



Contribuição das bactérias diazotróficas no crescimento do capim Marandu

Contribution of diazotrophic bacteria in growth of Marandu grass

Leonardo dos Santos França Shockness¹, Vera Lúcia Divan Baldani², Marcus Vinicius Gonçalves Lima³, Angelita Aparecida Coutinho Picazevicz⁴, Karina Galvão de Souza⁵

RESUMO

Objetivou-se isolar bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* spp. e *Herbaspirillum* spp., provenientes de duas cultivares de *Urochloa brizhanta* (Marandu e Xaraés) e de uma cultivar de *Urochloa decumbens* (Ipean), testar as mesmas, e avaliar sua contribuição no crescimento de *Urochloa brizhanta* cv. Marandu identificando as três mais promissoras. O trabalho foi realizado na Embrapa Agrobiologia em Seropédica – RJ, em duas etapas. Na primeira foi realizado, em meio de cultura semi sólido NFB, LGI e JNFB, o isolamento, caracterização e testes bioquímicos de bactérias diazotróficas provenientes de plantas das cultivares Marandu e Xaraés de *U. brizhanta* e a cultivar Ipean de *U. decumbens*. Nesta etapa obteve-se 15 isolados que foram utilizados na segunda etapa que consistiu da inoculação dos 15 isolados acrescidos de três isolados padrões SP245, ZAE94 e CBAMC em plântulas de *U. brizhanta* cv. Marandu, mais a testemunha não inoculada. Os resultados obtidos de peso seco e fresco das plântulas foram testados pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade e foi possível selecionar três isolados mais promissores na promoção de crescimento vegetal. Podemos concluir que, existem bactérias fixadoras de nitrogênio, solubilizadoras de fosfato e que produzem ácido-3-indolacético provenientes de *Urochloa brizhanta* e *Urochloa decumbens*. As bactérias isoladas de cultivares de *U. brizhanta* e de *U. decumbens* se mostraram mais eficientes no crescimento do capim Marandu do que as bactérias padrões provenientes de outras espécies de plantas. Dentre os 15 isolados testados, os isolados J.R.10⁻⁴.MB.2^{*}A, L.R.10⁻³.IB e L.P.10⁻².MB diferiram estatisticamente dos demais, sendo considerados os três mais promissores.

Palavras-chave: *Urochloa brizhanta*; Fixação biológica de nitrogênio; Gramíneas; Pastagem.

ABSTRACT

The objective was to isolate diazotrophic bacteria of the genus *Azospirillum* spp. and *Herbaspirillum* spp., from two cultivars of *Urochloa brizhanta* (Marandu and Xaraés) and one cultivar of *Urochloa decumbens* (Ipean), test them and evaluate their contribution to the growth of *Urochloa brizhanta* cv. Marandu identifying the three most promising. This work was carried out at Embrapa Agrobiologia in Seropédica – RJ, in two stages. In the first, isolation, characterization and biochemical tests of diazotrophic bacteria from plants of the Marandu and Xaraés cultivars of *U. brizhanta* and the Ipean cultivar of *U. decumbens* were carried out in semi-solid culture medium NFB, LGI and JNFB. In this stage, 15 isolates were obtained and were used in the second stage, which consisted of inoculating the 15 isolates plus three standard isolates SP245, ZAE94 and CBAMC in seedlings of *U. brizhanta* cv. Marandu, plus the uninoculated witness. The results obtained for the dry and fresh weight of the seedlings were tested using the Scott-Knott test at 5% probability and it was possible to select three isolates that were most promising in promoting plant growth. We can conclude that there are nitrogen-fixing, phosphate-solubilizing bacteria that produce 3-indoleacetic acid from *Urochloa brizhanta* and *Urochloa decumbens*. Bacteria isolated from cultivars of *U. brizhanta* and *U. decumbens* proved to be more efficient in the growth of Marandu grass than standard bacteria from other plant species. Among the 15 isolates tested, isolates J.R.10⁻⁴.MB.2^{*}A, L.R.10⁻³.IB and L.P.10⁻².MB differed statistically from the others, being considered the three most promising.

Keywords: *Urochloa brizhanta*; Biological nitrogen fixation; Grasses; Pasture.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia;

² Embrapa Agrobiologia;

³ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT;

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia;

⁵ Faculdade Marechal Rondon – FARON.

Autor correspondente: marcus.lima@unemat.br

Recebido em: 12/09/2024. Aceito em: 29/09/2025.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio representa cerca de um quarto da receita bruta do Brasil (Martins et al., 2018), sendo considerado de extrema importância para a economia do país. De acordo com o Censo Agropecuário publicado no ano de 2019, cerca de 45% do território nacional são ocupados por pastagens; as matas e florestas constituem aproximadamente 29%, as lavouras 18% e outros cultivos representam 8% (Brasil, 2017). Nota-se nesse sentido, que as pastagens ocupam grande faixa territorial, permitindo que a pecuária extensiva seja utilizada como um dos principais cenários da produção animal (Rodrigues et al., 2012).

A maior evidência da importância das forrageiras, principalmente aquelas do gênero *Urochloa* (*Brachiaria*) (Boddey et al., 2006), é o fato de o Brasil estar entre os maiores produtores e exportadores mundiais de carne, sendo que a produção brasileira de carne deve continuar seguindo um rápido crescimento e os preços do produto devem aumentar fortemente durante os próximos anos, algo em torno de 4,4% a.a. (OCDE-FAO, 2015).

Apesar de serem importantes para os sistemas agropecuários no país, dos 200 milhões de hectares existentes, considera-se que cerca de 130 milhões estejam degradadas, necessitando de alguma intervenção para reverter o estado em que se encontram (EMBRAPA, 2020).

Neste cenário, o uso de práticas como a pecuária extensiva e o manejo inadequado vem sendo questionadas quanto à sua eficácia e aos danos causados ao ambiente, devido à exploração de recursos e baixa utilização de novas tecnologias (Rodrigues et al., 2012), resultando na degradação dos solos e reduzindo sua fertilidade (Lange et al., 2019). A degradação pode ser causada por alterações nas características físicas do solo, como exemplo: a compactação, que é resultado do uso excessivo da área, pelo excesso de animais, falta de rotatividade e manejo incorreto (Fernandes et al., 2016).

Um dos principais fatores que afetam crescimento e a persistência de gramíneas nos trópicos aumentando assim a degradação das pastagens é a deficiência de nitrogênio no solo, uma vez que, este nutriente acelera a formação e o crescimento de novas folhas e aumenta o vigor de rebrota, melhora sua recuperação após o corte, resultando em maior produção e capacidade de suporte das pastagens (Cecato et al., 1996).

Entretanto, o uso dos fertilizantes nitrogenados onera muito os custos de produção, e com a demanda por alimentos crescendo ano a ano, tem-se enfatizado a necessidade de alternativas sustentáveis, tal como a fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Cunha et al., 2023; Moreira et al., 2010; Santos, 2013).

A FBN é realizada por um grupo de bactérias, denominadas de bactérias diazotróficas, as quais além de fornecer N_2 para o desenvolvimento vegetal, auxiliam em vários processos fisiológicos da planta, como a produção de fitormônios, controle de fitopatógenos e solubilização de nutrientes, como o fósforo e potássio (Florentino et al., 2017; Andrade et al., 2019), contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas ao reduzir o uso de insumos químicos (Bosa et al., 2016).

Dessa forma, a utilização de bactérias diazotróficas pode ser uma alternativa acessível e sustentável para os produtores, visando à redução dos custos e minimizando os impactos ambientais causados pela degradação das pastagens (Rocha et al., 2022; Benedetti et al., 2019), porém existem interações entre as bactérias diazotróficas e as diversas culturas, tais como, gramíneas forrageiras, milho, trigo e arroz e isso tem sido

tema de pesquisas, devido ao seu potencial biotecnológico evidenciado no aumento da produtividade dessas culturas, auxiliando assim na manutenção e conservação dos recursos ambientais (Moreira et al., 2010).

Faz-se necessário pesquisas com FBN em gramíneas forrageiras, principalmente na área de diversidade de bactérias diazotróficas associadas a essas plantas, para que novas bactérias possam ser descobertas, assim como seu potencial de FBN (Freitas et al., 2019; Moreira et al., 2010; Santos, 2013). Com isso, objetivou-se com este trabalho, isolar bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum Spp.* ou *Herbaspirillum Spp.*, provenientes de duas cultivares de *Urochloa brizhanta* (Marandu e Xaráes) e de uma cultivar de *Urochloa decumbens* (Ipean), testar as mesmas e avaliar sua contribuição no crescimento de *U. brizhanta* cv. Marandu identificando as três mais promissoras.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Agrobiologia em Seropédica – RJ, em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado o isolamento, a purificação e caracterização fisiológica de bactérias dizotróficas provenientes de plantas de *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens*, sendo utilizadas as cultivares, Marandu e Xaráes de *U. brizantha* e a cultivar Ipean de *U. decumbens*, e na segunda etapa um experimento de inoculação em condições gnotobiotica.

As cultivares de *U. brizantha* (Marandu e Xaráes) e *U. decumbens* (Ipean) utilizadas foram provenientes do Campo Agrostológico do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em Seropédica, sendo coletadas em touceiras (duas touceiras por cultivar) com uma pequena quantidade solo aderido as raízes.

As amostras das plantas foram lavadas em água corrente, fragmentadas em pedaços menores e colocados em bandejas de plásticos, em seguida foram pesados 10 g de cada cultivar, tanto das raízes como da parte aérea. Após a fragmentação, as amostras foram colocadas em liquidificador de uso doméstico com 90 ml de solução salina e trituradas por 2 minutos.

Em seguida a trituração no liquidificador o conteúdo foi adicionado em frascos de vidros com tampa, com capacidade para 250 ml, e foram levados para o agitador horizontal onde permaneceram por 30 minutos em agitação.

Ao final de 30 minutos, as amostras correspondentes à suspensão em solução salina foram diluídas em série, transferindo 1 ml da suspensão para 6 tubos de ensaio com solução salina, correspondendo as diluições seriadas de 10^{-1} até 10^{-6} para amostras da parte aérea, e em 7 tubos de ensaios com solução salina, correspondendo as diluições seriadas de 10^{-1} a 10^{-7} para amostras de raízes.

Após o preparo das diluições seriadas, uma amostra de 0,1 ml de cada diluição foi utilizada para inocular, em triplicata, frascos contendo 5 ml dos respectivos meios semissólidos semi-específicos NFB (malato), JNFB (malato) e LGI (sacarose), tanto para a parte aérea quanto para raízes (Döbereiner et al., 1995).

Os frascos inoculados foram incubados a 30°C por sete dias, para o desenvolvimento de película característica de bactérias diazotróficas, na região superficial do meio. Após o desenvolvimento da película, era retirada uma amostra da

mesma e reinoculada para confirmação da capacidade de formar película e purificação. Após este processo as culturas foram inoculadas em placas de meio sólido (NFB 3X, JNFB e LGI) e meio Batata para confirmação da pureza (Baldani; Döbereiner, 1980; Döbereiner et al., 1995).

A atividade da nitrogenase dos isolados foi avaliada pelo método de Atividade de Redução de Acetileno (ARA) (Boddey et al., 1990), sendo avaliados os 15 isolados provenientes de *U. brizantha* e *U. decumbens*, e utilizando as bactérias das espécies *Azospirillum brasilense* (SP 245), *Herbaspirillum seropedicae* (ZAE 94) e *A. amazonense* (CBAMC) como controle positivo, totalizando 18 isolados para análise.

Uma alíquota de 20 µL da cultura bacteriana foi transferida para frascos de penicilina de 20 mL contendo 6 mL dos meios semissólidos e semi-seletivos sem indicador JNFB, LGI e NFB, para *Herbaspirillum sp.* e *Azospirillum sp.*, respectivamente. Estes frascos foram incubados por 48 horas a 30 °C até que a formação de película característica de bactérias diazotróficas fosse observada.

Os frascos foram fechados com lacres de borracha e alumínio e injetados 10% de sua fase gasosa com gás acetileno, seguido de incubação por 1 hora e 30 minutos a 30 °C. Posteriormente 1 mL da fase gasosa foi retirada do frasco, sendo descartado 0,5 mL e injetado os outros 0,5 mL no cromatógrafo de gás com ionização de chama, Perkin Elmer modelo F11, utilizando uma coluna Poropak N de 50 cm a 40 °C para a leitura do etileno formado (Videira, 2008).

A capacidade de solubilização de fosfato insolúvel foi testada em meio de cultura NBRIP sólido com $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. As bactérias foram previamente cultivadas em meio DYGS por 24 horas, após esse período, foi medida a densidade óptica (DO) em um espectrofotômetro, e normalizada a D.O. (600 nm) = 0,9 - 1, e uma alíquota de 20 µL foi inoculada na superfície da placa de Petri contendo o meio NBRIP sólido, em forma de “gotas ou pontuações”.

Foram estabelecidas 3 alíquotas por placa, cada placa sendo inoculada com o mesmo isolado, perfazendo assim as três repetições por isolado. A avaliação da solubilização de fosfato foi feita medindo o diâmetro da colônia e do halo de solubilização, assim estabelecendo a eficiência pelo índice de solubilização (IS) sendo diâmetro do halo / diâmetro da colônia, como descrito em Nautiyal (1999) e também classificados pelo IS conforme Chagas Junior et al. (2010). O diâmetro do halo de solubilização, percebido como uma área translúcida em torno da colônia, foi medido após 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias de incubação.

Os isolados foram caracterizados quanto à produção de ácido-3-indolacético através do método de microplaca descrito por Sarwar e Kremer (1995). Para este teste, 1 mL de cultura bacteriana foi cultivada previamente por 24 horas em meio DYGS e posteriormente inoculada em 20 mL de meio DYGS suplementado com L-triptofano na concentração final de 100 µg mL⁻¹.

Os tubos permaneceram no escuro sob agitação de 150 rpm a temperatura de 30 °C por 24 horas. Alíquotas de 1 mL foram retiradas após 24 horas de cultivo e centrifugadas a 10.000 rpm por 15 minutos. Em microplacas de 96 poços, uma alíquota de 150 µL do sobrenadante foi misturado a 100 µL do reagente de Salkowski (1 mL de 0,5 M FeCl₃ em 49 mL de ácido perclórico 35 %) previamente preparado.

As amostras permaneceram no escuro por 30 minutos sob temperatura ambiente e a leitura de absorbância foi feita em um leitor de microplaca (Labsystem iems reader MF,

Labsystem) com comprimento de onda de 535 nm. A quantificação de compostos indólicos foi feita utilizando-se uma curva de calibração preparada com diluições seriadas de padrões de AIA sintético (0 - 250 mg mL⁻¹).

Para padronização das amostras os resultados foram expressos na unidade mg mL⁻¹ de AIA por unidade de densidade ótica (DO). Todas as amostras de AIA foram analisadas em triplicata nas placas de 96 poços e o resultado decorrente de uma média das três leituras.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições, sendo analisada a interação da *U. brizantha* cv. Marandu com os 15 isolados diazotróficos (N1; L1; L2; L3; L4; J1; J2; J3; J4; J5; J6; J7; J8; J9; J10), além das três bactérias padrões (ZAE94 de *H. seropedicae*; SP245 de *A. brasilense* e CBAMC de *A. amazonense*), e a testemunha não inoculada sem nitrogênio, totalizando assim 19 tratamentos. As estirpes foram reativadas em Erlenmeyer de 125 mL contendo 50 mL de meio DYGS, a 30 °C sob agitação a 150 rpm por 24 horas.

O experimento foi conduzido em tubos de ensaio com capacidade para 120 mL, contendo 60 mL de solução de Hoagland's para tubos com ágar (6 g L⁻¹), sem nitrogênio. Os tubos, contendo a solução nutritiva agarizada, foram tampados com uma rolha de algodão e esterilizados em autoclave. Após a esterilização e antes da solidificação do Agar, cada tratamento foi inoculado com 2 mL de cultura bacteriana previamente crescida. O tratamento controle não foi inoculado, sendo somente adicionado meio de cultura estéril.

As sementes de *U. brizantha* cv. Marandu, com 60% de pureza, foram desinfestadas de acordo com metodologia adaptada de Döbereiner et al. (1995). Após a desinfestação as sementes foram colocadas em placas de Petri contendo meio Agar – água (1%), sendo o processo realizado em câmara de fluxo laminar, e pré-germinadas em estufa durante 48 horas. Posteriormente as plântulas foram colocadas nos respectivos tubos de ensaio, sendo uma semente por tubo.

Durante o experimento foram ainda adicionados 2,5 ml de solução de Hoagland's para tubos aos 10 e 20 dias após implantação do experimento. Na ocasião da primeira adição de Hoagland's para tubos, com 10 dias, a maioria das parcelas já estavam com as folhas encostando na rolha de algodão, onde a mesma foi trocada, em capela de fluxo laminar, sendo utilizado algodão estéril, de forma que o mesmo não impedisse o crescimento das folhas, porém evitando contaminação do meio.

A coleta do experimento se deu após 30 dias da inoculação, onde os parâmetros massa fresca da raiz e da parte aérea das plantas de *U. brizantha* cv. Marandu foram mensurados utilizando uma balança de precisão de quatro casas decimais. Posteriormente a massa fresca da parte aérea foi para estufa de ventilação forçada com 65 °C por 72 horas, e as raízes foram acondicionadas em tubos falcon com álcool a 50 % para serem analisadas no equipamento Winrhizo do Laboratório das Interações Solo – Planta, onde foram analisados a área radicular, volume e comprimento de raízes. Após as análises no Winrhizo, as raízes foram para estufa de ventilação forçada com 65 °C por 72 horas.

Foi testada a normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade de variância (teste de Bartlett) dos dados, posteriormente sendo feitas análises de variância usando o programa ASSISTAT (SILVA, 2006) e comparação de médias pelo teste SCOTT-KNOTT a 5 % de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos um total de 46 isolados (21 proveniente do meio NFB, 7 do meio LGI e 18 do meio JNFB), destes apenas 15, que apresentaram crescimento e película característica de bactérias diazotróficas foram utilizados para a caracterização fenotípica conforme descritos na Tabela 1.

Para facilitar a discussão dos dados, os isolados foram nomeados por tratamento, onde os isolados acrescidos dos padrões e da testemunha (N.R. 10^{-6} .M.2, L.R. 10^{-3} .IA.1, L.R. 10^{-3} .IB, L.R. 10^{-3} .IB.1, L.P. 10^{-2} .MB, J.P. 10^{-2} .XA.2.1.1.A, J.P. 10^{-2} .XA.2.1.1.B, J.P. 10^{-2} .XA.2.1.1.C, J.R. 10^{-3} .MA.2.A, J.R. 10^{-3} .MA.2.B, J.R. 10^{-4} .MB.2*A, J.R. 10^{-4} .MB.2.B, J.P. 10^{-2} .MC.1, J.P. 10^{-2} .MC.1.A, J.R. 10^{-3} .MC.2.2, SP245, ZAE94, CBAMC e testemunha) receberam a letra inicial dos meios de culturas semissólidos utilizados e a numeração respectivamente (N1, L1, L2, L3, L4, J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8, J10, SP245, Z94, CBAMC, Testemunha).

Tabela 1. Caracterização fenotípica das colônias de diazotrofos formadas pelos isolados obtidos em diferentes partes da planta dos diferentes genótipos de *Urochloa* utilizados.

	ISOLADOS	Forma	Elevação	Bordo	Superfície	Detalhes Ópticos
N1	N.R. 10^{-6} .M.2	circular	lente	Inteira	lisa	opaca
L1	L.R. 10^{-3} .IA.1	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
L2	L.R. 10^{-3} .IB	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
L3	L.R. 10^{-3} .IB.1	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
L4	L.P. 10^{-2} .MB	irregular	lente	Ondulada	rugosa	opaca
J1	J.P. 10^{-2} .XA.2.1.1.A	circular	plana	Ondulada	lisa	translúcida
J2	J.P. 10^{-2} .XA.2.1.1.B	circular	plana	Inteira	lisa	translúcida
J3	J.P. 10^{-2} .XA.2.1.1.C	circular	lente	Ondulada	lisa	translúcida
J4	J.R. 10^{-3} .MA.2.A	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
J5	J.R. 10^{-3} .MA.2.B	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
J6	J.R. 10^{-4} .MB.2*A	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
J7	J.R. 10^{-4} .MB.2.B	circular	lente	Denteada	lisa	opaca
J8	J.P. 10^{-2} .MC.1	circular	convexa	Inteira	lisa	opaca
J9	J.P. 10^{-2} .MC.1.A	circular	lente	Inteira	lisa	opaca
J10	J.R. 10^{-3} .MC.2.2	circular	lente	Denteada	lisa	opaca

Na avaliação da atividade da nitrogenase (Figura 1), todos isolados avaliados produziram etileno, mesmo em pequenas quantidades, tendo destaque os isolados L2, L4, J3, J6, J7 e J8, que apresentaram maior concentração de etileno por frasco. Estes resultados confirmam que os isolados testados são possíveis bactérias fixadoras de nitrogênio, pois, de acordo com Boddey et al. (2007), as bactérias capazes de reduzir acetileno a etileno são capazes de reduzir N_2 a NH_3 (amônia).

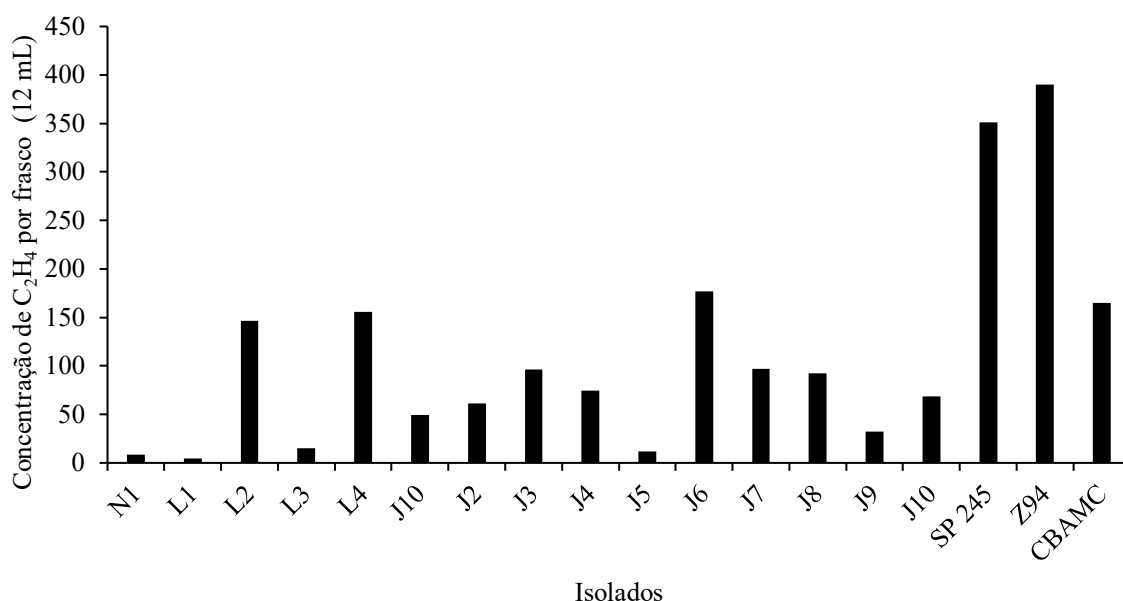


Figura 1. Atividade da nitrogenase pelo método de redução de acetileno (ARA) dos 15 isolados obtidos de *Urochloa*.

O cálculo do Índice de Solubilização (IS) (Figura 2), feito da seguinte forma: diâmetro do halo dividido pelo diâmetro da colônia, mostrou que os isolados dos tratamentos J3, J4, J5, J6, J7, J8 e J9 foram considerados de média solubilização ($2 \leq IS \leq 4$), já os isolados N1, L1 e J2 de baixa solubilização ($IS \leq 2$). Vale salientar que os tratamentos padrões SP 245 e Z94 também foram classificados como de média solubilização. Dentre os 15 isolados apenas 5 isolados não solubilizaram fósforo, sendo eles os tratamentos L2, L3, L4, J1 e J10.

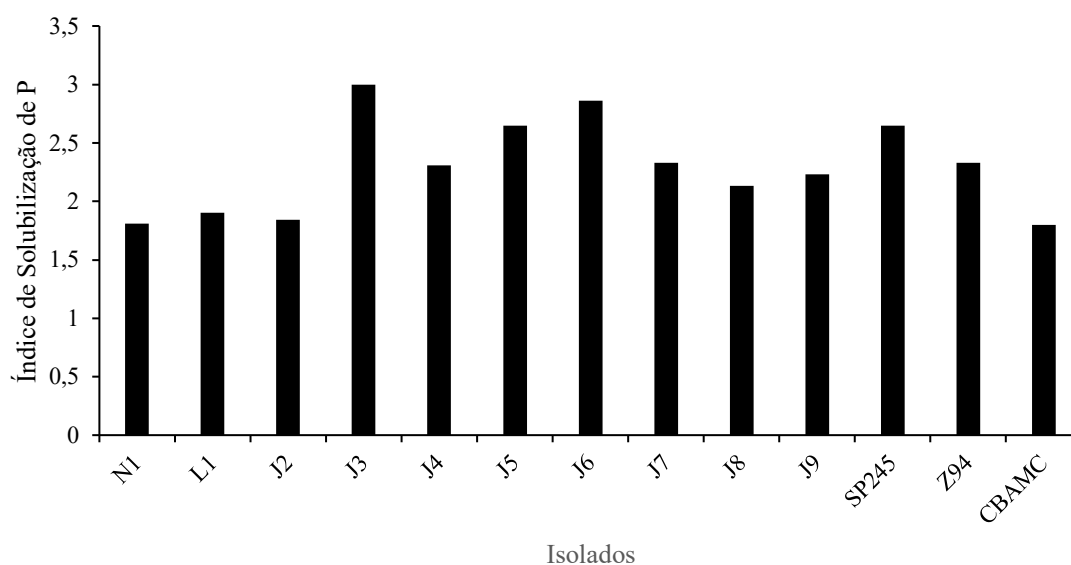


Figura 2. Índice de Solubilização de fósforo dos diferentes isolados de diferentes cultivares de *Urochloa*.

O IS está relacionado à capacidade da bactéria solubilizar o fósforo e poder disponibilizar para planta. Segundo Chagas Junior et al. (2010), muitas bactérias produzem ácidos orgânicos, e estes quando secretados possuem a capacidade de dissolver o fosfato mineral, ou quelatizar íons de Fe e Al associados com fosfatos, contribuindo para a liberação do P.

Os 15 isolados foram avaliados quanto a produção de ácido-3-indolacético, juntamente com os 3 padrões (Figura 3) e durante o teste se destacaram os isolados N1, J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8 e J9. Estes isolados conseguiram uma produção de AIA semelhante ou maior que os padrões testados. Os tratamentos L1, L4 e J10 tiveram uma baixa produção de AIA, já os isolados L2 e L3 não conseguiram produzir AIA. Os microorganismos, com a produção do fitohormônio (AIA), podem estimular o crescimento vegetal e também a produção de metabólitos, fazendo com que a sua utilização reflita no crescimento das plantas com as quais mantêm associação. Segundo Loper e Schroth (1986), cerca de 80% das bactérias isoladas da rizosfera são capazes de produzir AIA.

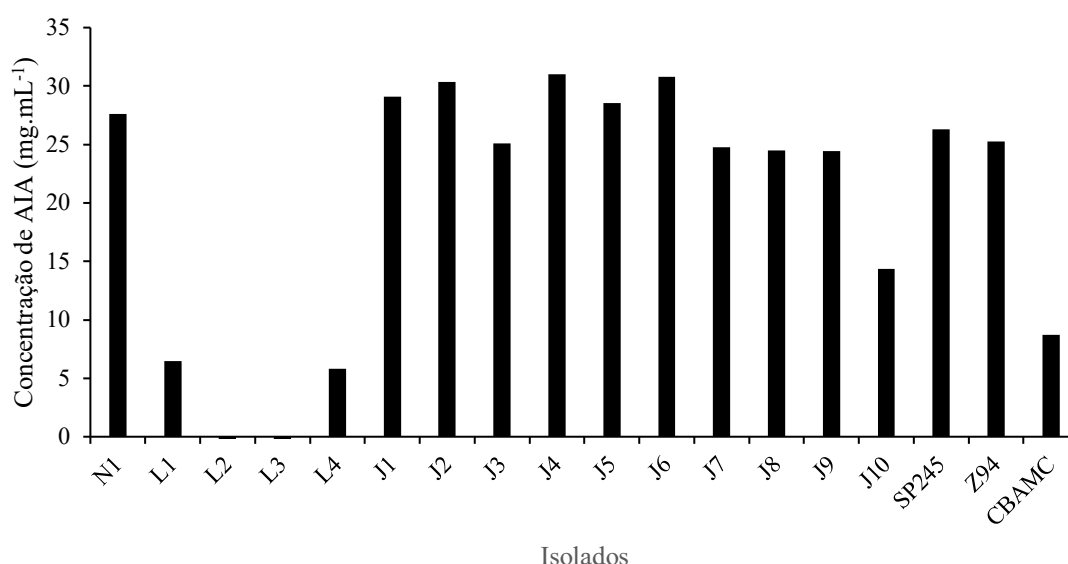


Figura 3. Produção de ácido-3-indolacético (AIA) pelos 15 isolados de duas cultivares de *U. Brizantha* e uma cultivar de *U. decumbens*.

Quando avaliada a massa fresca da parte aérea, observa-se que os tratamentos L2, L4 e J6 diferiram estatisticamente dos demais (Tabela 2), onde os mesmos propiciaram aumento de massa fresca da parte aérea quando comparados com os demais isolados, com os padrões e com a testemunha (Test.).

Ao analisar a massa seca da parte aérea observou-se comportamento semelhante ao ocorrido na massa fresca da parte aérea, em que novamente os tratamentos L2, L4 e J6 se diferiram dos demais, evidenciando que os respectivos isolados se comportaram positivamente na interação planta – bactéria, quando comparada a parte aérea do vegetal, onde podemos inferir que os isolados citados conseguiram propiciar maior aporte de massa quando comparados a testemunha não inoculada, aos demais isolados, e também aos padrões comerciais.

Tabela 2. Massa fresca e seca da parte aérea no crescimento de *U. brizantha* inoculada com 15 isolados provenientes de duas cultivares de *U. brizantha* e uma cultivar de *U. decumbens*, mais três estirpes conhecidas e testemunha sem inoculação e sem N.

Tratamentos ¹	Médias dos tratamentos (g tubo ⁻¹)	
	Massa Fresca Parte Aérea ²	Massa Seca Parte Aérea ²
N1	0,141 a	0,027 c
L1	0,170 b	0,030 b
L2	0,203 a	0,038 a
L3	0,169 b	0,032 b
L4	0,196 a	0,039 a
J1	0,145 b	0,028 c
J2	0,147 b	0,030 b
J3	0,156 b	0,032 b
J4	0,155 b	0,028 c
J5	0,143 b	0,026 c
J6	0,193 a	0,037 a
J7	0,131 c	0,027 c
J8	0,112 c	0,021 d
J9	0,096 d	0,019 d
J10	0,121 c	0,023 c
SP245	0,118 c	0,021 d
Z94	0,141 b	0,025 c
CBAMC	0,151 b	0,024 c
Test.	0,079 d	0,015 d
	F – Anova = 6,5944 **	F – Anova = 5,5573 **
	CV % = 19,46	CV % = 22,22

¹ ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo. ² As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento da massa fresca e massa seca pode ter ocorrido devido o efeito da produção de reguladores de crescimento vegetal como auxinas e citocininas pelos microrganismos. Diferentes trabalhos relataram a produção de auxinas e citocininas por *Azospirillum* spp. (Karimi et al., 2020), *Pseudomonas* spp. (Bakaeva et al., 2020; Singh et al., 2022) e *Rhizobium* spp. (Yang et al., 2022).

Os dados obtidos quando analisada a parte aérea de *U. brizantha* cv. Marandu neste experimento foram semelhantes aos obtidos por Oliveira et al. (2007), que trabalhando com esta gramínea sem aplicação de N e com a inoculação de bactérias dizotróficas, quando comparado com a testemunha (sem N e sem inoculação), teve maior produção de forragem, evidenciando assim segundo o autor, uma alternativa para o aumento da produção de forragem.

Os resultados de massa fresca radicular (Tabela 3), mostraram que os tratamentos L2 e L3 diferiram estatisticamente dos demais, mostrando que a interação destes isolados com a *U. brizantha* resultou em uma quantidade maior de acúmulo de massa às raízes.

Já quando avaliamos a massa seca radicular temos um resultado diferente do apresentado para massa fresca radicular, onde os tratamentos N1, L1, L2, L3, L4, J1, J2, J3 e J6, diferiram estatisticamente dos demais, mostrando que estes isolados tiveram melhor interação com a planta.

Tabela 3. Massa fresca e seca radicular no crescimento de *U. brizantha* inoculada com 15 isolados provenientes de duas cultivares de *U. brizantha* e uma cultivar de *U. decumbens*, mais três estirpes conhecidas e testemunha sem inoculação e sem N.

Tratamentos ¹	Médias dos tratamentos (g tubo ⁻¹)	
	Massa Fresca da Raiz ²	Massa Seca da Raiz ²
N1	0,153 c	0,011 a
L1	0,218 b	0,013 a
L2	0,285 a	0,014 a
L3	0,253 a	0,013 a
L4	0,321 b	0,013 a
J1	0,146 c	0,011 a
J2	0,119 c	0,012 a
J3	0,168 c	0,013 a
J4	0,148 c	0,009 b
J5	0,158 c	0,010 b
J6	0,225 b	0,017 a
J7	0,129 c	0,010 b
J8	0,108 c	0,007 b
J9	0,118 c	0,006 b
J10	0,131 c	0,008 b
SP245	0,157 c	0,007 b
Z94	0,155 c	0,008 b
CBAMC	0,212 b	0,009 b
Test.	0,122 c	0,005 b
	F – Anova = 6,7933 **	F – Anova = 4,6335 **
	CV % = 25,45	CV % = 29,76

¹ ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo. ² As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados obtidos para os parâmetros de massa seca e fresca radicular mostram que os tratamentos inoculados com as bactérias diazotróficas tiveram melhor rendimento quando comparada a testemunha sem inoculação e sem N, e também que os isolados provenientes de cultivares de *Urochloa* interagiram com a planta positivamente, melhor do que os isolados padrões isolados de outras plantas.

Simeões et al. (2018), ao estudarem aplicação de inoculantes em diferentes concentrações com cinco estirpes de bactérias diazotróficas, entre elas *A. amazonense*, em cana-de-açúcar, concluíram que a concentração do inoculante de 10⁶ de células mL⁻¹ favorece o maior acúmulo de biomassa fresca e seca do colmo.

Em trabalhos conduzidos em casa de vegetação foram constatados benefícios em diversos parâmetros radiculares pela inoculação com *A. brasilense* tanto em braquiárias (Hungria et al., 2021), como em *Megathyrsus* (Guimarães et al., 2022).

Os resultados obtidos neste experimento são semelhantes aos obtidos por Brasil et al. (2005) que ao avaliar plantas de capim *Urochloa* inoculadas com bactérias diazotróficas, as mesmas apresentaram produção de massa seca, principalmente do sistema radicular, superior aos tratamentos sem inoculação.

Segundo Lima et al. (2017) o uso das bactérias diazotróficas se apresenta como uma alternativa à diminuição ou até à substituição destes fertilizantes nas culturas agrícolas. Guimarães et al. (2011) relatam benefícios em pastagens de *Urochloa brizantha*, onde

plantas inoculadas apresentaram maior produção de massa seca radicular quando comparadas a plantas não inoculadas. Este aumento pode estar relacionado à produção de fitormônios pelas bactérias diazotróficas, o que auxilia o crescimento radicular, consequentemente beneficiando o aumento na absorção de água e sais minerais (Steenhoudt; Vanderleyden, 2000).

Quando analisadas as médias de comprimento de raízes, observou-se que os tratamentos L4 e J6 propiciaram maior comprimento de raízes quando comparado aos demais isolados e a testemunha, sendo que maior comprimento radicular propicia a planta maior alcance de suas raízes, aumentando sua área de absorção de água e nutrientes no solo (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento, área e volume radicular no crescimento de *U. brizantha* inoculada com 15 isolados provenientes de duas cultivares de *U. brizantha* e uma cultivar de *U. decumbens*, mais três estirpes conhecidas e testemunha sem inoculação e sem N.

Médias dos tratamentos das raízes			
Tratamentos ¹	Comprimento ² (mm)	Área ² (mm ²)	Volume ² (mm ³)
N1	1833,163 c	1891,205 c	155,536 c
L1	2373,474 b	2297,289 b	177,148 b
L2	2300,068 b	2278,329 b	179,965 b
L3	1814,706 c	2050,186 b	184,766 b
L4	3059,636 a	2796,343 a	203,677 b
J1	2032,517 c	2195,335 b	189,914 b
J2	2382,914 b	2444,975 b	203,042 b
J3	2354,542 b	2423,090 b	198,730 b
J4	2150,510 b	2156,044 b	177,135 b
J5	2338,384 b	2369,138 b	191,687 b
J6	3186,111 a	3198,012 a	257,250 a
J7	2030,451 c	2066,072 b	168,985 b
J8	1635,332 c	1719,890 c	146,115 c
J9	1171,580 c	1361,725 c	126,215 c
J10	1924,422 c	2092,736 b	183,586 b
SP245	1272,609 c	1559,300 c	153,178 c
Z94	2182,924 b	2199,188 b	184,130 b
CBAMC	2073,954 c	2217,730 b	189,563 b
Test.	1680,531 c	1632,936 c	127,140 c
F – Anova= 3,5267 **			
F – Anova= 3,8681 **			
F – Anova= 3,9197 **			
CV % = 28,60			
CV % = 22,53			
CV % = 18,86			

¹ ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo. ² As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Ao avaliar a área radicular, os tratamentos L4 e J6 diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. Os resultados obtidos para este parâmetro indicam que os isolados L4 e J6 proporcionaram maior alcance da área pelas raízes de *U. brizantha* cv. Marandu, demonstrando que os isolados interagiram de forma positiva fazendo com que as raízes da planta abrangessem uma área maior, o que facilitaria para absorção de água e nutrientes presentes no solo.

Os dados de área radicular são semelhantes aos obtidos com os dados de comprimento radicular, onde também os tratamentos T5 e T11 diferiram estatisticamente

dos demais, evidenciando que uma maior área radicular está relacionada com o comprimento das raízes. Maior comprimento de raízes também aumentaria a área de atuação da mesma no perfil do solo, tornando a planta mais eficiente na absorção de água e nutrientes. Um sistema radicular bem desenvolvido garante boa formação e sustentação da parte aérea.

Quando analisados os dados de volume radicular, o tratamento T11 se destacou significativamente em relação aos demais isolados, inclusive aos padrões e também em relação a testemunha. Esses dados mostram a interação benéfica da planta com o isolado T11, onde um maior volume radicular irá proporcionar maior absorção de água e nutrientes, e facilitar na rebrota e crescimento da parte aérea, visto que plantas com volume radicular extenso se alimentam melhor e plantas com um grande volume de raízes geralmente irão possuir a habilidade de produzir em solos mais pobres (Russel, 1961).

Um maior volume radicular pode ter ocorrido porque as auxinas e citocininas são responsáveis pelos processos de divisão celular e afetaram diretamente o desenvolvimento das plantas de braquiária (Ullah et al., 2018).

A inoculação do capim xaraés (*U. brizantha* cv. Xaraés) com *A. brasilense* (Dias et al., 2019) aumentou a captação de nitrogênio pela forragem. Outras estirpes de bactérias diazotróficas utilizados no estudo também apresentaram efeitos benéficos na gramínea, se apresentando como possíveis alternativas para diminuição da utilização de fertilizantes nitrogenados em pastagem, como foi observado neste trabalho.

4 CONCLUSÕES

Existem bactérias fixadoras de nitrogênio, solubilizadoras de fosfato e que produzem ácido-3-indolacético provenientes de *Urochloa brizhanta* e *Urochloa decumbens*.

As bactérias isoladas de duas cultivares de *U. brizhanta* (Marandu e Xaraés) e de uma cultivar de *U. decumbens* (Ipean) se mostraram mais eficientes no crescimento de *U. brizhanta* cv. Marandu do que as bactérias padrões provenientes de outras espécies de plantas.

Dentre os 15 isolados de duas cultivares de *U. brizhanta* (Marandu e Xaraés) e de uma cultivar de *U. decumbens* (Ipean), os isolados J6, L2 e L4 diferiram estatisticamente dos demais isolados, sendo considerados os três mais promissores.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES, CPGA-CS da UFRRJ e Embrapa Agrobiologia pelo fomento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. A.; PORTO, M. O.; CAVALI, J.; FERREIRA, E.; BERGAMIN, A. C.; DE SOUZA, F. R.; DE AGUIAR, I. S. *Azospirillum brasilense* e fosfato natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 146-154, 2019.

- BAKAEVA, M.; KUZINA, E.; VYSOTSKAYA, L.; KUDOYAROVA, G.; ARKHIPOVA, T. Y.; RAFIKOVA, G.; LOGINOV, O. Capacity of *Pseudomonas* strains to degrade hydrocarbons, produce auxins and maintain plant growth under normal conditions and in the presence of petroleum contaminants. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 379, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants9030379>
- BENEDETTI, E. L.; SANTIN, D.; CASTRO, R.; ZIEMANN, F. W.; CUNHA, G. S.; BEZERRA, L. C. Produtividade e colonização natural de bactérias fixadoras de nitrogênio de feijão-guandu cultivado com diferentes adubos orgânicos e preparo do solo em área degradada. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 8, p. 23-29, 2019.
- BOSA, C. K.; GUIMARÃES, S. L.; POLIZEL, A. C.; BONFIM-SILVA, E. M.; CANUTO, E. L. Características produtivas e nutricionais do capim-xaraés inoculado com bactérias diazotróficas associativas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, p. 1360-1368, 2016.
- BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Host-plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 12, n. 4, p. 433-439, 1980.
- BODDEY, R. M.; BODDEY, L.H.; URQUIAGA, S. **A técnica de redução de acetileno na medição da fixação biológica de nitrogênio**. Itaguaí: Editora Universidade Rural, 1990. 37 p. (EMBRAPA-CNPBS. Documentos, 6).
- BODDEY, L. H.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. **A avaliação da fixação biológica de N associada a leguminosas e não-leguminosas utilizando a técnica da redução do acetileno: história, teoria e prática**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 43 p.
- BRASIL, IBGE. **Censo Agropecuário**, 2019. Rio de Janeiro, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)** [online]. 2012.
- BRASIL, M. da S.; BALDANI, V. L. D.; MANHÃES SOUTO, S. Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal. **Pasturas Tropicais**, v. 27, n. 3, pp. 22-33, 2005.
- CECATO, U.; GOMES, L.H.; ASSIS, M.A. et al. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33. 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.114-116.
- CUNHA, L. S.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; LANA, M. C.; RIBEIRO, L. L. O.; SHIMADA, B. S.; RICHART, A.; COSTA, A. C. T.; ROSA, W. B. Inoculation, co-inoculation and nitrogen fertilization in soybean culture, **Concilium**, v. 23, n. 10, 454-472, 2023.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A. de; OLIVEIRA, A. N. de; WILLERDING, A. L. Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 359-366, 2010.

DIAS, M. D. S.; FLORENTINO, L. A.; RABÊLO, F. H. S.; REZENDE, A. V. D.; SOUZA, F. R. D. C.; BORGO, L. Características morfológicas, produtivas e bromatológicas do capim-Xaraés: adubação nitrogenada em cobertura versus inoculação com bactérias diazotróficas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, p. 1-12, e-38586, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v20e-38586>.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: EMBRAPA – SPI: Itaguaí-RJ: EMBRAPA-CNPAB. 1995. 60 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pesquisa e desenvolvimento**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pesquisa-e-desenvolvimento>. Acesso em: 28 dez. 2023.

FERNANDES, K. L.; RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J.; CUSTÓDIO, G. D.; BARROS, L. R. Influence of time management in modeling of curve resistance to the penetration of a Latosol under different uses and management of pastures and native woodland. **Revista Árvore**, v. 40, p. 519-527, 2016.

FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V.; MIRANDA, C. C. B.; MESQUITA, A. C.; MANTOVANI, J. R.; BIANCHINI, H. C. Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2017.

FREITAS, P. V. D. X. de.; TOMAZELLO, D. A.; ISMAR, M. G.; BRAW, T. T.; FURLAN, A.; ÂNGELO, R.; MACIEL, A. L. P.; FIRMINO, A. E.; SILVA NETO, C. M.; FRANÇA, A. F. S. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 31-46, 2019.

GUIMARÃES, G. S.; RONDINA, A. B. L.; SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: attending the society's demands for meat production with sustainability. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 1748-1771, 2022.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. da S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 816-826, 2011.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A. B. L.; NUNES, A. L. P.; ARAUJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A. Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa* spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 463, p. 171-186, 2021.

- KARIMI, N.; GOLTAPPEH, E. M.; AMINI, J.; MEHNAZ, S.; ZAREA, M. J. Effect of *Azospirillum zeae* and Seed Priming with Zinc, Manganese and Auxin on Growth and Yield Parameters of Wheat, under Dryland Farming. **Agricultural Research**, v. 10, p. 44–55, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00480-5>
- LANGE, A.; DANTAS, J.; DA SILVA FREDDI, O.; BURATTO, W.; SPAZIANI, C.; CAIONE, G. **Degradação do solo e pecuária extensiva no norte de Mato Grosso**. *Nativa*, v. 7, n. 6, p. 642-648, 2019.
- LIMA, A. A. de.; VENTUROSIO, L. R.; SILVA, B. A. A.; GOMES, A. F.; SCHIMIDT, O. Eficiência da inoculação de *Azospirillum brasilense* associado com enraizador no crescimento e na produção de alface. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 233-240, 2017.
- LOPER, J. E.; SCHROTH, M. N. Influence of bacterial sources of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. **Phytopathology**, v. 76, p. 386-389, 1986.
- MARTINS, S. C.; ASSAD, E. D.; DE MORAES PAVÃO, E.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C. Inverting the carbon footprint in Brazilian agriculture: an estimate of the effect of the ABC Plan. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 43-52, 2018.
- MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NOBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.
- NAUTIYAL, C. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. **FEMS Microbiology Letters**, v. 170, p. 265-270, 1999.
- OCDE-FAO- **Perspectivas Agrícolas 2015-2024**. Disponível em <<https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>> Acesso em: 28 dez 2023.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; BARIONI, W. J.; Produção de forragem e qualidade de *B. brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio. **Embrapa Pecuária Sudeste**, São Carlos, SP. 2007 6 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica 54).
- ROCHA, E. C.; TERRA, A. B. C.; OLIVEIRA, T. E.; ARAÚJO, B. A.; SILVA, N. C. D.; REZENDE A. V.; FLORENTINO, L. A. Utilização de bactérias diazotróficas associativas em áreas de pastagens: Alternativa para mitigação dos gases do efeito estufa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, e20911527939, 2022.
- RODRIGUES, R.; GAMEIRO, A. H.; SILVA, L. F. P.; ALVES, T. C. Viabilidade econômica de um sistema de produção de pecuária bovina sob alta lotação: Uso na pesquisa e na pecuária comercial. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 244-257, 2012.

RUSSEL, E. W. **Soil conditions and plant growth**. 9 ed. London, 1961. 265p

SANTOS, C. S. A. dos. **Capim Marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em Latossolo Vermelho de Cerrado**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnologias, Programa em Engenharias Agrícolas. Rondonópolis. 69p. 2013.

SARWAR, M.; KREMER, R. J. Enhanced suppression of plant growth through production of L-tryptophan-derived compounds by deleterious rhizobacteria. **Plant and Soil**, v. 172, n. 2, p. 261 – 269, 1995.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais[...]** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006.p.393-396.

SIMEÕES, W. L.; OLIVEIRA, A. R.; REIS, V. M.; PEREIRA, W.; LIMA, J. A. Aplicação de bactérias diazotróficas via sistema de irrigação para fixação biológica de nitrogênio na cana-de-açúcar. **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 1, p. 45-51, 2018. Doi: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n1p45-51>.

SINGH, P.; SINGH, R. K.; ZHOU, Y.; WANG, J.; JIANG, Y.; SHEN, N.; JIANG, M. Unlocking the strength of plant growth promoting *Pseudomonas* in improving crop productivity in normal and challenging environments: a review. **Journal of Plant Interactions**, v. 17, n. 1, p. 220-238, 2022.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Microbiology Reviews**, v. 24, n. 4, p.487 - 506, 2000.

ULLAH, A.; MANGHWAR, H.; SHABAN, M.; KHAN, A. H.; AKBAR, A.; ALI, U.; ALI, E.; FAHAD, S. Phytohormones enhanced drought tolerance in plants: a coping strategy. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 33103-33118, 2018.

VIDEIRA, S. S. **Taxonomia polifásica de bactérias diazotróficas do gênero *Sphingomonas* spp. e efeito da inoculação em plantas de arroz**. 2008. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

YANG, J.; LAN, L.; JIN, Y.; YU, N.; WANG, D.; WANG, E. Mechanisms underlying legume–rhizobium symbioses. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 64, n. 2, p. 244-267, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1111/jipb.13207>.