

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (12)

December 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/131220201245>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&p=view&path%5B%5D=1245&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, CrossRef, ICI Journals Master List.



## Inovações tecnológicas na fertilização de solos sob pastagens.

## Technological innovations in soil fertilization under pasture.

A. J. Anjos<sup>1</sup>, D. N. Coutinho<sup>1</sup>, C. A. S. Freitas<sup>1</sup>, H. Paixão<sup>1</sup>, B. Bernardino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa

\* Author for correspondence: [albert@zootecnista.com.br](mailto:albert@zootecnista.com.br)

**Resumo.** A adoção de estratégias inovadoras para a fertilização sob pastagens, diferentemente da fertilização tradicional, busca a obtenção de objetivos peculiares. Nesse quesito, o equivocado argumento que sustenta o crescimento pecuário nacional através da expansão de novas fronteiras pode substancialmente ser quebrado ao levar em consideração as novas estratégias de fertilização de solos sob pastagens. Estratégias inovadoras são baseadas na flexibilização do manejo e buscam, dentre outras formas, o aproveitamento de resíduos agrícolas e industriais, minimizando assim os impactos ambientais através da redução na emissão dos gases de efeito estufa e da maximização da fixação de carbono. Assim, a busca por fontes alternativas aos fertilizantes inorgânicos e a maximização da eficiência de uso destes continuará a ser o principal objetivo da inovação tecnológica de solos em áreas de pastagens pelos próximos tempos.

**Palavras-chaves:** FBN, nitrificação, N-NH<sub>3</sub>, volatilização, eficiência.

**Abstract.** The adoption of innovative strategies for fertilization under pastures, unlike traditional fertilization, seeks to achieve specific objectives. In this regard, the mistaken argument that supports national livestock growth is due to the expansion of new frontiers can be substantially broken by taking into account the new soil fertilization strategies under pastures. Innovative strategies are based on flexible management and seek, among other ways, the use of agricultural and industrial waste, thus minimizing environmental impacts by reducing the emission of greenhouse gases and maximizing carbon fixation. Thus, the search for alternative sources to inorganic fertilizers and maximizing the efficiency of their use will continue to be the main objective of technological innovation of soils in pasture areas for the foreseeable future.

**Keywords:** BNF, nitrification, NH<sub>3</sub>-N, volatilization, efficiency.

### Introdução

O termo tecnologia possui uma diversidade de definições, variando estas de acordo com a área a qual se faz alusão. No caso em questão, a conceituação proposta de ABETTI (1989) apud STEENSMA (1996), parece ser a mais adequada e define tecnologia como sendo “um corpo de conhecimentos, ferramentas e técnicas, derivados da ciência e da experiência prática, que é usado no desenvolvimento, projeto, produção, e aplicação de produtos, processos, sistemas e serviços”. Assim, apesar da fertilização de pastagens tratar-se de prática agrícola que há tempos é tradicionalmente utilizada, com o objetivo de recuperar ou conservar a fertilidade do solo, nos últimos anos o reconhecimento de que a adubação de pastagens pode ser conduzida com base em novas estratégias, visando o alcance de objetivos

distintos, ou através da utilização de produtos alternativos vem se consolidando (FONSECA et al., 2011; DEMINICIS, 2015). Essa nova e recente forma de realizar a adubação de pastagens pode ser denominada “inovação”, termo derivado do latino *innovatio*, e que se refere à idéia, método ou objeto que é criado e que pouco se parece com padrões anteriores (FONSECA et al., 2011).

Áreas de pastagens cobrem 3 bilhões de hectares em todo o mundo sendo que no Brasil estimativas sugerem que o total de hectares cobertos por pastagens chegue a 192 milhões (FAOSTAT, 2020). Embora a área total de pastagens seja bastante expressiva, há de se salientar que os solos de melhor aptidão são em sua maioria ocupados por lavouras anuais de grãos ou de grande valor industrial para a produção de óleo, fibra, resinas, açúcar, entre outras, justificando

assim os problemas de ordem produtiva e sustentável da produção de bovinos (MACEDO, 2009). O reflexo disso pode ser observado na baixa taxa de lotação das pastagens brasileiras. Comparativamente, as áreas de pastagens nativas apresentam taxas de lotação reduzida, enquanto as áreas artificiais são responsáveis por sustentarem taxas de lotação mais elevadas (BALSALOBRE et al., 2002). Dentre os vários fatores responsáveis pela baixa eficiência produtiva das áreas de pastagens, destacam-se o manejo animal inadequado, evidenciado principalmente pela taxa de lotação animal excessiva, e a falta de reposição de nutrientes no solo (MACEDO, 2009; VILELA et al., 2012). A fertilização de pastagens possui fundamental importância na busca de um sistema de exploração não só economicamente, mas também socialmente e sustentavelmente viável (FONSECA et al., 2008).

Entretanto, diante das constantes mudanças no cenário internacional não restam dúvidas de que a agricultura e pecuária serão pressionadas a buscar fontes alternativas ou substitutos eficientes para os fertilizantes químicos derivados do petróleo, já que a utilização de grande parte dos insumos convencionais contribuem de forma efetiva para o aumento do custo de produção, além de afetarem de forma direta e indireta os processos de aquecimento global (LOPES; CONTINI, 2012). No caso da fertilização de solos sob pastagens a utilização dos conceitos da eficiência de novas técnicas de manejo para a aplicação de fertilizantes, assim como o efeito da aplicação de fertilizantes nas distintas etapas da produção animal em áreas de pastagem também se configuram como estratégias inovadoras (FONSECA et al., 2011.).

Baseado neste contexto, esta revisão tem como principal objetivo buscar na literatura nacional e internacional inovações tecnológicas na fertilização de pastagens, visando à redução da dependência de fontes não renováveis, assim como o aumento da eficiência de uso das fontes já em utilização e seus efeitos na eficiência de uso da terra.

### Desenvolvimento

Um argumento equivocadamente sustenta que a pecuária brasileira é uma atividade de baixa adoção de tecnologia, que cresce prioritariamente à custa da expansão de pastagem. De acordo com Martha Jr. et al. (2012), a decomposição dos fatores de crescimento da produção pecuária entre 1950 e 2006 revelou que os ganhos de produtividade explicaram 79% do crescimento na produção, enquanto a expansão de área de pastagem respondeu por menos de 21% desse avanço. Os autores ainda encontraram que no período esses ganhos de produtividade possibilitaram um expressivo efeito poupa-terra de 525 milhões de hectares.

Cabem aqui algumas qualificações. Aumentar a produtividade das pastagens implica na utilização de métodos de intensificação, tais como o uso da adubação de pastagens ou rotações com lavouras. Para isso, a fertilização de pastagens deve ser conduzida de forma inovadora, para alcançar novos objetivos a partir da utilização de novos produtos ou de novas técnicas.

Embora a fertilização de pastagens tenha por objetivo aumentar a produção de forragem por unidade de área, fato que tornou comum associar adubação de pastagens com sistemas de alto nível tecnológico ou intensivos (DEMINICIS, 2015), esta prática agrícola pode e deve receber conotação mais abrangente, pois conforme SANTOS; FONSECA (2016) a fertilização de pastagens trata-se de uma prática agrícola em que a aplicação de adubos deve conter nutrientes essenciais às plantas, assegurando a recuperação ou conservação da fertilidade do solo. Todavia, DEMINICIS (2015) é categórico ao mencionar que esta tecnologia pode ser arquitetada para ambicionar objetivos variáveis no sistema de produção, tais como a oportunidade de aumento de produtividade e eficiência em sistemas pastoris.

Na figura 1, é possível observar os objetivos que podem ser atingidos com a adubação de pastagens, levando-se não somente em conta os tradicionalmente utilizados, mas também aqueles com objetivos inovadores.

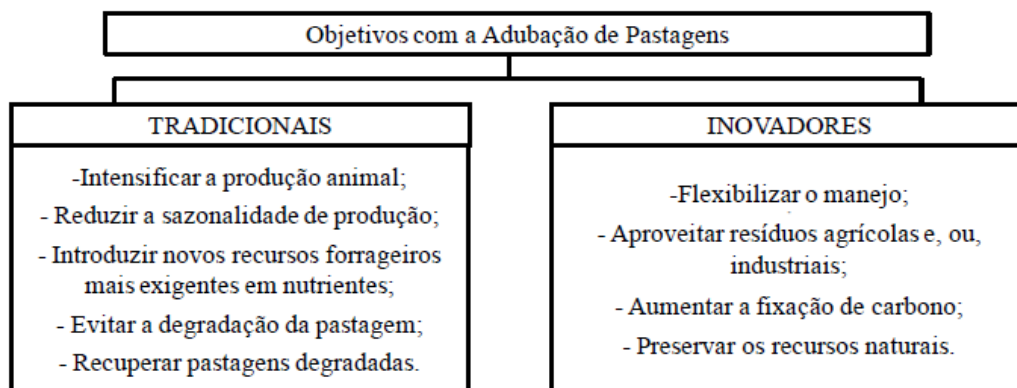


Figura 1 – Objetivos tradicionais e inovadores com a adubação de pastagens. Fonte: FONSECA et al., 2011.

### *Fixação de Carbono*

Quando bem manejadas, áreas de pastos podem ser consideradas potenciais fontes de sequestro de carbono atmosférico, visto que plantas forrageiras quando utilizadas para pastejo, são em sua maioria perenes, fato que torna desnecessário o preparo periódico do solo, e com alto potencial fotossintético (FONSECA et al., 2011).

Estudos demonstram que 96% da massa seca das plantas é composta por nutrientes orgânicos como carbono (45%), oxigênio (45%) e hidrogênio (6%), enquanto os 4% restantes é composta pelos nutrientes inorgânicos, classificados em macro e micronutrientes (SANTOS; FONSECA, 2016). Para que ocorra o acúmulo de carbono em pastagens, é necessário a disponibilidade de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, além de micronutrientes, mas no caso de pastagens consorciadas com leguminosas, fósforo e cálcio possuem papel primordial nesse processo (SANTOS et al., 2010). CORSI; GOULART (2006) relataram a necessidade de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 20 kg.ha<sup>-1</sup> de P e 15 kg.ha<sup>-1</sup> de K para propiciar a adição de uma tonelada de carbono no solo.

Através disso, é possível compreender que a prática da adubação de solos sob pastagem pode também ser empregada com objetivo de conservação de recursos naturais, de forma a atender as exigências da sociedade através de um objetivo inovador (FONSECA et al., 2011).

### *Indicações para perfil específico*

Um fator de grande importância e que também deve ser ponderado quanto à inovação é a indicação de estratégias de adubação de pastagens, específicas ao perfil do sistema de produção, levando em consideração os arquétipos básicos do sistema produtivo (DEMINICIS, 2015). Para tanto, para a adubação de áreas de pastagens, torna-se necessário à consideração de dois modelos básicos de sistemas produtivos: o extensivo e o intensivo (FONSECA et al., 2011). Enquanto os sistemas extensivos de produção animal com base na utilização de pastagens são caracterizados pelo baixo "input" de insumos externos e pela baixa eficiência de uso da terra, sistemas intensivos são caracterizados pelo elevado uso de insumos, no caso da produção animal em pastagens principalmente fertilizantes, e no conseqüente aumento da produtividade por área. Baseado nos arquétipos mencionados acima é possível visualizar que enquanto em sistemas extensivos a manutenção da fertilidade do solo é dependente da ciclagem de nutrientes, sendo esta tão mais adequada quanto menor for à intensidade de pastejo. Notoriamente, os sistemas intensivos são caracterizados por plantas forrageiras altamente produtivas, onde as respostas fotossintéticas a adubação são crescentes.

Embora o conhecimento da quantidade mínima de nitrogênio capaz de garantir a manutenção do pasto ao longo dos tempos precise

de melhor entendimento, assim como sua frequência de aplicação, recomendações da aplicação de 50 kg/ha de nitrogênio a cada quatro ou cinco anos podem ser boas alternativas para sistemas extensivos em substituição à prática de reformas periódicas (SANTOS et al. 2007).

No caso do diferimento de pastagens, técnica onde uma determinada área da pastagem é isolada das demais, de forma a possibilitar o crescimento forrageiro no final da estação chuvosa, e assim garantir que a forragem acumulada seja utilizada durante a entressafra (SANTOS et al., 2007), a adubação pode ser empregada de forma a integrar as ações de manejo do sistema produtivo, tornando-o também mais flexível operacionalmente (FONSECA et al., 2008).

Avaliando três períodos de diferimento (73, 95 e 116 dias) e quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg/ha) SANTOS et al. (2009) não observaram efeito do período de diferimento sobre a massa de forragem total de pastos submetidos ao período de diferimento de 116 dias e sem adubação nitrogenada com pastos submetidos a fertilização nitrogenada de 80 kg/ha e ao período de diferimento de 73 dias (4.979 vs. 4.901 kg/ha). Esses valores são interessantes, pois com o uso da adubação nitrogenada foi possível aumentar a produção de forragem por unidade de tempo em aproximadamente 56%.

Em sistemas intensivos, a tendência de recomendação de doses de adubos com base na expectativa de incremento da produtividade animal é mais evidente, e a adoção de programas de modelagem computacional pode tornar possível o referido objetivo (FONSECA et al., 2011).

### *Fixação biológica*

Sistemas extensivos são caracterizados em sua quase totalidade pela ausência do uso de fertilizantes nitrogenados. Uma das justificativas para esta situação segundo PAULINO et al. (2008) é a inviabilidade econômica enfrentada por este tipo de sistema produtivo. Entretanto os autores sugerem a introdução de leguminosas forrageiras em pastagens manejadas extensivamente, uma vez que essa prática é capaz de fornecer nitrogênio ao sistema solo-planta-animal de forma barata. Em face de sua capacidade biológica de fixação de nitrogênio, as leguminosas forrageiras são importantes aliadas para incrementar a produtividade animal e constituem uma importante alternativa para sustentabilidade de sistemas agrícolas e pecuários (BARCELLOS et al., 2008).

Paris et al. (2009) avaliaram a o efeito do consórcio entre coastcross + *Arachis pintoi* sem adubação e adubado com 100 kg de N, 200 kg de N e o coastcross solteiro adubado com 200 kg de N. Os autores não observaram diferença na taxa de lotação, ganho médio diário e produtividade por área de novilhas de corte entre o consórcio coastcross + *Arachis pintoi* sem adubação e adubado com 100 kg de N (Tabela 1) e atribuíram esses resultados ao efeito positivo da leguminosa

forrageira na fertilidade do solo. Esses resultados são interessantes e evidenciam a capacidade da utilização da leguminosa forrageira, como alternativa ao uso da adubação nitrogenada, em sistemas de produção baseados no uso de

pastagem. Todavia, sistemas onde o objetivo seja a produção intensiva de carne ou leite devem optar pela adubação nitrogenada em substituição à leguminosa.

**Tabela 1.** Taxa de lotação, ganho médio diário e produtividade por área em pastagem de coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com e sem adubação nitrogenada.

Tratamento	CA0	CA100	CA200	C200
Taxa de Lotação (UA/ha)	4,04b	4,37ab	4,70ab	4,84a
Ganho médio diário (kg/animal)	0,38b	0,42b	0,51a	0,51a
Produtividade (kg/ha)	1.053b	1.094b	1.390a	1.422a

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem em si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CA0 = coastcross-1+*Arachis pintoi* sem nitrogênio; CA100 = coastcross-1+*Arachis pintoi* com 100 kg de nitrogênio; CA200 = coastcross-1+*Arachis pintoi* com 200 kg de nitrogênio; C200 = coastcross-1 com 200 kg de nitrogênio.

Fonte: Adaptado de PARIS et al. (2009).

Embora em menor quantidade, quando comparado a espécies de interesse agrícola, a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em gramíneas forrageiras também tem se tornado objeto de estudo (VOGEL et al., 2014). Dentre estas bactérias, destacam-se as bactérias do gênero *Azospirillum*, microrganismos de vida livre e encontrados em associação com plantas na rizosfera (OLIVEIRA et al., 2007).

Aumento de 133,9% na fixação biológica de N (FBN) foi observado por Aguirre et al. (2020) ao compararem pastos de Coastcross-1 inoculados com *A. brasilense* (stirpes Ab-V5 e Ab-V6) e não adubados, com pastos não inoculados e não adubados. Enquanto a FBN dos pastos sem inoculação foi de 23.0 kg ha<sup>-1</sup> N, a fixação nos pastos submetidos à inoculação foi de 53.8 kg ha<sup>-1</sup> N.

GUIMARÃES et al. (2011) observaram aumento de até 8% no número de folhas no capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) inoculado com bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* em comparação com plantas não inoculadas e não adubadas com nitrogênio. Efeitos positivos da inoculação também foram observados para o número de perfilhos.

Embora o uso destas bactérias tenha como principal objetivo a FBN, pesquisas tem evidenciado benefícios da sua utilização em situações onde fertilizantes nitrogenados são utilizados.

Estudos realizados com o capim-marandu adubado com diferentes doses de nitrogênio (0, 150, 200 e 300 kg/ha<sup>-1</sup>) combinadas ou não a inoculação com a *Azospirillum brasilense* demonstraram que a inoculação de sementes aumentou a produção de forragem no primeiro corte, o que pode se tornar um efetivo aliado na melhoria do estabelecimento de novas áreas de pastagem (OLIVEIRA et al., 2007).

Cinco doses de fertilizantes nitrogenados (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup>) combinadas ou não com a inoculação com *A. brasilense* foram avaliadas por Leite et al. (2019) na adubação do capim-mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça). A utilização do *Azospirillum* foi

responsável por um acréscimo de 36% no acúmulo diário de forragem. Reflexo no número de perfilhos pode ser observado nas doses de 25, 50 e 100 kg de N quando se utilizou a inoculação, evidenciando que esta prática pode ser uma alternativa para aumentar o perfilhamento em gramíneas. As plantas inoculadas apresentaram em média 1.8% de N foliar, enquanto nas inoculadas esse valor chegou a 2%. Para massa de raízes, a resposta das plantas para inoculação variou conforme a dose de nitrogênio.

#### Fontes alternativas

A busca por fontes mais eficientes na oferta de nutrientes, em substituição as fontes de adubo tradicionalmente utilizadas para incrementar a fertilidade dos solos sob pastagens, tem sido objeto de uma série de estudos ao longo dos tempos, principalmente ao levar consideração os elevados custos da adubação de pastagens (FONSECA et al., 2011). Dentre os principais nutrientes estudados, especial atenção tem sido dada ao nitrogênio, fósforo e potássio, pois estes são considerados nutrientes primários, já que a quantidade necessária para o crescimento das plantas é elevada (SILVEIRA et al., 2008).

O Amiorgan® é um derivado da cana-de-açúcar que após o processo de fabricação do glutamato monossódico é transformado em um subproduto sólido na forma de cristais (OLIVEIRA et al., 2012). Avaliando a adubação de pastagens de capim-tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã) com uréia ou Amiorgan®, Silva (2009) não encontrou diferença entre os tratamentos para produção de matéria seca da parte área e resíduo dentro das estações do ano.

Como os efeitos produtivos não devem ser levados em consideração isoladamente, OLIVEIRA et al. (2012) avaliaram o efeito do Amiorgan® sobre o valor nutritivo do capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã). Os tratamentos consistiram da combinação de três doses de N (200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) e três fontes de fertilizantes (uréia, sulfato de amônio + uréia, Amiorgan® + uréia) e um tratamento adicional que recebeu todos os

nutrientes exceto N. Não foi observado efeito da fonte de fertilizante para o teor N e proteína bruta. Entretanto, as doses de 400 e 660 kg de N influenciaram os teores de nitrogênio não protéico na forragem, quando comparadas a dose de 200 kg.

MARTHA JR. et al. (2004) observaram perdas expressivas de N-NH<sub>3</sub> do sistema solo-planta de capim-tanzânia adubado com diferentes doses de ureia. A adubação nitrogenada, proveniente de fontes extremamente solúveis tais como a ureia e o sulfato de amônio, e que tradicionalmente são as mais utilizadas, contribui para perdas excessivas de NH<sub>3</sub> por volatilização (FONSECA et al., 2011), o que torna evidente a necessidade de utilização de fontes de nitrogênio menos solúveis.

As zeólitas pertencem a um grupo com mais de 50 tipos de minerais de ocorrência natural, onde a clinoptilolita é o principal mineral com uso na agricultura (WERNECK et al., 2012). No Japão, a

clinoptilolita moída vem sendo utilizada há mais de meio século na melhoria da qualidade do solo destinado à agricultura, uma vez que a capacidade de troca catiônica deste mineral favorece a retenção de nutrientes no solo, tais como o potássio e nitrogênio, além de possuir alta capacidade de retenção de água (LUZ, 1995). A alta afinidade da clinoptilolita pelo NH<sub>4</sub><sup>+</sup> possui a capacidade de proteger esse íon da nitrificação por microrganismos e das conseqüentes perdas por volatilização (REHÁKOVÁ et al., 2004).

Nesse sentido, a realização de trabalhos objetivando avaliar as perdas gasosas nitrogenadas através do uso da zeólita tem se intensificado. WERNECK et al. (2012) avaliaram o efeito da adição de zeólita ao grânulo de uréia e da sua granulometria sobre as perdas de NH<sub>3</sub> por volatilização, assim como na absorção de N por plantas de sorgo. Os produtos (tratamentos) utilizados são demonstrados na tabela 4.

Tabela 4 – Composição, características tecnológicas, percentual de nitrogênio, diâmetro médio dos produtos.

Produto	Composição (relação % dos componentes)	Tecnologia de produção	% N	Granulometria (mm)	Diâmetro médio (mm)
NZ1	Ureia perolada + zeólita (90:10)	Revestimento	40,5	>4	4,9
NZ 2	Ureia perolada + zeólita+ligante orgânico (88:10:2)	Revestimento	39,5	>4	4,9
NZ3	Ureia perolada + zeólita+ligante orgânico (88:10:2)	Revestimento	39,5	2>4	2,8
NZ4	Ureia em pó + zeólita+ligante orgânico (88:10:2)	Granulação	39,5	<2	1,1
NZ5	Ureia em pó + zeólita+ligante orgânico (88:10:2)	Granulação	39,5	2>4	2,8
U	Uréia	---	45,6		
U+NBPT	Ureia + n-butil tiofosfórico amida	Revestimento	46,0		
SA		---	21,0		
T		---	0		

Fonte: Adaptado de WERNECK et al., 2012.

Os autores observaram perdas totais de N-NH<sub>3</sub> por volatilização foram extremas nos tratamentos com sulfato de amônio e ureia, sendo que no primeiro caso os valores perfizeram 5,8% do total aplicado, enquanto no caso da ureia esses valores atingiram patamares da ordem 39,9%. Quando avaliado, o uso da ureia revestida com NBPT reduziu a perda total de N-NH<sub>3</sub> para 55% do valor observado na ureia convencional. Com exceção do tratamento NZ3, onde as perdas de amônia por volatilização foram semelhantes às observadas na ureia convencional (p<0,01), os demais tratamentos com adição de zeólitas aos grânulos de ureia, seja por recobrimento ou granulação de mistura dos materiais em pó, diminuíram as perdas de amônia por volatilização quando os fertilizantes foram aplicados ao solo. Todavia, os melhores resultados foram atribuídos ao tratamento em que os grânulos de ureia apresentam diâmetro superior a 4 mm, independentemente da tecnologia de produção.

Esses resultados são interessantes uma vez que a baixa eficiência de utilização do nitrogênio em solos tropicais é positivamente correlacionada com a emissão de gases de efeito

estufa, além de estar em estrita associação com a eficiência econômica e produtiva do sistema. Além do nitrogênio fertilizante, fatores como solo e clima também interferem na resposta produtiva da planta forrageira a adubação e no comportamento do fertilizante nitrogenado no sistema solo-planta (MARTHA JÚNIOR, 2009).

MARTINS et al. (2015) realizaram estudos objetivando a obtenção de novas rotas tecnológicas para a produção de fontes alternativas de potássio a partir do verdete, através da solubilização alcalina e de calcinação, com ou sem a adição de calcário, com o intuito de aumentar a solubilidade de potássio. Os tratamentos consistiram da mistura entre calcário, calcítico ou dolomítico, e verdete nas seguintes proporções: 75% calcário+25% de verdete; 50% de calcário+50% de verdete; 25% de calcário+75% de verdete; e 0% de calcário+100% de verdete, sendo metade das misturas calcinadas em mufla em 800 °C por uma hora, e posteriormente resfriada a temperatura ambiente, e a outra metade mantida in natura. Os autores concluíram que a calcinação propiciou maior solubilização de potássio, sendo que o aumento na proporção de calcário na mistura resultou em

diminuição da solubilidade de potássio. Baseado nos tratamentos recomenda-se como estratégia para o aumento da solubilidade da verdete, seu uso exclusivo quando a mesma for submetida a calcinação a 800 °C e tratada com NH<sub>4</sub>OH, ou a mistura de calcário calcítico + verdete, na proporção de 25:75, submetida a calcinação, já que nestas situações houve um aumento na solubilidade de potássio, 3,4 e 3,7 vezes maior do que na fonte in natura, respectivamente.

Solos brasileiros são deficientes em fósforo (CECATO et al., 2007) e esta deficiência é tida com uma das maiores restrições para a pecuária nacional, pois em razão da grande produção de massa seca, e também da maior extração e exportação de nutrientes, as pastagens são mais exigentes neste mineral em comparação as culturas anuais (GOEDERT; LOBATO, 1984). Objetivando reduzir esses prejuízos a utilização de fosfatos naturais a baixo custo surge como alternativa viável para suprimir a deficiência de fósforo dos solos nacionais (CECATO et al., 2007).

A resposta de um sistema solo-planta a diferentes fontes de fertilizantes fosfatados de diferentes solubilidades foi avaliada por OLIVEIRA et al. (2007). Foram avaliados como fontes de fósforo duas fontes solúveis em água, o superfosfato simples e o superfosfato triplo, além do termofosfato magnésiano. Os autores observaram que a fonte de fósforo não interferiu na produção de massa seca de forragem, porém quando a adubação foi realizada apenas em um único ano o efeito residual do termofosfato propiciou maior produção de forragem no ano seguinte, enquanto as fontes solúveis em água propiciaram as maiores produções no primeiro ano. Esses resultados podem ser justificados pela rápida disponibilidade de fósforo observada em fontes solúveis em água, todavia a maior fixação de fósforo ao solo e sua consequente indisponibilidade também são características destes produtos. Apesar disso, a conclusão de que para áreas de solos pobres em P, a associação entre fontes prontamente solúveis, capazes de garantirem aumento na produção de forragem no primeiro ano após a recuperação de áreas de pastagens, em associação com termofosfato magnésiano é altamente indicada.

Adubação com duas fontes de fósforo e seus efeitos nas características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) foram avaliados por CECATO et al. (2007). Com exceção da taxa de alongamento de folhas, não houve efeito das fontes de fósforo advindas do termofosfato magnésiano Yorin® ou da mistura superfosfato simples+superfosfato triplo sobre o intervalo (IAPF) e taxas de aparecimento (TAPF), alongamento (TALF) e total de folhas senescentes (TFS), altura da primeira (HPLIG) e da última lígula (HULIG) e número de folhas expandidas (NFEX), em expansão (NFE), total de folhas (NTF) e total de folhas vivas (NTFV) para o capim-mombaça.

#### *Inibidores de nitrificação*

A nitrificação é um processo biológico do ciclo do nitrogênio de suma importância, onde a amônia, forma iônica relativamente imóvel do nitrogênio, é convertida a nitrito e nitrato pelas espécies de bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (GOPALAKRISHNAN et al., 2007; SUBBARAO et al., 2007).

SUBBARAO et al. (2009) avaliaram o potencial da inibição biológica da nitrificação (BNI) em raízes de *Uruchloa humidicola* (Rendle) Scheweick (CIAT 679). Através do isolamento de um composto cíclico diterpeno encontrado nas raízes da planta, ao qual nomearam como "brachialactona". Os autores observaram efeito linear entre a inibição da nitrificação por *Nitrosomonas* (*N. europaea*) e a concentração de brachialactona, além de uma contribuição da brachialactona na BNI variando de 60-96%. A possível explicação para a ação da brachialactona na inibição das funções da *Nitrosomonas* é amparada no fato de que a brachiolactona tem como capacidade bloquear os caminhos enzimáticos da amônia monooxigenase e da hidroxilamina oxireductase, ambas envolvidas na oxidação da amônia. Estimativas realizadas mostraram que o potencial BNI da *U. humidicola* no presente estudo foi equivalente a adição de aproximadamente 6.2-18 kg de nitrapirina/ha/ano.

Outrora, estudos de GOPALAKRISHNAN et al. (2007), demonstram a presença de dois ácidos fenólicos metilados, metil-p-coumarate e metil ferulante nas raízes da *Uruchloa humidicola* (Rendle) Scheweick (CIAT 679), com efeitos positivos na inibição da nitrificação. Assim, durante o processo natural de decomposição de raízes ao longo do ano, eles sugeriram que consideráveis quantidades de compostos inibidores da nitrificação seriam normalmente adicionados ao solo, o que poderia ter um importante efeito aditivo influenciando a nitrificação do solo nesses sistemas pastoris.

Conforme demonstrado, existe uma série de compostos encontrados em raízes da *Urochloa humidicola* (Rendle) Scheweick (CIAT 679) que podem atuar como inibidores biológicos da nitrificação em solos. De acordo com SUBBARAO et al. (2007) a alta variabilidade no lançamento de compostos BNI indica que o lançamento destes compostos é mais provável como atributo regulador do como que uma característica constitutiva das plantas.

#### **Considerações finais**

O uso de fontes alternativas aos fertilizantes inorgânicos para a fertilização, não somente das áreas de pastagens, mas das culturas de forma geral, tende a ser cada dia mais eminente. Aliado a isso, a busca de estratégias capazes de aumentarem a eficiência de uso destes e a consequente transformação em nutrientes de origem vegetal e animal, sucessivamente, deve passar a ser ponto primordial dos sistemas de

produção animal de excelência, uma vez que, produtos com maior eficiência de transformação também contribuirão para redução da abertura de novas áreas e para redução do ciclo produtivo da agropecuária. Todavia, é importante lembrar que o custo destas novas tecnologias deve ser acessível aos produtores de forma geral, visto que uma tecnologia só pode ser considerada viável a partir do momento em que ela realmente chega ao campo e passa a solucionar as lacunas apresentadas pelo meio.

Os fertilizantes nitrogenados são os nutrientes que as plantas forrageiras exigem em maior quantidade e notavelmente demandam maiores esforços para que novas tecnologias possam compor sua utilização, principalmente do ponto de vista ambiental e econômico, já que grande parte destes são perdidos por volatilização e constituem grande impacto para o meio ambiente.

### Referências

AGUIRRE, P. F. et al. Biological nitrogen fixation and urea-N recovery in "Coastcross-1" pasture treated with *Azospirillum brasilense*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 55, 2020.

BALSALOBRE, M. A. A.; SANTOS, P. M.; BARROS, A. L. M. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão do sistema de produção animal em pastagens. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 2002, Piracicaba. Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 2002. v. 19. p. 1-30.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JR., 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.

CANTARUTTI, R. B.; FONSECA, D. M.; SANTOS, H. Q.; ANDRADE, C. M. S. Adubação de pastagens – uma análise crítica. In: OBEID, J. A.; GOMES, O. P.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JR., D. (Org.). Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 1. Anais...Viçosa: Suprema Editora, 2002, p. 43-84.

CECATO, U.; SKROBOT, V. D.; FAKIR, G. M.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; JANEIRO, V. Características morfológicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.6, p.1699-1706, 2007.

CORSI, M.; GOULART, R. O sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 07-35.

DEMINICIS, B. B. Novas tecnologias aplicadas na produção e qualidade de forragens. In: KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; STANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V.; COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.; ZAMBOM, M. A. (Org.). Ciências Agrárias: Tecnologias e Perspectivas. 1ª ed., 2015, v. 1, p. 247-256.

FAOSTAT, 2020. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

FONSECA, D. M.; SANTOS, M. E. R.; MARTUSCELLO, J. A. Adubação de pastagens no Brasil: uma análise crítica. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JR., D. Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 4. Anais... Viçosa: Suprema Editora, 2008, p. 295-334.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; SANTOS, M. E. R. Adubação de pastagens: inovações e perspectivas. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia: Inovações tecnológicas e mercado consumidor. Maceió, 2011, p. 1-13.

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de Cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.8, p.97-102, 1984.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Utilização e Manejo de Pastagens. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia. (Org.). A Produção Animal na Visão dos Brasileiros. 1ed.Piracicaba-SP: Fealq, 2001, v. , p. 808-825.

GOPALAKRISHNAN, S.; SUBBARAO, G. V.; NAKAHARA, K.; YOSHIHASHI, T.; ITO, O.; MAEDA, I.; ONO, H.; YOSHIDA, M. Nitrification Inhibitors from the Root Tissues of *Brachiaria humidicola*, a Tropical Grass. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 55, n. 4, p. 1385-1388, March 2007.

GUIMARÃES, S. L; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. S. Produção de capim-marandu inoculado com *Azospirillum* spp. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n. 13, p. 816-825, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Serie AGRO03 – Utilização das terras (ha). Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO03&t=utilizacao-das-terras-ha>> Acessado em 15-set-2017 as 18:59 hs.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Informações e análises da economia mineral brasileira. 7ª ed. 2012. 68 p.

LEITE, R. D. C. et al. Mitigation of mombasa grass (*Megathyrsus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function of inoculation with *Azospirillum* Brasilense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, p. 1–14, 2019.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos. 3ª ed. revisada e atualizada – São Paulo, ANDA, 2000. 72p. (ANDA, Boletim Técnico, 4).

LOPES, M. A.; CONTINI, E. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. Agroanalysis (FGV), v. 32, p. 28-34, 2012.

LUZ, A. B. Zeolitas: Propriedades e Usos Industriais. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1995. 35p. - (Série Tecnologia Mineral, 68).

MACEDO, M. C. M.. Integração lavoura e pecuária: o

- estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, v. 38, p. 133-146, 2009.
- MARTHA JR., G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de Amônia por Volatilização em Pastagem de Capim-Tanzânia Adubada com Uréia no Verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2240-2247, 2004.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L. Recuperação de <sup>15</sup>N-uréia no sistema solo-planta de pastagem de capim-tanzânia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p.95-101, 2009.
- MARTINS, V.; GONÇALVES, A. S. F.; MARCHI, G.; GUILHERME, L. R. G.; MARTINS, E. S. Solubilização de potássio em misturas de verdete e calcário tratadas termoquimicamente. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 66-72, jan./mar. 2015.
- MAZZA, L. M.; POGGERE, G. C.; FERRARO, F. P.; RIBEIRO, C. B.; CHEROBIM, V. F.; MOTTA, A. C. V.; MORAES, A. Adubação Nitrogenada na Produtividade e Composição Química do Capim Mombaça no Primeiro Planalto Paranaense. *Scientia Agraria (UFPR)*, v. 10, p. 257-265, 2009.
- NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. Fertilizante e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, 66 p. (Série Estudos e documentos, 61).
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.1715-1728, 2007.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; BARIONI, W. J.; Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio. São Carlos: Embrapa pecuária sudeste, 2007, 4p. (Circular Técnico, 54).
- OLIVEIRA, P. P. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. C.; ESTEVES, S. N.; SOUZA, G. B.; CAMPANA, M. Avaliação do resíduo Amiorgan® como fonte de fertilizante nitrogenado alternativa para pastagens. Valor nutritivo da forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49, 2012, Brasília. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012. (CD-ROM).
- PAULINO, V. T.; BRAGA, G. J.; LUCENA, M. A. C.; GERDES, L.; COLOZZA, M. T. SUSTENTABILIDADE DE PASTAGENS CONSORCIADAS - ÊNFASE EM LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS. In: PAULINO, V. T.; LUCENA, M.A.C.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T.; BRAGA, G.J.. (Org.). II ENCONTRO SOBRE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS. 1ed. Nova Odessa: IZ/APTA/SAA, 2008, v. 1, p. 1-55.
- REHÁKOVÁ, M.; CUVANOVÁ, S.; DZIVÁK, M.; RIMÁR, J.; GAVAL'OVÁ, Z. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, v.8, p.397-404, 2004.
- SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. Aporte de nutrientes em uma pastagem tropical: uma necessidade. In: \_\_\_\_\_. Adubação de Pastagens em Sistemas de Produção Animal. Viçosa (MG): Ed. UFV, 2016. p. 17-32.
- SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. S.; SILVA, S. P. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.4, p.650-656, 2009.
- SANTOS, P. M.; BERNARDI, A. C. C.; NOGUEIRA, A. R. A.; MENDONÇA, F. C.; LEMOS, S.G. ; MENEZES, E. A.; TORRES-NETO, A. Uso de nitrogênio: estratégias de aplicação. In: Carlos Guilherme Silveira Pedreira; José Carlos de Moura; Sila Carneiro da Silva; Vidal Pedroso de Faria. (Org.). *Novas perspectivas para produção e manejo de pastagens*. 1ed. Piracicaba: Fealq, 2007, v. 24, p. 131-152.
- SANTOS, P. M.; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, A. C. C. Adubação de pastagens. In: Alexandre Vaz Pires. (Org.). *Bovinoicultura de corte*. 1ª ed. Piracicaba: FEALQ, 2010, v. 1, p. 459-472.
- SILVEIRA, M. L.; VENDRAMINI, J. M.; SOLLENBERGER, L. E. Pasture fertilization and water quality. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4. Anais... Viçosa: Suprema Editora, 2008, p. 279-294.
- SUBBARAOA, G. V.; WANG, H. Y.; ITO, O.; NAKAHARA, K.; BERRY, W. L. NH<sub>4</sub> + triggers the synthesis and release of biological nitrification inhibition compounds in *Brachiaria humidicola* roots. *Plant Soil*, v. 290, p. 245–257, 2007.
- SUBBARAOA, G. V.; NAKAHARA, K.; HURTADO, M. P.; ONO, H.; MORETAB, D. E.; SALCEDO, A. F.; YOSHIIASHIA, A. T.; ISHIKAWA, T.; ISHITANI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; YOSHIDA, M.; RONDON, M.; RAO, I. M.; LASCANO, C. E.; BERRY, W. L.; ITO, O. Evidence for biological nitrification inhibition in *Brachiaria* pastures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 106, n. 41, p. 17302-17307, October 13, 2009.
- PARIS, W.; CECATO, U.; BRANCO, A. F.; BARBERO, L. M.; SANDRA GALBEIRO, S. 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.
- SILVA, C. E. Fonte alternativa de nitrogênio na adubação de pastagem de capim-tobiatã. 2009. 55 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2009.
- STEENSMA, H. K. Acquiring technological competencies through inter-organizational collaboration : na organizational learning perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, v. 12, p. 267-86, 1996.
- VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; FERREIRA, J. J.; MACÊDO, G. A. R.; CANTARUTTI, R. B.; MASCARENHAS, M. H. T. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob



pastejo rotacionado. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.7, p.1497-1503, 2011.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária floresta: alternativa para intensificação do uso da terra. Revista UFG (Impresso), v. 13, p. 92-99, 2012.

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas

forrageiras: Importâncias e resultado. ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, n. 1, p. 01-06, jan - mar, 2014.

WERNECK, C. G.; BREDÁ, F. A.; ZONTA, E.; LIMA, E.; POLIDORO, J. C.; BALIEIRO, F. C.; BERNARDI, A. C. C. Volatilização de amônia proveniente de uréia com zeólita natural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.47, n.3, p.466-470, mar. 2012.