

# ***Azospirillum brasilense* e fósforo natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical\***

## ***Azospirillum brasilense* and natural reactive phosphate in the establishment of tropical forage**

Reginaldo Almeida Andrade<sup>1,\*</sup>, Marlos Oliveira Porto<sup>2</sup>, Jucilene Cavali<sup>2</sup>, Elvino Ferreira<sup>3</sup>, Anderson Cristian Bergamin<sup>4</sup>, Fábio Régis de Souza<sup>4</sup> e Iracy Soares de Aguiar<sup>4</sup>

\*Trabalho extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor

<sup>1</sup> Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, CEP: 76940-000

<sup>2</sup> Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Departamento de Zootecnia, Campus de Presidente Médici, Presidente Médici, Rondônia, Brasil, CEP: 76916-000

<sup>3</sup> Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Departamento de Medicina Veterinária, Campus de Rolim de Moura, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, CEP: 76940-000

<sup>4</sup> Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Departamento de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, CEP: 76940-000

(\*E-mail: reginaldo.andrade@unir.br)

<https://doi.org/10.19084/RCA18282>

Recebido/received: 2018.06.20

Aceite/accepted: 2018.10.12

### **R E S U M O**

Avaliou-se as características morfogênicas do Capim Tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani), estabelecido com sementes inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense* em função de fontes de fósforo (superfósforo triplo e fósforo natural reativo de bayovar) e doses crescentes de nitrogênio (0, 75, 150, 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) em delineamento inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial 2 x 2 x 5 com 4 repetições. A inoculação com *Azospirillum brasilense* promoveu uma melhoria no aproveitamento dos adubos fosfatados, reduzindo a amplitude de respostas entre eles. Contudo, o melhor desempenho foi observado com a fonte de maior solubilidade (superfósforo triplo) associada aos maiores níveis de adubação nitrogenada.

**Palavras-chave:** bactérias diazotróficas, fixação biológica de nitrogênio, morfogênese de forrageiras.

### **A B S T R A C T**

It was evaluated the morphogenic characteristics of the Capim Tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) established with seeds either inoculated or not with *Azospirillum brasilense* as a function of phosphate sources (triple superphosphate and bayovar natural reactive phosphate) and increasing doses of nitrogen (0, 75, 150, 300 and 600 kg ha<sup>-1</sup>) in a completely randomized design, organized in a 2 x 2 x 5 factorial scheme with 4 replications. The inoculation with *Azospirillum brasilense* promoted an improvement in the use of phosphate fertilizers, reducing the amplitude of responses between them. However, the best performance was observed with the source of higher solubility (triple superphosphate) associated with higher levels of nitrogen fertilization.

**Keywords:** diazotrophic bacteria, biological nitrogen fixation, morphogenesis of forage plants

### **INTRODUÇÃO**

A dinâmica da produção de gramíneas forrageiras pode ser explicada através de avaliações morfogênicas, sendo a emergência, alongamento e senescência de folhas e perfilhos, parâmetros para estimar o fluxo de novos tecidos e produção de biomassa (Grant *et al.*, 1988).

Lemaire e Chapman (1996) afirmam que a biomassa viva de uma pastagem é determinada, principalmente, pela densidade de perfilhos e pelo número de folhas vivas, já que permitem determinar o máximo índice de área foliar. Os perfilhos são unidades estruturais básicas, em diferentes idades e com tempo de vida limitado

(Lopes *et al.*, 2011). Após o corte ou pastejo, o aparecimento e alongamento de folhas e perfilhos permitem a reestruturação da área foliar, garantindo perenidade na produção. Por isso, as variáveis morfogênicas são características importantes que permitem avaliar a eficiência do manejo adotado (Chapman e Lemaire, 1993; Santos *et al.*, 2011).

Na fase inicial de formação das pastagens, são diversos os fatores que influenciam nos parâmetros morfogênicos, tais como as características da cultivar, o clima local, a disponibilidade hídrica, o tipo de solo, e, principalmente, o manejo da adubação. Doses equilibradas e fontes adequadas de fósforo e nitrogênio são essenciais para aumentar a produção e qualidade da forrageira (Lima *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2011; Roma *et al.*, 2012).

Neste contexto, o nitrogênio exerce papel importante, proporcionando aumento das taxas de alongamento de folhas e aparecimento de perfilhos (Cruz e Boval, 1999). Em solos com baixa disponibilidade deste nutriente, o crescimento e desenvolvimento das plantas tornam-se lentos, influenciando negativamente no perfilhamento de gramíneas, além de reduzir seu valor nutricional, visto que o teor de proteína torna-se deficiente para o atendimento das exigências do animal (Alexandrino *et al.*, 2010; Brambilla *et al.*, 2012).

Além do nitrogênio, Costa *et al.* (2016) afirmam que a adubação fosfatada afeta, positivamente, o rendimento da forragem e as características morfogênicas das gramíneas, e que o processo de renovação e senescência de tecidos são acelerados com o aumento da disponibilidade deste nutriente na solução do solo.

Entretanto, a produção industrial de adubos contendo fósforo e nitrogênio implica em limitações econômicas, industriais e ambientais, elevando o preço final além de gerar poluição ambiental durante o processo. Novakowski *et al.* (2011) afirmam que uma das alternativas para reduzir os custos de produção, e ao mesmo tempo, aumentar a produtividade sem impactar o meio ambiente, seria a utilização de plantas com alto potencial genético, aliadas ao uso dos recursos biológicos do solo, como as bactérias diazotróficas, em especial as do gênero *Azospirillum*.

Este gênero comporta os principais grupos de bactérias promotoras de crescimento de plantas. São microrganismos de vida livre, dotadas de capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e que vivem em associação com gramíneas, colonizando a rizosfera (Bashand e Huguin, 1997). Essa associação apresenta como benefícios, a fixação do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), transformando-o em amônia  $NH_3$ , que posteriormente no solo, pela ação microbiana, poderá ser convertida em íons de amônio ( $NH_4^+$ ) ou íons de nitrato ( $NO_3^-$ ) que são formas absorvíveis pelas plantas. Além disso, na rizosfera, essas bactérias podem auxiliar as plantas por meio da secreção de hormônios que promovem aumento da taxa respiratória, aumento do metabolismo e proliferação das raízes, promovendo melhor absorção de água e nutrientes pelas plantas (Okon e Itzigsohn, 1995).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, doses de nitrogênio e fontes de fósforo, sobre as características morfogênicas da gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de março e setembro de 2017 na Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Rolim de Moura, latitude  $11^{\circ}42' 19''S$ , longitude  $61^{\circ}46' 32.82''O$  e 225 metros de elevação. O clima da região é classificado como Monção (Am) com precipitação média anual variando entre 1800 a 2200 mm, e temperatura média anual em torno de  $26^{\circ}C$  (Alvares *et al.*, 2013).

O experimento foi conduzido em vasos de polietileno com 0,29 m de altura, 0,22 m de diâmetro na parte superior e capacidade para  $15 \text{ dm}^3$ , os quais foram preenchidos com solo peneirado em malha de 4,0 mm. O solo utilizado foi retirado da camada de 0 a 20 cm, e classificado, segundo a EMBRAPA (2006) como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, de textura média, com as seguintes características físico-químicas:  $MOS = 0,9 \text{ dag kg}^{-1}$ ; pH em  $CaCl_2 = 5,1$ ;  $P = 2,1 \text{ dm}^{-3}$ ;  $K = 0,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Ca = 1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Mg = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Al = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $H+Al = 4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), organizado em esquema fatorial 2 x 2 x 5 com 4 repetições. Os fatores avaliados foram: presença e ausência de sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense*; fontes de fósforo (superfosfato triplo, 41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e fosfato natural reativo de bayovar, 29% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e doses de nitrogênio (0,0; 75; 150; 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>).

Objetivando elevar a saturação por bases para 60%, foi realizada a calagem com calcário dolomítico, sendo posteriormente incubado por 45 dias. A adubação de base foi constituída pelo equivalente a 40 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre em sua forma elementar; 40 kg ha<sup>-1</sup> do complexo de micronutrientes FTE 12 (9% de zinco; 1,8% de boro; 0,8% de cobre; 2% de manganês; 3,5% de ferro e 0,1% de molibdênio) e 60 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo (metade das unidades experimentais na forma de superfosfato triplo e a outra metade na forma de fosfato natural reativo). As adubações nitrogenadas e potássicas foram parceladas em seis vezes, com aplicações a cada 28 dias. Utilizou-se como fonte de potássio o cloreto de potássio (KCl = 60% de K<sub>2</sub>O) na dose equivalente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. As adubações nitrogenadas foram realizadas conforme os tratamentos estabelecidos, sendo utilizada a ureia (45% de N) como fonte.

Antes da semeadura, foi realizada a inoculação das sementes utilizando isolados das estirpes Ab-v5 e Ab-v6 de *Azospirillum brasilense* contendo 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> sendo aplicada a dose de 2,5 mL para cada 1000 sementes. Após secagem das sementes a sombra por um período de três horas foi procedido a semeadura com oito sementes de por vaso, e, quinze dias após a emergência das plântulas foram realizados os desbastes deixando apenas três plantas. O corte de uniformização foi realizado a 5,0 cm do solo, trinta dias após a semeadura e a cada vinte e oito dias foram realizados cortes na forrageira para simular a saída dos animais em sistema de pastejo rotacionado.

O sistema de irrigação utilizado foi manual, realizada diariamente em dois períodos, pela manhã e tarde de acordo com a necessidade de reposição de água nos vasos, mantendo-se o solo com umidade suficiente para o desenvolvimento da forrageira.

Para avaliação das características morfogênicas, inicialmente foram demarcados três perfilhos por vaso com auxílio de fios coloridos. As avaliações destes perfilhos ocorreram semanalmente, e ao final do experimento, calcularam-se as médias das variáveis. Em cada um destes perfilhos foi contado o número de folhas e em cada uma das folhas foi determinado seu comprimento foliar e o estágio em que se encontrava (em expansão, expandida, em processo de senescência ou senescida). As folhas que apresentavam sua lígula completamente exposta eram consideradas como expandidas e quando a lígula não estava exposta, em expansão. As folhas eram consideradas senescentes quando apresentavam sinais claros do início de senescência e mortas quando mais de 50% de sua área foliar já estava comprometida pela senescência.

O comprimento foliar foi mensurado em função do seu estado de desenvolvimento. Nas folhas completamente expandidas a medida foi tomada da lígula até sua ponta. Já as folhas em expansão, a medida seguia o mesmo procedimento, entretanto, a lígula de referência era da última folha expandida.

O número de perfilhos vivos e senescidos foram determinados através da contagem de todas as unidades estruturais presente em cada um dos vasos. De posse destas informações, foram calculadas, a taxa de alongamento de folhas (TAF), taxa de aparecimento de perfilhos (TAP) e taxa de senescência de perfilhos (TSP):

- TAF (cm folha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): somatório do alongamento das lâminas foliares por perfilho, dividido pelo número de folhas, dividido pelo número de dias de avaliação;
- TAP (perfilhos vaso<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): somatório do número de perfilhos surgidos, dividido pelo número de dias de avaliação;
- TSP (perfilhos vaso<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>): número de perfilhos senescidos no vaso, dividido pelo número de dias de avaliação.

Os dados médios morfogênicos, obtidos durante o período experimental, foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade, e, posteriormente, no intuito de verificar a existência de diferenças entre os tratamentos,

aplicou-se a análise de variância (ANOVA) aos resultados. As médias dos tratamentos qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e para avaliar o efeito das doses de nitrogênio e suas interações com os demais fatores, foram ajustadas equações de regressão. Para realização das análises foi utilizado o software SISVAR 5.4 (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o fator inoculação isoladamente (Quadro 1), verificou-se que as estirpes Ab-v5 e Ab-v6 de *Azospirillum brasilense* incrementou a TAF em 18,27% e reduziu a TSP em 22,45% ( $P < 0,05$ ), apontando interação entre esta espécie e a forrageira avaliada.

Okon e Vanderleyden (1997), afirmam que as bactérias deste gênero, além da fixação biológica de nitrogênio, contribuem para aumentar a produtividade, por promover aumentos da superfície de absorção das raízes, aumentando o

número de radículas e diâmetro das raízes laterais e adventícias, resultando em aumento do volume de substrato do solo explorado, fundamental na absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como o fósforo.

Em relação às fontes de fósforo, observou-se que uso do superfosfato triplo (SFT), em comparação aos tratamentos adubados com fosfato natural reativo (FNR), proporcionou as maiores médias, com aumentos de 27,55%, 22,22% e 38,84% nas TAF, TAP e TSP respectivamente.

Possivelmente, estes resultados se devem a menor solubilidade do FNR utilizado, que é obtido apenas por processos físicos, a partir da moagem e peneiramento de rochas sedimentares. Já o SFT, recebe tratamento químico com ácido sulfúrico durante a industrialização, aumentando sua solubilidade em água (Kaminski e Peruzzo, 1997).

Isoladamente, também se constatou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das doses de nitrogênio sobre as variáveis avaliadas. As análises de regressão

**Quadro 1** - Valores médios da taxa de alongamento de folhas (TAF), taxa de aparecimento de perfilhos (TAP) e taxa de senescência de perfilhos (TSP) para a forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani submetidas à inoculação com *Azospirillum brasilense*, fontes de fósforo e doses de nitrogênio

Tratamentos		TAF1 (cm folha-1 dia-1)	TAP1 (perf. vaso-1 dia-1)	TSP1 (perf. vaso-1 dia-1)
Inoculação	Inoculado	0,93 a	2,84	1,83 b
	Não inoculado	0,76 b	2,61	2,36 a
Fontes de fósforo (P)	SFT	0,98 a	3,06 a	2,60 a
	FNR	0,71 b	3,38 b	1,59 b
DMS		0,02	0,28	0,19
Doses de nitrogênio (kg ha-1)	0	0,56	1,33	1
	75	0,73	1,79	1,36
	150	0,84	2,56	1,73
	300	1,00	3,35	2,46
	600	1,09	4,57	3,93
Teste F	Inoculação (I)	168,80**	7,93**	62,04**
	Fontes de P (F)	407,00**	70,80**	229,60**
	Doses de N (D) <sup>2</sup>	203,15**	205,44**	242,70**
	I x F	0,24	2,31	21,6**
	I x D	4,75**	2,75	3,03*
	F x D	42,30**	22,50**	60,20**
	I x F x D	22,63	41,61	17,21
Média geral		0,84	2,72	2,11
CV%		7,01	13,21	14,23

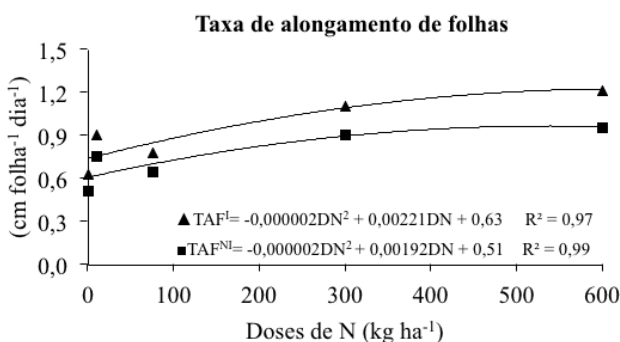
<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; SFT = superfosfato triplo; FNR = fosfato natural reativo; DMS = diferença média significativa; CV% = coeficiente de variação; \*\* e \* significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente. <sup>2</sup> Equações de regressão para o efeito isolado das doses de nitrogênio (DN): TAF =  $-0,000002DN^2 + 0,00207DN + 0,57$ ; TAP =  $1,51 + 0,005DN$  e TSP =  $1,0 + 0,0048DN$ .

demonstram que o aumento promovido pelas doses de N na TAF se deu de forma quadrática, e para as TAP e TSP o ajuste se deu através de modelos lineares crescentes.

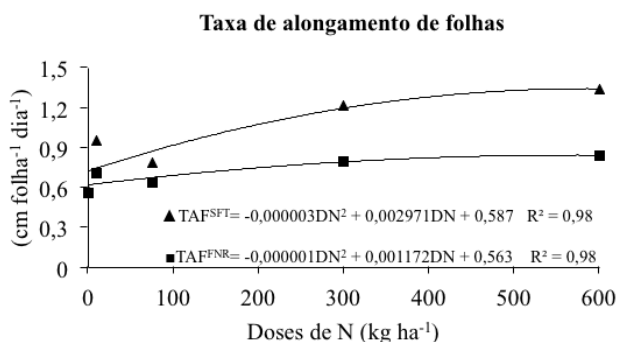
A taxa média máxima de alongamento de folhas foi de 1,07 cm folha dia<sup>-1</sup>, obtida com a dose de 517,5 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em relação às TAP e TSP, verificou-se que a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N, proporcionou aumentos respectivos de 66,51% e 74,22% em relação aos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada. Nabinger e Medeiros (1995) explicam que isto ocorre porque o nitrogênio acelera o processo de formação das gemas axilares, contribuindo para o aumento do perfilhamento e da taxa de aparecimento e alongamento de folhas.

Em relação à ocorrência de interações entre os tratamentos, verificou-se que não ocorreram interações triplas (P>0,05), entretanto, ocorreram interações duplas entre I x F e/ou I x D e/ou F x D (P<0,05) (Quadro 1).

As taxas de alongamento de folhas foram afetadas (P<0,01) pelas interações entre inoculação x doses de nitrogênio e por fontes de fósforo x doses de nitrogênio (Figuras 1 e 2 respectivamente). O desdobramento da interação entre I x D (Figura 1) evidenciou que as crescentes doses de nitrogênio associadas ou não a sementes inoculadas, promoveram aumentos na taxa de alongamento de folhas com ajustes quadráticos para as equações de regressão.



**Figura 1** - Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* sobre a taxa de alongamento de folhas de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. NI = não inoculado; I = inoculado; DN = doses de nitrogênio.



**Figura 2** - Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e fontes de fósforo sobre a taxa de alongamento de folhas de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. SFT = superfosfato triplo; FNR = fosfato natural reativo; DN = doses de nitrogênio.

Skinner e Nelson (1995) afirmam que, as plantas forrageiras, são altamente responsivas à adubação nitrogenada devido à deposição de nutrientes nas zonas de alongamento e divisão celular das folhas, gerando aumento na produção de novas células e tecidos.

A adubação nitrogenada, combinada com inoculação, contribuiu para obtenção das maiores TAF em todas as doses de N testadas, com média máxima de 1,24 cm folha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> alcançada com a dose de 552,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, valor 20,96% superior à maior média obtida (0,98 cm/folha dia<sup>-1</sup>) nos tratamentos não inoculados.

Souza (2014) trabalhando com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido a doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em solos do Cerrado verificou que a inoculação aumentou a taxa de alongamento de folhas em 22,39%, além de proporcionar folhas mais largas, aumentando a área fotossinteticamente ativa do dossel.

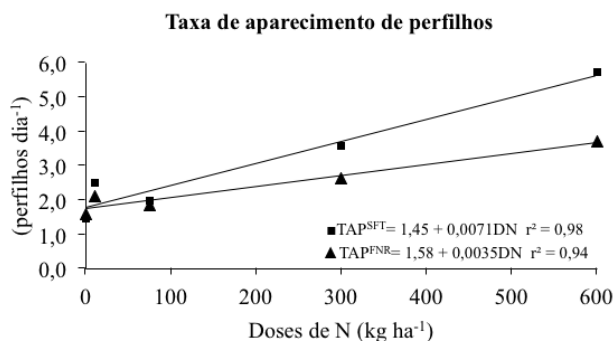
Estes resultados respaldam os resultados obtidos no presente trabalho e demonstram a importância do uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados, sem comprometer a produtividade, além de promover a sustentabilidade ambiental nos sistemas de produção.

No desdobramento da interação entre F x D sobre a TAF, à semelhança do ocorrido no desdobramento

entre I x D, ocorreram aumentos ( $P < 0,01$ ) no alongamento de folhas à medida que foram aumentando as doses de nitrogênio (Figura 2). A utilização do SFT favoreceu a TAF em função do aumento das doses de N adicionadas. Na presença desta fonte de fósforo, o máximo alongamento de folhas ( $1,32 \text{ cm/folha dia}^{-1}$ ) ocorreu com a dose de  $495 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, valor  $31,92\%$  superior à taxa máxima alcançada ( $0,90 \text{ cm/folha dia}^{-1}$ ) quando o FNR foi utilizado como fonte.

Cecato *et al.* (2007) trabalhando com capim Mombaça e fontes de fósforo, em solo com  $14,5 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, verificaram que a taxa de alongamento foliar foi  $13,74\%$  superior nas plantas adubadas com superfosfato triplo mais superfosfato simples em relação àquelas adubadas com fosfato de Yoorin (fonte de menor solubilidade). Os autores afirmam que isto ocorreu, possivelmente, pelo melhor aproveitamento do fósforo durante o experimento, em decorrência de sua maior solubilidade.

O perfilhamento da forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani foi afetado ( $P < 0,05$ ) pela interação entre fontes de fósforo e doses nitrogênio, e, independente da fonte de P utilizada, ocorreram incrementos nesta variável em função das crescentes doses de N adicionada no solo (Figura 3). Constatou-se que a TAP aumentou linearmente em função das doses de N, e que não ocorreram diferenças ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de fósforo quando estas foram aplicadas nos tratamentos sem adubação nitrogenada. Combinado com as demais



**Figura 3** - Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e fontes de fósforo sobre a taxa de aparecimento de perfilhos de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. NI = não inoculado; I = Inoculado; DN = doses de nitrogênio.

doses, o SFT proporcionou as maiores TAP, com média máxima ( $5,71 \text{ perfilhos vaso}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) obtido na dose de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Este valor foi  $35,55\%$  superior ao máximo obtido ( $3,68 \text{ perfilhos vaso}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) utilizando a mesma dose de N associado ao FNR.

Patês *et al.* (2008) afirmam que os baixos níveis de fósforo e a alta capacidade dos solos oxidicos em adsorver este elemento é um dos maiores problemas no estabelecimento e na manutenção de pastagens em condições brasileiras. Desta forma, adubações equilibradas com estes dois nutrientes tornam-se indispensáveis no processo de formação de forrageiras tropicais.

Além disso, nessas condições, o uso de fontes de menor solubilidade, pode reduzir a velocidade de cobertura do solo pela forrageira, abrindo espaço para a incidência de plantas espontâneas, mais adaptadas a solos com baixa fertilidade e por consequência, aumento da necessidade de uso de herbicidas para seu controle.

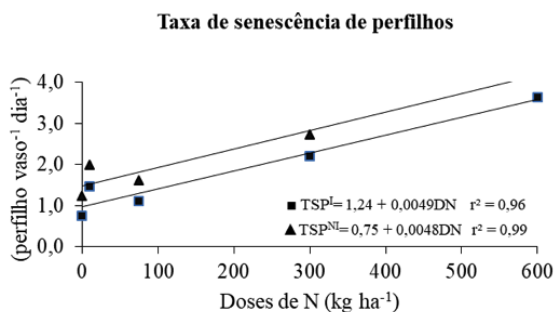
Em relação à TSP, ocorreram interações entre I x F, I x D, e, entre F x D ( $P < 0,05$ ) (Quadro 1). O desdobramento da interação entre I x F (Quadro 2) demonstrou que a inoculação com *A. brasilense*, contribuiu para a redução da taxa de senescência de perfilhos, independente da fonte de fósforo. Na presença de SFT, a inoculação reduziu a mortalidade em  $27,48\%$ , já com o FNR a redução foi de  $12,94\%$ .

**Quadro 2** - Desdobramento da interação entre fontes de fósforo e inoculação de *Azospirillum brasilense* sobre taxa de senescência de perfilhos de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani

Tratamentos	Taxa de senescência de perfilhos (perfilhos vaso <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )		DMS
	Fontes de fósforo		
Inoculação	SFT	FNR	
Inoculado	2,19 Ba	1,48 Bb	0,18
Não inoculado	3,02 Aa	1,70 Ab	
DMS	2,51		

(\*) Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; SFT = superfosfato triplo; FNR = fosfato natural reativo; DMS = diferença média significativa.

Comportamento similar foi observado no desdobramento da interação entre I x D. Neste caso, a TSP, em função das doses de nitrogênio e inoculação com *A. brasilense* se ajustou através modelos lineares crescentes (Figura 4).



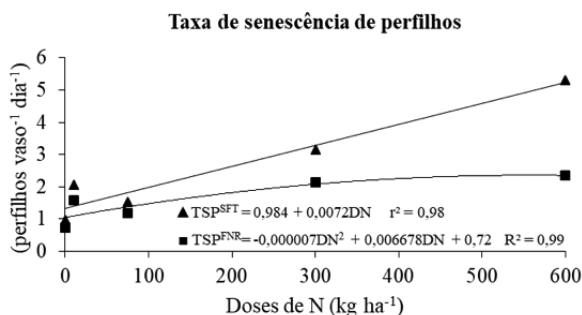
**Figura 4** - Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* sobre a taxa de senescência de perfilhos de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. SFT =superfosfato triplo; FNR = fosfato natural reativo; DN = doses de nitrogênio.

Verificou-se que, com o aumento das doses, também ocorrem aumento na TSP independente da inoculação. Entretanto, a inclinação da reta da regressão foi relativamente superior nos tratamentos não inoculados. As taxas máximas de senescência obtidas neste estudo, para os tratamentos não inoculados (4,18 perfilhos vaso<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e inoculados (3,68 perfilhos vaso<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) ocorreram com a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N, ou seja, a inoculação contribuiu para a redução da senescência em 13,5%.

A inoculação, como já foi visto, aumentou a taxa de alongamento de folhas, o que resulta em maior área foliar fotossinteticamente ativa, conseqüentemente, maior fluxo de fotoassimilados para os tecidos, garantindo plantas mais nutridas e maior perenidade aos perfilhos.

Em relação ao desdobramento da interação entre F x D (Figura 5), verificou-se que o aumento nas doses de N, à semelhança do ocorrido com a TAP, contribuiu

( $P < 0,05$ ) para o aumento da TSP. Quando as doses de N foram combinadas com SFT, o aumento foi ajustado através de uma regressão linear crescente, e o ponto de máxima senescência (5,30 perfilhos vaso<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) ocorreu na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N. Quando a fonte utilizada foi o FNR, o aumento da TSP foi representado por uma equação quadrática, onde o ponto de máxima senescência (2,31 perfilhos vaso<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) foi atingido com a dose de 477 kg ha<sup>-1</sup> de N.



**Figura 5** - Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e fontes de fósforo sobre a taxa de senescência de perfilhos de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani. SFT = superfosfato triplo; FNR = fosfato natural reativo; DN = doses de nitrogênio.

Carvalho *et al.* (2000) mencionam em seu trabalho, que a senescência de perfilhos vegetativos, resulta de inúmeros processos, tais como, florescimento, competição por nutrientes e principalmente o sombreamento de pequenos perfilhos devido ao aumento da massa de forragem no pasto.

Este fato explica as maiores taxas de mortalidade de perfilhos ocorridos nas doses mais altas de N associada ao SFT. Nestes casos, as plantas tem maior disponibilidade de nutrientes, o que contribuiu para aumentar o comprimento médio das folhas, e o número de perfilhos por área, refletindo em maior competição por luz e conseqüentemente aumentando o sombreamento no interior do dossel e a taxa de senescência de perfilhos.

## CONCLUSÕES

A inoculação de sementes com as estirpes Ab-v5 e Ab-v6 de *Azospirillum brasilense* influenciam na morfogênese da forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, proporcionando aumentos nas taxas de alongamento de folhas e redução na taxa de senescência de perfilhos.

O superfosfato triplo é a fonte de fósforo que mais influencia nas características morfológicas

de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, sendo recomendada sua aplicação na fase inicial de formação desta forrageira em solos com baixos teores deste elemento.

Nas condições do estudo, a inoculação com *Azospirillum brasilense* é alternativa viável para aumentar a produtividade da forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani na Amazônia Brasileira contribuindo para redução do uso de adubos industrializados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandrino, E.; Vaz, R.G.M.V. & Santos, A.C. (2010) - Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, vol. 26, n. 6, p. 886-893.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2013) - Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, n. 6, p. 711-728. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Bashand, Y. & Huguin, G. (1997) - *Azospirillum*-plant relationship: Environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, vol. 43, n. 2, p. 103-121. <https://doi.org/10.1139/m97-015>
- Brambilla, D.M.; Nabinger, C.; Kunrath, T.R.; Carvalho, P.C.F.; Carassai, I.J. & Cadenazzi, M. (2012) - Impact of nitrogen fertilization on the forage characteristics and beef calf performance on native pasture overseeded with ryegrass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 41, n. 3, p. 528-536. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000300008>
- Carvalho, C.A.B.; Silva, S.C. da; Sbrissia, A.F.; Pinto, L.F. de M.; Carnevalli, R.A.; Fagundes, J.L. & Pedreira, C.G.S. (2000) - Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim 'tifton 85' sob pastejo. *Scientia Agrícola*, vol. 57, n. 4, p. 591-600. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000400001>
- Cecato, U.; Skrobot, V.D.; Fakir, G.M.; Jobim, C.C.; Branco, A.F.; Galbeiro, S. & Janeiro, V. (2007) - Características morfológicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 36, n. 6, p. 1699-1706. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000800001>
- Chapman, D.F. & Lemaire, G. (1993) - Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: *International Grassland Congress, 17, Palmerston North. Proceedings...* Palmerston North: SIR Publishing, p. 95-104.
- Costa, N. de L.; Moraes, A. de; Carvalho, P.C. de F. & Magalhães, J.A. (2016) - Acúmulo de forragem e morfogênese de *Trachypogon plumosus* sob níveis de fósforo. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol. 10, n. 5, p. 388-393.
- Cruz, P. & Boval, M. (1999) - Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: *Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Anais...* Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 134-150.
- EMBRAPA (2006) - *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 2 ed.- Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-SPI, 306 p.
- Ferreira, D.F. (2014) - Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 38, n. 2, p. 109-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Grant, S.A.; Bertharm, G.T.; Torvell, L.; King, J. & Elston, A. (1988) - Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. *Grass and Forage Science*, vol. 43, n. 1, p. 29-39. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02138.x>



- Kaminski, J. & Peruzzo, G. (1997) - *Eficácia de fosfatos naturais em sistemas de cultivo*. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. n. 3, 31 p.
- Lemaire, G. & Chapman, D. (1996) - Tissue flows in plants communities. *In: Hodgson, J. & Illius, A.W. (Eds.) - The ecology and management of grazing systems*. United Kingdom, p. 3-36.
- Lima, S. de O.; Fidelis, R.R. & Costa, S.J. (2007) - Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 37, n. 2, p. 100-105.
- Lopes, J.; Evangelista, A.R.; Pinto, J.C.; Queiroz, D.S. & Muniz, J.A. (2011) - Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 40, n. 12, p. 2658-2665. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011001200007>
- Nabinger, C. & Medeiros, R.B. (1995) - Produção de sementes de *Panicum maximum* Jacq. *In: Simpósio Sobre o Manejo de Pastagens, Piracicaba. Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 59-128.
- Novakowski, J.H.; Sanini, I.E.; Falbo, M.K.; Moraes, A. de; Novakowski, J.H. & Cheng, N.C. (2011) - Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 32, n.sup. 1, p. 1687- 1698.
- Okon, Y. & Itzigsohn, R. (1995) - The development of *Azospirillum* as a commercial inoculant for improving crop yield. *Biotechnology Advances*, vol. 13, n. 3, p. 415-424. [https://doi.org/10.1016/0734-9750\(95\)02004-M](https://doi.org/10.1016/0734-9750(95)02004-M)
- Okon, Y. & Vanderleyden, J. (1997) - Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 63, n. 7, p. 366-370.
- Patês, N.M. da S.; Pires, A.J.V.; Carvalho, G.G.P. de; Oliveira, A.C.; Foncêca, M.P. & Veloso, C.M. (2008) - Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 37, n. 11, p. 1934-1939. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008001100005>
- Roma, C.F.C.; Cecato, U.; Soares Filho, C.V.; Santos, G.T.; Ribeiro, O. L. & Iwamoto, B. S. (2012) - Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and non-fertilized with nitrogen according to season. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 41, n. 3, p. 565-573. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000300013>
- Santos, M.E.R.; Fonseca, D.M.; Gomes, V.M.; Gomide, C.A.M.; Nascimento J.R.D. & Queiroz, D.S. (2011) - Capim-braquiária sob lotação contínua e com altura única ou variável durante as estações do ano: morfogênese e dinâmica de tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 40, n. 11, p. 2323-2331. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011001100007>
- Skinner, R.H. & Nelson, C.J. (1995) - Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science*, vol. 35, n. 1, p. 4-10. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010002x>
- Souza, P.T. (2014) - *Inoculação com Azospirillum brasilense e adubação nitrogenada em Brachiaria brizantha cv. Marandu*. 2014. 80 f. Dissertação - (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, UFG, Jataí-GO.