmosfera, há cerca de 78% do N molecular ( $N_2$ ), forma não disponível aos organismos vivos. Para

tanto, a obtenção desse nutriente requer a quebra de uma ligação covalente tripla entre os dois átomos, produzindo amônia ( $NH_3$ ) ou nitrato ( $NO_3^-$ ). A fixação de N pode ocorrer por processo industrial ou natural. Neste último, destacam-se os relâmpagos, que contribuem com cerca de 8% do N fixado, produzindo ácido nítrico que precipita com a chuva; reações fotoquímicas, responsável por 2% do N fixado, por meio de reações entre óxido nítrico ( $N_2O$ ) e ozônio, também gerando ácido nítrico; e por fim, a FBN, representando 90% do N fixado, na qual certos microrganismos fixam o  $N_2$  e disponibilizam em formas assimiláveis pelas plantas (Taiz & Zeiger, 2006). Alguns microrganismos do solo utilizam o nitrogênio da matéria orgânica e disponibilizam às plantas por meio do processo de mineralização (Dias-Filho, 2011).

Os íons amônio ( $NH_4^+$ ) produzidos pela mineralização ou inseridos no solo a partir do uso de fertilizantes podem ser convertidos para a forma nítrica, numa oxidação biológica denominada nitrificação. Ocorre a oxidação do amônio para nitrito que é formado como produto intermediário, pois é rapidamente oxidado a nitrato. Os íons  $NO_3^-$  que foram produzidos podem ser perdidos por volatilização, por meio da redução microbiológica a  $N_2O$  e  $N_2$  denominada desnitrificação, processo final do retorno de gás  $N_2$  para a atmosfera (Neto, 2001).

O N é um nutriente essencial para as plantas, por ser constituinte de proteínas e ácidos nucleicos, por participar da síntese de vitaminas, hormônios, coenzimas, alcaloides, hexosaminas e outros compostos. Nas folhas, encontra-se nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila, em que cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de N (Taiz & Zeiger, 2006).

A utilização do N reduz o tempo de aparecimento de folhas sucessivas, aumentando a produção de novas células e o número de folhas por planta. Assim, a forrageira se recupera mais rapidamente, ficando disponível aos animais em intervalos mais curtos de descanso, o que por sua vez pode representar um aumento da frequência de pastejo (Silva et al., 2013a). Também exerce papel importante no desenvolvimento de perfilhos e, conseqüentemente, na produção de forragem, por fazer parte das proteínas e ácidos nucleicos (Silva et al., 2013b).

Segundo Gimenes et al. (2017), a baixa disponibilidade de N pode afetar o desenvolvimento da raiz, a produção de fotoassimilados e a taxa de crescimento como um todo, podendo alterar as características estruturais das plantas. Em pastagens adubadas ocorre aumento no fluxo de tecidos da planta e, em consequência, há um melhor valor nutritivo (Nave et al., 2010). Tais fatores podem influenciar positivamente a frequência de pastejo e a taxa de lotação, conferindo maior eficiência ao sistema (Santos, 2010).

Esse elemento é essencial na produtividade da pastagem, com caráter poluente, por ser

componente do óxido nitroso, um dos gases do efeito estufa. Assim, as práticas de manejo devem priorizar a fixação e conservação deste elemento, a fim de diminuir perdas e melhorar a utilização (Dias-Filho, 2011).

No Brasil, apenas 1,6 % dos fertilizantes utilizados são destinados para pastagem, além disso 73% dos fertilizantes nitrogenados são importados (ANDA, 2017). Há estimativas de déficit anual de N em pastagens de gramíneas de clima tropical da ordem de 60 a 125 kg.ha<sup>-1</sup>. A alta no preço dos fertilizantes nitrogenados não tem sido acompanhada pela valorização dos produtos da pecuária, tornando as relações troca animal x fertilizante cada vez mais desfavoráveis (Andrade, 2010). Para tanto, outras formas para aportar N devem ser estudadas de maneira a viabilizar seu uso, mantendo a eficiência na produção.

### **Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens**

A reposição de nutrientes na pastagem, sobretudo N, torna-se necessária para melhor produtividade e qualidade de forragem, principalmente à medida que o sistema de produção se intensifica (Cantarutti & Santo, 2002). O aumento da biomassa depende do desenvolvimento da área foliar da planta e é afetado pela baixa disponibilidade de nutrientes, o que pode limitar a expansão celular, diminuir a eficiência fotossintética, ou uma combinação de tais fatores (Martins et al., 2015).

As exigências da planta são supridas pelo somatório de N mineral proveniente da atmosfera, de fertilizantes e de resíduos orgânicos do solo (Costa et al., 2006). O N é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade das pastagens. Esse nutriente, mesmo presente no solo como constituinte de material orgânico ou na forma mineral, tem seu suprimento limitado (Costa et al., 2006). A precipitação atmosférica contribui para aporte de nutrientes ao solo, principalmente N, mesmo que de forma pouco expressiva. O N ainda pode ser introduzido na pastagem, naturalmente, por meio da fixação biológica do N atmosférico (FBN), realizada por microrganismos de vida livre ou em associação com gramíneas e leguminosas (Cantarutti & Santo, 2002) e pela adição de adubos orgânicos.

Como vantagens na utilização de fertilizantes nitrogenados tem-se a disponibilidade imediata para as plantas, com custo energético reduzido para absorção. Em contrapartida, como desvantagem podem ser considerados o gasto energético elevado para sua síntese; o maior custo quando ao considerar o produto, transporte e mão-de-obra; as perdas por desnitrificação, nitrificação e lixiviação e conseqüente poluição de águas. Enquanto na FBN, as vantagens englobam o menor custo, a diminuição de problemas ambientais e também a manutenção de fertilidade no solo, apresentando como desvantagem um crescimento

mais lento para plantas dependentes dessa fixação e pequena quantidade de informação quanto à efetividade de estirpes (Hungria et al., 1994).

### **Fertilização mineral**

A quantidade de N disponibilizada, por meio da mineralização da matéria orgânica ou pela adubação nitrogenada mineral, influencia no potencial de produção de forragem. Dois aspectos são fundamentais no manejo da fertilização mineral: a fonte e o parcelamento das doses para diminuir as perdas por volatilização e lixiviação (Costa et al., 2006).

A adubação nitrogenada promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, com efeitos positivos em características estruturais e produtivas (Silva et al., 2013b). Nas folhas e perfilhos, há diferenciação no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento e, em consequência, aumento no valor nutritivo da forrageira, o que poderá resultar em melhores índices zootécnicos (Corsi, 1994).

Práticas agrônômicas, como a adubação mineral nitrogenada, alteram de maneira significativa a produção de gramíneas forrageiras, uma vez que o suprimento de N no solo não atende à demanda (Fagundes et al., 2005). Em média, as plantas recuperam apenas 50, 20 e 60% do nitrogênio, fósforo e potássio aplicados, respectivamente. Assim, a fertilização precisa ser estratégica, ainda mais quando considerando a fertilização nitrogenada, devido à dinâmica e transformações no solo e às perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação deste nutriente (Cantarutti & Santo, 2002).

Devido à complexidade da dinâmica do N no solo, existe uma dificuldade para definir qual a melhor dose a ser aplicada para as diferentes espécies forrageiras. A recomendação da adubação nitrogenada normalmente é realizada de acordo com a exigência das espécies, havendo variação até mesmo dentro de gênero. Além disso, é necessário considerar o método de pastejo, controlado pela taxa de lotação animal, visto que o manejo da pastagem tem influência marcante na produção de forragem.

Conforme Costa et al. (2006), existem algumas fontes de nitrogênio que podem ser usadas em pastagens, as mais comuns são: ureia (44 a 46% de N); sulfato de amônio (20 a 21% de N) e o nitrato de amônio (32 a 33% de N), cada qual apresentando vantagens e desvantagens em sua utilização. O uso de ureia tem como vantagem o menor custo por quilograma de N, com alta concentração e fácil manipulação, além de causar menor acidificação no solo, mas apresenta maior perda de N por volatilização. O sulfato de amônio possui vantagens como a menor perda de N e ter presença de enxofre em sua composição (24% de S), e tem como desvantagens o maior custo por quilograma de N e a maior acidificação do solo quando comparado com ureia e com nitrato de

amônio. Testando doses e fontes de N, Costa et al. (2010) observaram que a produção de forragem utilizando sulfato de amônio foi 18% mais elevada do que aplicando ureia, devido as maiores perdas de N por volatilização de amônia (Silva et al., 2013b).

Silva et al. (2013a), avaliando características morfológicas de *B. brizantha* (cultivares Marandu, Xaraés e Piatã) com doses crescentes de N (0, 80, 160 e 240 kg.ha<sup>-1</sup>), concluíram que a taxa de aparecimento de folha responde positivamente à adubação nitrogenada, enquanto o filocrono responde negativamente. A dose de 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N garantiu a maior a uma taxa de aparecimento de folhas para todas as cultivares. Pereira et al. (2015a), avaliando doses de 0, 150, 300 e 450 kg.ha<sup>-1</sup> de N em capim-marandu sob pastejo, observaram aumento nas taxas de aparecimento e alongamento de folhas, o que exige aumento na taxa de lotação e na frequência de desfolha devido a diminuição da do tempo de vida da folha. Os autores ressaltaram que a taxa de 150 kg.ha<sup>-1</sup> melhorou a eficiência de utilização em relação às pastagens não fertilizadas, apesar da ausência de diferenças na eficiência de utilização de forragem entre pastos adubados com N.

Fagundes et al. (2005), utilizando doses de N de 75, 150, 225 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em *B. decumbens* sob pastejo, durante as quatro estações do ano, observaram as maiores produções de forragem na primavera e no verão, e taxa de acúmulo linear crescente quanto às doses de N. Silva Filho et al. (2014), estudando *B. brizantha* cv. Marandu sob doses crescentes de N, observaram incremento em massa e acúmulo de forragem, e em altura de dossel. Após o ajuste utilizando uma regressão quadrática, o ponto máximo para o acúmulo de forragem foi de 253 kg.ha<sup>-1</sup>.

Testando níveis de N (0, 25, 50, 75, 100 kg.ha<sup>-1</sup>), Oliveira et al. (2014) observaram incremento na produção de 45 kg de MS para cada kg de N.ha<sup>-1</sup> aplicado. O acúmulo de folhas teve ponto de máxima estimado entre as doses de 80 e 100 kg.ha<sup>-1</sup>, sugerindo que as doses não foram suficientes para atingir o máximo de acúmulo.

Utilizando sulfato de amônio e ureia em quatro doses (0, 100, 200 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), Costa et al. (2010) relatam que as doses de N promoveram acréscimos lineares na produção de forragem e no teor de proteína bruta (PB), além de redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA). Nesta mesma configuração, foi observado que a maior dose de N proporcionou maiores valores de altura, densidade de perfilhos e massa de lâminas foliares em capim-marandu (Silva et al., 2013b).

Estudando *B. decumbens* sob pastejo com quatro doses de N (75, 150, 225 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>), Fagundes et al. (2006), observaram aumento linear de índice de área foliar (IAF), provavelmente em razão do efeito deste elemento no comprimento final da folha e na taxa de alongamento foliar. Vitor et al.

(2014) também observaram padrão de resposta semelhante, utilizando doses de 0, 100, 200 e 400 kg.ha<sup>-1</sup>, uma vez que o N pode aumentar a produção da forrageira e gerar um efeito benéfico no perfilhamento, o que possivelmente contribuiu para o aumento da quantidade de lâminas foliares.

### Fixação biológica de nitrogênio

O Brasil é um grande líder na substituição de fertilizantes nitrogenados pela fixação biológica de nitrogênio. A agricultura brasileira gera muitos produtos de exportação, como a soja, que é um exemplo clássico da supressão da aplicação de N, devido à associação com bactérias diazotróficas, além de outras culturas importantes que são objeto de estudo, como o milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum* spp.) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (Döbereiner, 1997).

Segundo Taiz & Zeiger (2006), a FBN é a forma mais importante de fixar nitrogênio atmosférico em amônio. Algumas bactérias possuem a enzima nitrogenase e conseguem realizar esta conversão. A maior parte desses organismos procariontes tem vida livre no solo, e alguns formam associações simbiotes com plantas, na qual essas bactérias fornecem o nitrogênio fixado em troca de outros nutrientes e carboidratos da planta hospedeira. Uma forma de ocorrência dessa simbiose é por meio de nódulos formados nas raízes de leguminosas. Apenas 23% das espécies de leguminosas possuem formação de nodulação, considerando que o número total de espécies na família é de mais de 16.500. Em uma mesma planta podem ser formados nódulos por diferentes espécies e estirpes (linhagens) (Moreira & Siqueira, 2006).

Na avaliação de soja (*Glycine max*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e da forrageira *Centrosema pubescens*, o peso dos nódulos foi influenciado pela concentração de N total das plantas, devido às adubações com N mineral em doses elevadas e uma estirpe ineficiente (Döbereiner et al., 1966). O excesso de N mineral reduz a nodulação já que esse processo ocorre devido à demanda nutricional da planta e, na presença desse N mineral, as demandas são reduzidas e não há estímulo da nodulação. Por outro lado, pequenas doses de N podem beneficiar o arranque da FBN, principalmente aquelas que tem ciclo curto (Moreira & Siqueira, 2006). A quantidade de N fixado varia com a espécie e com as condições do ambiente, como acidez do solo, salinidade, deficiências ou excesso de minerais, estresse hídrico, variações na temperatura e também conforme a quantidade de N inorgânico no solo (Andrade, 2010).

O aporte de N que as leguminosas conferem a gramínea na pastagem é basicamente por meio da transferência do nitrogênio biologicamente fixado, que pode ocorrer de forma direta e indireta (Pereira, 2002). A transferência direta ocorre pela liberação de produtos nitrogenados pelas raízes, através de hifas de

micorrizas que ligam as raízes das duas espécies e também por reabsorção do N volatilizado ou lixiviado da folhagem da leguminosa. A forma indireta ocorre por mecanismos de reciclagem, tanto subterrânea, por meio da senescência de raízes e nódulos, como superficial, por meio da decomposição da liteira e fezes e urina dos animais (Cantarutti & Boddey, 1997). A contribuição deste último depende do consumo da leguminosa, da quantidade de excreções, da área efetivamente coberta e da uniformidade de distribuição, podendo ser rápida e significativa, porém, ineficiente. Entre 75 a 95% do N ingerido pelo animal retorna à superfície do solo como excreta, e desse montante, 50 a 80% via urina, mas com distribuição irregular e grandes perdas por volatilização e lixiviação (Barcellos et al., 2008). A lixiviação das folhas é pouco significativa, representando cerca de 1% do N fixado, a transferência pelo sistema radicular é estimada entre 1 e 3%, alcançando um máximo de 9%, e a mineralização do N contido no resíduo da leguminosa pode alcançar até 90% (principalmente em áreas adubadas com fósforo e potássio) (Prado, 2008).

O uso de leguminosas forrageiras, devido à capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, tem ampla contribuição para a produção animal, decorrente da contribuição direta da leguminosa e também pela maior disponibilidade de N no solo, que culmina na elevação dos teores de proteína bruta da gramínea associada (Barcellos et al., 2008; Andrade, 2010).

Em pastagens consorciadas não é possível alcançar os mesmos resultados quando comparando pastagens de gramíneas adubadas com altas doses de N, pelo fato das leguminosas não fixar N suficiente para explorar o potencial produtivo de pastagens de clima tropical e pelo potencial de acúmulo de forragem das leguminosas ser inferior ao das gramíneas melhoradas (Andrade & Assis, 2012).

O amendoim forrageiro pode ser uma alternativa de consórcio, com quantidade de N fixada variando de 15 a 25 kg para cada tonelada de matéria seca produzida (Andrade & Assis, 2012). Além disso, existem alguns estudos evidenciando a inoculação com bactérias em gramíneas forrageiras como uma prática promissora e que incrementa a produção.

As bactérias fixadoras de N que colonizam gramíneas são agrupadas em três categorias: organismos da rizosfera (colonizam a superfície radicular); endofíticas facultativas (podem colonizar a superfície e o interior das raízes) e endofíticas obrigatórias (capazes de colonizar o interior da raiz e os tecidos aéreos da planta) (Baldani et al., 1997). As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) são um grupo de microrganismos capazes de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas, composto por bactérias endofíticas como *Herbaspirillum seropedicae*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*,

*Klebsiella* spp., *Azoarcus* spp. ou associativas como *Azospirillum* spp., *Azotobacter* spp. Ao contrário das bactérias simbióticas, não há formação de nódulos e as bactérias associativas liberam apenas parte do N fixado diretamente para a planta associada (Hungria, 2011).

*Azospirillum* é uma BPCP já estudada e utilizada em diversos países. Seu modo de ação nas plantas ainda é motivo de discussão, essas bactérias fixam N e produzem fitohormônios, principalmente ácido-indol-acético (AIA) e giberelina; além de afetar vias metabólicas, como a atividade da membrana celular, promover alterações na morfologia do sistema radicular, permite absorver melhor minerais e água e, em consequência, contribui para o aumento da produção (Bashan et al., 2004).

### Consórcio com amendoim forrageiro

O cultivo de plantas em consórcios é praticado há séculos, principalmente por pequenos produtores das regiões de clima tropical, e é caracterizado pela maximização de espaço mediante o cultivo simultâneo, num mesmo local, de duas ou mais espécies com diferentes características quanto à sua arquitetura vegetal, hábitos de crescimento e fisiologia (Hernani et al., 2014). Em regiões de clima tropical, a utilização de pastagens consorciadas pode ser uma opção para melhorar a longevidade produtiva da pastagem. As leguminosas forrageiras devem ser persistentes e produtivas, contribuindo com 20 a 45% da composição botânica, em massa de forragem (Andrade, 2010), porém, a estabilidade do consórcio ainda é um desafio, e está relacionada também com o manejo da pastagem (Cantarutti & Santo, 2002).

Paes & Lima (2015) revisaram trabalhos com consórcio dos últimos dez anos de pesquisa na área (2005 a 2015), nos periódicos Revista Brasileira de Zootecnia, Revista Brasileira de Sementes, Archivos de Zootecnia e Anais do ZOOTEC (2015). Os autores concluíram que existem poucos trabalhos sobre a temática, destacando que a maioria analisa a quebra de dormência de sementes *in vitro*, em que: sete trabalhos realçam a importância da adoção de leguminosas para a formação de consórcio nas pastagens e ganhos em produtividade animal e nove estudos discutem sobre superação da dormência de sementes.

A persistência das leguminosas nas pastagens depende de mecanismos que asseguram a perenidade ou manutenção da população de plantas e que regulam a adaptação da planta ao pastejo. A perenidade das leguminosas nas pastagens pode decorrer da longevidade das plantas, da reposição de plantas por via reprodutiva (semente), e/ou da reposição de plantas introduzidas por via vegetativa (estolões e rizomas) (Andrade, 2010; Andrade & Assis, 2012).

A compatibilidade entre espécies no consórcio é devido à diferença na taxa de

crescimento, morfogênese, padrão de sistema radicular, exigências nutricionais, mecanismos para manutenção da população, tolerância a estresses, tolerância ao pastejo, entre outras características inerentes às plantas (Pereira, 2002). Para avaliar a compatibilidade e a persistência no consórcio é interessante a análise de duas variáveis: a harmonia entre a gramínea e a leguminosa, e a resiliência do consócio, mesmo que por pouco tempo (6 a 12 meses). A harmonia é determinada principalmente pela compatibilidade do hábito de crescimento e pela plasticidade morfológica das plantas, enquanto a resiliência se refere à capacidade do consórcio restaurar o equilíbrio anterior, após sofrer algum tipo de distúrbio (Andrade, 2010).

O manejo de consórcios é mais complexo que pastagens exclusivas de gramíneas ou leguminosas, pois inclui os efeitos de competição entre espécies na comunidade, a seletividade animal sobre os componentes e pressões bióticas e abióticas (Barcellos et al., 2008). Existem cultivares de leguminosas que apresentam boa persistência em consórcio com gramíneas, possibilitando taxas de lotação anual de até 3,6 unidade animal por hectare ( $UA \cdot ha^{-1}$ ) e produtividade animal superior a  $900 \text{ kg} \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  de peso vivo, contribuindo para a redução no custo da produção (Andrade & Assis, 2012).

Andrade (2010) fez compilação de 15 trabalhos publicados entre 1985 e 2010 na América Latina, com dados de produção de bovinos de corte em recria em 32 pastos consorciados com leguminosas forrageiras (*Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides*, *Stylosanthes guianensis*, *S. capitata*, *S. macrocephala*, *Calopogonio muconoides* e *Lecaena leucocephala*). O desempenho animal variou de 241 a  $624 \text{ g} \cdot animal^{-1} \cdot dia^{-1}$ , com média de  $439 \text{ g} \cdot animal^{-1} \cdot dia^{-1}$ . Enquanto os resultados de produtividade animal foram, em média, de  $551 \text{ kg} \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ , sendo que em 66% dos pastos consorciados avaliados, a produtividade esteve na faixa de  $400 \text{ a } 700 \text{ kg} \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ .

Existem poucas pesquisas e divulgação com leguminosas, mas as que mais apresentam potencial de uso são: *Arachis pintoi*, *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, Campo Grande (*S. capitata* e *S. macrocephala*), *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela, *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonio muconoides*, e leguminosas arbóreas/arbustivas, como a *Lecaena leucocephala*, *Cajanus cajan*s, *Gliricidia serpium*, entre outras (Pereira, 2002).

A persistência do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. e Greg.) sob pastejo pode ser considerada boa, principalmente devido ao hábito de crescimento prostrado; à produção de sementes e/ou estolões e rizomas, com os pontos de crescimento protegidos e também a tolerância ao pisoteio e à desfolha (Valentim et al., 2001).

O amendoim forrageiro é uma leguminosa herbácea, de clima tropical, perene e nativa do Brasil, de hábito de crescimento estolonífero,

produzindo raízes a partir dos nós em contato com o solo ou em locais que estejam com elevada umidade (Valentim, 2011). Possui produção subterrânea de frutos originários de flores aéreas, e é encontrada desde o Planalto Central, em Goiás, até o litoral da Bahia, nos biomas Mata Atlântica e Cerrado (Assis, 2011).

Segundo Valentim (2011), a utilização do amendoim forrageiro pode ser feita em consorciação com gramíneas, produção em estandes puros como banco de proteína na produção de forragem, na conservação de solo e como planta ornamental de jardins. No Brasil, as cultivares de *A. pintoi* já lançadas são Alqueire-1, Amarillo MG-100 (BRA 013251) e Belmonte. Apenas a cultivar oriunda do acesso BRA 013251 possui sementes disponíveis no mercado, porém com oferta irregular e preços elevados.

A cultivar BRS Mandobi (*Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi) foi registrada em 2008 no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Assis, 2011) e seu desenvolvimento e produção tem como objetivo viabilizar a oferta de sementes, permitindo a utilização em larga escala na produção pecuária em ambientes de clima tropical (Valentim, 2011). Além da alta produção de sementes, apresenta bom estabelecimento e alta produção de forragem, tolerância a solos bem drenados ou de baixa permeabilidade, boa taxa de crescimento foliar e disponibilidade de folhas (Assis, 2011; Assis et al., 2013)

Em estudos realizados em Rio Branco (Acre), a produção anual de forragem da cultivar Mandobi variaram de 11 a  $18 \text{ t} \cdot ha^{-1}$ , considerando quatro a cinco cortes por ano. Além disso, a cobertura total do solo ocorre entre 90 e 120 dias após o plantio, com altura do estande em torno de 8 cm a 10 cm (Assis, 2011). Para a produção de sementes, pode apresentar produtividade acima de  $3.000 \text{ kg} \cdot ha^{-1}$  no período de 18 a 21 meses após o plantio (Valentim, 2011).

Estudando dois acessos de *Arachis repens*, sete acessos e duas cultivares de *Arachis pintoi*, Valentim et al. (2003) verificaram que 10 semanas após o plantio, a cultivar Belmonte apresentou 96% de cobertura do solo, enquanto que a cultivar Amarillo e Mandobi (acesso Ap65) 120 dias após o plantio, apresentaram cobertura do solo acima de 80%. A altura, 120 dias após o plantio, foi de 7; 6,2 e 8 cm, enquanto que a produção de forragem foi 2.639; 2.373 e  $3.011 \text{ kg} \text{ MS} \cdot ha^{-1}$  e a taxa de acúmulo de forragem foi de 22; 20 e  $25 \text{ kg} \cdot ha^{-1} \cdot dia^{-1}$ , para Amarillo, Belmonte e Mandobi, respectivamente. As cultivares e acessos avaliados apresentaram teores médios de proteína bruta (PB) variando de 17,9 a 21,7%.

Quando as cultivares Alqueire-1, Amarillo, Belmonte e Mandobi foram colhidas com 28 ou 42 dias, a 10 cm de altura, o acúmulo de médio de forragem foi 4.300; 4.100; 8.100 e  $4.800 \text{ kgMS} \cdot ha^{-1}$ , a proteína bruta média foi 24,6; 23,0; 26,5 e 23,7%,

respectivamente, com digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica média de 66,9% (Ferreira, 2014). Avaliando as cultivares Belmonte e Mandobi e quatro intervalos de corte (28, 42, 56 e 70 dias) na transição águas/seca e seca, as produtividades médias acumuladas no período de transição (70 dias), pelos genótipos Belmonte e Mandobi foram de 2.316 (33,1 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>) e 2.119 kg.ha<sup>-1</sup> (30,3 kg.ha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>), respectivamente. Enquanto no período seco, Belmonte apresentou melhores resultados de cobertura de solo e produção, em que os valores médios foram maiores (2.033 kg.ha<sup>-1</sup>) quando comparados ao Mandobi (854 kg.ha<sup>-1</sup>) (Santos, 2012).

Avaliando o desempenho de bovinos de corte em pastagens puras de *B. humidicola* ou consorciadas com *Arachis pintoi* cv. Mandobi, a taxa de lotação durante o período chuvoso foi de 3,97 UA.ha<sup>-1</sup> em ambas as pastagens, o ganho de peso diário dos animais foi 20% maior nas pastagens consorciadas, aumentando 20,5% a produtividade animal (Vasconcelos & Sales 2013). Com a mesma modalidade de consórcio, Sales et al. (2015) observaram que a presença da leguminosa na proporção de 10,3% na pastagem consorciada foi suficiente para aumentar o ganho de peso médio diário dos animais em 17,7%. Da mesma maneira, a produtividade animal aumentou em 18,7% durante 101 dias de experimento, melhorando a qualidade de forragem, com taxa de lotação média de 3,9 UA.ha<sup>-1</sup>. No consórcio de *B. brizantha* cv. Marandu, com *Pueraria phaseoloides* e Mandobi, a capacidade suporte anual foi de 2,5 UA.ha<sup>-1</sup>, sem irrigação ou adubação nitrogenada (Assis et al., 2013).

A cultivar Mandobi pode ser uma opção para a recuperação de pastagens degradadas na Amazônia, principalmente onde os solos são pouco permeáveis, e com ocorrência de mortalidade de capim-marandu. Essa cultivar de amendoim forrageiro tem persistido por mais de 10 anos em pastagens de consórcio com *Cynodon nlemfuensis*, *B. brizantha* e *B. humidicola*, sob pastejo rotativo, porém a utilização em regiões com seca prolongada, ou seja, acima de 4 meses, é um desafio (Assis et al., 2013).

Existem outros materiais de amendoim forrageiro não lançados e que podem ser promissores, mas para a recomendação em sistemas intensivos de produção de bovinos, ainda são necessários mais estudos quanto a produtividade e qualidade nas diferentes épocas do ano, tolerância de pragas e doenças, produção de semente, compatibilidade com gramíneas forrageiras, produção animal e persistência sob pastejo (Valentim et al., 2003).

### Inoculantes em gramíneas

O gênero *Azospirillum* é o mais estudado na associação com gramíneas. Este grupo engloba espécies diazotróficas, como *A. brasilense*, com respostas positivas à inoculação, por fixação de

nitrogênio e produção de outras moléculas (Baldani et al., 1997). Efeitos benéficos do *Azospirillum* para as plantas podem ocorrer por meio do estímulo ao aumento da densidade e comprimento dos pelos absorventes das raízes; aumento na velocidade de aparecimento de raízes laterais e do volume de superfície radicular; aumento na absorção de nutrientes e sinais moleculares que interferem no metabolismo das plantas (Bashan; Holguin, 1997).

Vários estudos realizados com inoculação por *Azospirillum* indicam o crescimento das plantas e/ou aumento da produtividade. Hungria (2011) em revisão sobre os efeitos em trigo e milho, observou que 76% e 85% dos estudos, respectivamente, apresentaram aumento médio de produtividade, respondendo positivamente a inoculação. Há vários estudos sobre os efeitos benéficos para culturas de grãos como milho, trigo, arroz e sorgo (*Sorghum bicolor*), havendo maior necessidade de evidenciar os benefícios destas bactérias de forma específica para forrageiras (Vogel et al., 2014).

A fixação de nitrogênio pode reduzir as consequências do estresse hídrico pela maior absorção de N e síntese de clorofila, resultando na recuperação do dossel forrageiro mais rápida após o corte (Souza, 2014). Resultados positivos são encontrados com a inoculação em forrageiras, promovendo contribuição na produção, número de panículas, teores de N e altura da planta (Vogel et al., 2014).

A inoculação com *Azospirillum* spp. em capim-marandu pode promover efeito sobre altura das plantas, número de folhas, número de perfilhos, leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development) e massa de raiz, apresentando respostas positivas em todos os parâmetros avaliados (Guimarães et al., 2011). Assim como, efeito significativo na taxa de aparecimento de folhas, aumento da largura final da folha, taxa de alongamento e alargamento foliar, redução na proporção de colmo e do filocrono, além do aumento da massa seca de raiz na profundidade de 0 a 10 cm (Souza, 2014).

A partir de amostras de raízes de *B. humidicola*, *B. decumbens* e *B. brizantha* foram encontradas populações de *A. amazonense* com capacidade de produção de fitormônios tipo AIA (ácido 3-indol acético), que variou de 35 a 110 µM. Estimativas das populações variaram de 10<sup>3</sup> a 10<sup>7</sup> células.g<sup>-1</sup> de raízes (Reis Junior et al., 2004). Nestas gramíneas, foram encontrados *A. lipoferum*, *A. brasilense* e *A. amazonense*, em que todos os isolados apresentaram capacidade de reduzir acetileno, e todos isolados de *A. amazonense* foram capazes de produzir AIA (Reis Junior et al., 2003).

Em estudo realizado por Silva et al. (2010) com população de bactérias diazotróficas em forrageiras cultivadas com diferentes alturas de corte (*B. humidicola*, *B. decumbens* e *Pennisetum purpureum*), observou-se que a intensidade de corte mais drástica foi associado ao maior número de *Azospirillum* spp. e *Herbaspirillum* spp., e a maior produção de forragem e acúmulo de N total em

pastagens de *B. decumbens*. Em tratamentos fertilizados com 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> na pastagem de *P. purpureum*, a população de bactérias diazotróficas testada (*Azospirillum* spp e *Gluconacetobacter diazotrophicus*) foi inibida pelo N aplicado. Para *B. humidicola*, apenas o gênero *Herbaspirillum* spp. foi identificado.

Neste mesmo trabalho (Silva et al., 2010), as pastagens de *B. decumbens*, *P. purpureum* e *B. humidicola* apresentaram em média 32,4; 20,0 e 11,4% do N fixado, respectivamente. Em *B. brizantha* cv. Xaraés, o maior acúmulo de N foi observado na adubação nitrogenada, e a produção de forragem apresentou acréscimo médio de 11,3% para forrageiras inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas quando comparada a ausência de N e inoculação (Bosa, 2014).

Oliveira et al. (2007) testaram doses nitrogenadas (0, 150, 200 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>) e presença ou ausência de sementes inoculadas com *A. brasilense* em *B. brizantha* cv. Marandu. Quando se aplicou N mineral na pastagem, não houve efeito da inoculação, e na pastagem com adubações parceladas de 75 kg.ha<sup>-1</sup> de N mais inoculação, houve decréscimo na produção em relação à pastagem apenas com inoculação, contrariando alguns resultados de literatura. Porém, as pastagens sem aplicação de N e com inoculação produziram mais forragem no corte inicial quando comparado ao controle.

Pereira et al. (2015b) estudaram inoculação de *Azospirillum* spp. com a adubação nitrogenada (50 kg.ha<sup>-1</sup>) em capim-marandu e observaram a influência positiva nas características agrônomicas: taxa de alongamento foliar, taxa de aparecimento de folha, filocrono e comprimento final da folha. Diferentemente, Pedreira et al. (2017), quando aplicando 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N, inoculando com *A. brasilense* ou combinando ambos, nesta mesma forrageira, não encontram diferenças para as variáveis taxas de aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos.

Hungria et al. (2016), avaliando a capacidade de bactérias em promover o crescimento de plantas na presença de fertilizante nitrogenado em *B. brizantha* cv. Marandu e *B. ruziziensis* em três locais do Brasil, observaram que a fertilização nitrogenada e a fertilização nitrogenada mais *A. brasilense* promoveram aumentos médios em produção de forragem de 5,4% e 22,1%, respectivamente, com aumentos em 73% das colheitas. A inoculação foi equivalente ao uso de uma adubação de 40 kg de N.ha<sup>-1</sup>, o que representaria ganhos de 0,103 Mg C.ha<sup>-1</sup>, equivalendo a 0,309 mg de CO<sub>2</sub>-eq.ha<sup>-1</sup>. Assim, o crescimento das plantas na presença da bactéria representaria o sequestro de CO<sub>2</sub>-eq, transformando-o em biomassa de forragem e, conseqüentemente, sugerindo maior reposição de carbono orgânico do solo.

A inoculação com estirpes de *Azospirillum* em *Brachiaria* pode contribuir para a diminuição nas

aplicações de fertilizantes nitrogenados (Guimarães et al., 2011). O mercado brasileiro de fertilizantes possui dependência das importações e as projeções são de aumento na utilização de fertilizante nitrogenados para os próximos anos, assim, o uso de bactérias promotoras de crescimento em plantas pode reduzir custos e trazer benefícios ambientais, além de futuras negociações no comércio de créditos de carbono (Hungria, 2011). Um grande avanço na sustentabilidade nos sistemas de produção em pastagem seria a escolha correta dos genótipos para as condições edafoclimáticas, o manejo adequado e a capacidade de captação do N<sub>2</sub> atmosférico (Reis Junior et al., 2004).

### Considerações Finais

O uso adequado dos sistemas de produção animal em pastagens e a busca pela intensificação não estão diretamente associados à redução das emissões de gases de efeito estufa. O aporte de fertilizantes, especialmente os nitrogenados, podem aumentar significativamente as emissões nas pastagens, embora possa, ao mesmo tempo, contribuir fortemente a produção de forragem e o desempenho animal. Portanto, a produção animal em pastagens deve buscar reduzir ou compensar essas emissões e melhorar a eficiência produtiva, resultando em menor emissão de gases de efeito estufa por unidade de produto produzido.

Nesse cenário, em busca de intensificação dos sistemas de produção com pecuária, o nitrogênio é um elemento fundamental para garantir manutenção de pastagens produtivas e incrementos em pastagens em degradação. A fixação biológica de nitrogênio e o uso de bactérias promotoras de crescimento em plantas são técnicas alternativas e capazes de permitir que o produtor diminua o uso de fertilizantes nitrogenados minerais. Especialmente, quando se considera um cenário de aumento nos custos de produção e de pressão social por produção responsável, considerando o uso adequado dos recursos naturais.

### Referências

- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório Anual 2016. <http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>.
- ANANDA – Associação Nacional para Difusão de adubos. Fertilizantes. DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos / Bradesco 2017. [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_fertilizantes.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_fertilizantes.pdf).
- ANDRADE, C.M.S.; ASSIS, G.M.L. Consorciação de Pastagens: potencial da tecnologia e fatores de sucesso. Produção intensiva de pastagens. Informe Agropecuário. Belo Horizonte - MG. v. 33, n. 266, 13 p., 2012.



- ANDRADE, C.M.S. Produção de Ruminantes em Pastos consorciados. In: V SIMFOR, Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem. III Simpósio Internacional sobre Produção Animal Em Pastejo. Anais... Viçosa - MG: UFV. p. 171-214, 2010.
- ASSIS, G.M.L. Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre. In: Principais características de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi. Rio Branco, AC. Embrapa Acre (Sistemas de Produção, 4). ISSN 1679-1134 Versão Eletrônica, 2011.  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>.
- ASSIS, G.M.L.; VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seeds for the tropics. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, v.1, p. 39 - 41, 2013
- BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*. v. 29, n.5/6, p. 911-922, 1997.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. 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, suplemento especial, p. 51-67, 2008.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* - plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, v. 43, p. 103-121, 1997.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. *Azospirillum* plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BOSA, C.K. Capim Xaraés inoculado com bactérias diazotróficas associativas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Rondonópolis - MT, 2014.
- CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. Anais... Viçosa, MG: DZO, p. 431-445, 1997.
- CANTARUTTI, R.B.; SANTO, H.Q. Entrada e conservação de nutrientes nos sistemas de produção de bovinos a pasto. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa, MG. Anais...Viçosa, MG: SIMCORTE, p.133-152, 2002.
- CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 121-155, 1994.
- COSTA, K.AP.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.
- COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIM, V. Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 60 p., 2006.
- DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 29, n. 36, p. 771-774, 1997.
- DÖBEREINER, J.; DE ARRUDA, N.B.; PENTEADO, A.F. Avaliação da fixação do nitrogênio, em leguminosas, pela regressão do nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 1, n. 1, p. 233-237, 1966.
- DIAS-FILHO, M.B. Degradação de pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação. 4. ed. Belém: 215p., 2011.
- EMERENCIANO NETO, J.V.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; BEZERRA, M.G.S.; GALVÃO, R.C.P.; VASCONCELOS, R.I.G. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 4, p. 962-973, 2013.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, C.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.21-29, 2006.
- FERREIRA, A.S. Desempenho agrônomo, características morfofisiológicas e valor nutritivo da forragem de quatro genótipos de amendoim forrageiro sob corte. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 2014.

- GIMENES, F.M.A.; BARBOSA, H.Z.; GERDES, L.; GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; BATISTA, K.; PREMAZZI, L.M.; MIGUEL, A.N.V. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: a review. *African Journal of Agricultural Research*. v. 12, n.2, p.85-92, 2017.
- GUIMARÃES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M.; POLIZEL, A.C.; CAMPOS, D.T.S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 13, p. 816 - 826, 2011.
- HERNANI L.C; SOUZA L.C.F; CECCON G. *Consortiação de Culturas*. 2014.  
[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema\\_plantio\\_direto](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto).
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. *Embrapa Soja*. (Documentos n. 325). Londrina – PR, 36p, 2011.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 221, p. 125–131, 2016.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica de nitrogênio em soja. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. *Microrganismos de importância agrícola*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja. -Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPaf. (Documentos. 44). 236 p., 1994.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rebanho de bovinos tem maior expansão da série histórica.  
<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16994-rebanho-de-bovinos-tem-maior-expansao-da-serie-historica.html>.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens nos ecossistemas Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS. Anais... Brasília: SBZ, p.28-62, 1995.
- MARTINS, L.E.C.; MONTEIRO, F.A.; PEDREIRA, B.C. Photosynthesis and Leaf Area of *Brachiaria brizantha* in Response to Phosphorus and Zinc Nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, v. 38, n. 5, p. 754-767, 2015.
- MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2ª edição atualizada e ampliada. Lavras, Editora UFLA, 729 p. 2006.
- NAVE, R.L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; PEDREIRA, B.C. Nutritive value and physical characteristics of Xaraes palisadegrass as affected by grazing strategy. *South African Journal of Animal Science*, v. 40, n.4, 2010.
- NETO, A.E.F.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. *Fertilidade do solo*. Lavras: UFLA/FAEPE, 261p, 2001.
- OLIVEIRA, H.M.R; SANTOS, A.C; OLIVEIRA, L.B.T; ARAÚJO, A.S; RODRIGUES, M.O.D; SILVEIRA JUNIOR, O. Características agrônômicas do capim *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu submetido a doses de nitrogênio. *Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Amazônia Oriental. Anais... Gurupi-TO, p. 34-40, 2014.
- OLIVEIRA, A.P.P. OLIVEIRA, S.W.; JUNIOR B.W. Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio. EMBRAPA; Circular Técnica 54. São Carlos-SP, p.6, 2007.
- PAES, H.M., LIMA, E.S. Pastagens consorciadas como alternativa sustentável na produção de ruminantes. *Atas de Saúde Ambiental - ASA* (São Paulo, Online ISSN: 2357-7614), v. 3, n .2, p. 112-118, 2015.
- PEDREIRA, B.C.E.; BARBOSA, P.L.; PEREIRA, L.E.T.; MOMBACH, M.A.; DOMICIANO, L.F.; PEREIRA, D.H.; FERREIRA, A. Tiller density and tillering on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 69, n. 4, 2017.
- PEDREIRA, C.G; SILVA V.J.; PEDREIRA, B.C.; SOLLENBERGER, L.E. Herbage Accumulation and Organic Reserves of Palisade grass in Response to Grazing Management based on Canopy Targets. *Crop Science*, v. 57, p. 2283–2293, 2017. doi: 10.2135/cropsci2016.11.0957.
- PEREIRA, J.M. Leguminosas Forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: onde estamos? Para onde vamos? Editores: OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. SIMFOR, Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem. Anais... Viçosa – MG. UFV: Departamento de Zootecnia. 2002.

- PEREIRA, L.E.T.; PAIVA, A.J.; GUARDA, V.D.; PEREIRA, P.M.; CAMINHA, F.O.; SILVA, S.C. Herbage utilisation efficiency of continuously stocked marandu palisade grass. *Scientia Agricola*. v.72, n.2, p.114-123, 2015a.
- PEREIRA, T.P.; GOMES, M.B.; CARNEIRO, R.D.C. Morfogênese do Capim – Marandu submetido à inoculação de *Azospirillum* e adubação nitrogenada. Interdisciplinar: Revista Eletrônica da UNIVAR, n. 14, v. 2, p. 6-10, 2015b.
- PRADO, R.M. Manual de nutrição de plantas forrageiras. Jaboticabal – SP. Funep, 500 p. 2008.
- REIS JUNIOR, F.B.; SILVA, M.F.; TEIXEIRA, K.R.S.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria* spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 103-113, 2004.
- REIS JUNIOR, F.B.; TEIXEIRA, K.R.S.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Associação de bactérias promotoras de crescimento de plantas do gênero *Azospirillum* com diferentes espécies de *Brachiaria*. Documentos n 85. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 52 p., 2003.
- SALES, M.F.L.; ANDRADE, C.M.S.; FARINATTI, L.H.E.; PORTO, M.O.; MESQUITA, A.Q.; CLEMÊNCIO, R.M. Desempenho produtivo de bovinos de corte em pastos consorciados com amendoim forrageiro cultivar Mandobi, no Acre. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA – ZOOTEC. Anais... Fortaleza, CE, 2015.
- SANTOS, E.C. Características agrônomicas e bromatológicas de amendoim forrageiro em diferentes intervalos de corte. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2012.
- SANTOS, M.E.R. Ajustes no manejo do pastejo em pastagens adubadas. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.11, p.1, 2010.
- SILVA, D.R.G.; COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; BERNARDES, T.F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013b.
- SILVA FILHO, A.S.; MOUSQUER, A.J.; CASTRO, W.J.R.; SIQUEIRA, J.V.M.; OLIVEIRA, V.J.; MACHADO, R.J.T. Desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido a diferentes doses de ureia. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*. v. 8, n. 1, p. 172-188, 2014.
- SILVA, L.L.G.G.; ALVES, G.C.; RIBEIRO, J.R.A.; URQUIAGA, S.; SOUTO, S.M.; FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A. Fixação biológica de nitrogênio em pastagens com diferentes intensidades de corte. *Archivos de Zootecnia*, v. 59, n. 225, p. 21-30, 2010.
- SILVA, M.F.; PORTO, E.M.V.; ALVES, D.D.; VITOR, C.M.T.; ASPIAZÚ, I. Morphogenetic characteristics of three *Brachiaria brizantha* cultivars submitted to nitrogen fertilization. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.85, n.1, p.371-377, 2013a.
- SOUZA, P.T. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás Regional. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Jataí - GO, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2006.
- VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S.; MENDONÇA, H.A. et al. Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 6, p. 1569-1577, 2003.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L.S. Amendoim forrageiro cv. Belmonte: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre. EMBRAPA, Circular Técnica, nº 43, Rio Branco, AC, 2001.
- VALENTIM, J.F. Produção de sementes de *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi no Acre. In: Introdução. Rio Branco, AC. Embrapa Acre (Sistemas de Produção, 4). ISSN 1679-1134 Versão Eletrônica, 2011. <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>.
- VASCONCELOS, J.M. SALES, M.F.L. Avaliação do desempenho produtivo de bovinos de corte, em pastos puros e consorciados com o amendoim forrageiro cultivar Mandobi, no Acre. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA ACRE, 1., 2013, Rio Branco. Anais... Rio Branco: Embrapa Acre, 2013.
- VITOR, C.M.T.; COSTA P.M.; VILLELA, S.D.J.; LEONEL, F.P.; FERNANDES, C.F.; ALEMEIDA, G.O. Características estruturais de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* stapf cv. Basilisk sob doses de nitrogênio. *Boletim de Indústria Animal*. v.71, n.2, p.176-182, 2014.
- VOGEL, G.F; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poaceas forrageiras: importâncias e resultados. *ACSA–Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.