

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

YASMIN APARECIDA KUHN

USO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO VEGETAL NO
CRESCIMENTO INICIAL A CAMPO DE *Senna macranthera*

PONTA GROSSA

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO VEGETAL SOBRE O
CRESCIMENTO INICIAL A CAMPO DE *Senna macranthera*

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do título de
Licenciada em Ciências Biológicas, na
Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Área de Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Rosimeri de
Oliveira Fragoso.

PONTA GROSSA

2024

RESUMO

As alterações ambientais provocadas por ações humanas, como a expansão agrícola e urbana, têm colocado em risco os ecossistemas naturais. Neste contexto, a restauração ecológica surge como uma importante estratégia para mitigar impactos sobre a biodiversidade e recuperar ecossistemas degradados. A escolha de espécies adequadas constitui etapa fundamental para o sucesso da restauração, no entanto, o estabelecimento inicial das mudas em campo é um ponto crítico, influenciado também por fatores como condições do clima e do solo e competição com plantas invasoras. Recentemente, Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP) têm sido avaliadas em espécies florestais, com o intuito de melhorar o desenvolvimento vegetal ao facilitar a absorção de nutrientes, a produção de fito-hormônios e aumentar a resistência a estresses ambientais. Assim, o presente estudo visou avaliar o efeito de BPCP sobre o crescimento inicial da espécie *Senna macranthera* (DC. Ex Collad.) H.S Irwin & Barneby em condições de campo. Para tanto, foram utilizados inoculantes contendo estirpes de bactérias dos gêneros *Pseudomonas* sp. e *Priestia* sp., selecionadas na região dos Campos Gerais e mantidas pelo Laboratório de Biodiversidade da UEPG, em mudas de *S. macranthera*, as quais foram plantadas na Fazenda Escola Capão da Onça, no município de Ponta Grossa, Paraná. Os dados de altura e diâmetro do coleto foram coletados aos 30, 90 e 150 dias após o plantio e avaliados estatisticamente num modelo de parcelas subdivididas no tempo. Embora não tenha ocorrido interação entre os períodos avaliados e BPCP, a análise individual dos fatores demonstrou efeito significativo sobre o crescimento das plantas. Nas avaliações realizadas ao longo do tempo, observou-se crescimento significativo de *S. macranthera*, tanto em altura como em diâmetro. Já com relação aos tratamentos com BPCP, verificou-se efeito significativo apenas sobre a variável diâmetro do coleto, na qual os tratamentos com as estirpes PR31 e 59.4 apresentaram melhores resultados. Apesar de discretos, os resultados apontam para a necessidade de se ampliar estudos relacionados à eficiência e modo de ação das BPCP sobre espécies nativas, incluindo espécies potenciais para a restauração de ecossistemas degradados que possam melhor interagir/responder a tais associações.

Palavras-chave: Restauração ecológica, Rizobactérias, Ecossistemas degradados, Espécie facilitadora, Mudanças climáticas.

ABSTRACT

Environmental changes caused by human actions, such as agricultural and urban expansion, have put natural ecosystems at risk. In this context, ecological restoration has emerged as an important strategy to mitigate impacts on biodiversity and recover degraded ecosystems. Choosing appropriate species is a fundamental step for successful restoration; however, the initial establishment of seedlings in the field is a critical point, also influenced by factors such as climate and soil conditions and competition with invasive plants. Recently, Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) have been evaluated in forest species, with the aim of improving plant development by facilitating nutrient uptake, phytohormone production and increasing resistance to environmental stresses. Thus, the present study aimed to evaluate the effect of PGPB on the growth and initial development of the species *Senna macranthera* (DC. Ex Collad.) H.S Irwin & Barneby under field conditions. For this purpose, inoculants containing strains of bacteria of the genera *Pseudomonas* sp. were used. and *Priestia* sp., selected in the Campos Gerais region and maintained by the Biodiversity Laboratory of UEPG, in *S. macranthera* seedlings, which were planted at the Capão da Onça School Farm, in the municipality of Ponta Grossa, Paraná. Data on height and stem diameter were collected at 30, 90 and 150 days after planting and statistically evaluated in a split-plot design over time. Although there was no interaction between the evaluated periods and PGPB, individual analysis of the factors demonstrated a significant effect of inoculants on plant growth. Particularly for the evaluations carried out over time, significant growth of *S. macranthera* was observed, both in height and diameter. Regarding the treatments with PGPB, a significant effect was observed only on the stem diameter variable, in which the treatments with strains PR31 and 59.4 showed greater results. Although discreet, the results point to the need to expand studies related to the efficiency and mode of action of PGBs on native plants, including potential species for the restoration of degraded ecosystems that can better interact/respond to such associations.

Keywords: Ecological restoration, Rhizobacteria, Degraded ecosystems, Facilitating species, Climate change.

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental ocasionada por ações antrópicas como a expansão das áreas agrícolas e urbanas, interfere na composição natural dos ecossistemas, que progressivamente se tornam ameaçados (Fonseca; Backes; Rosenfield et al., 2017). Logo, com a intensificação das mudanças climáticas e, por consequência, a potencialização dos estresses ambientais sobre as áreas naturais, faz-se necessário buscar alternativas sustentáveis que possam mitigar tais efeitos, evitando prejuízos sobre a biodiversidade (Kulkova, Dobrzynski, Beýzecki, Kramkowski, 2023).

Diante da urgência ambiental, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o período de 2021 a 2030 como a Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas. O objetivo é prevenir, interromper e reverter a degradação ambiental globalmente, promovendo inspiração e apoio a iniciativas de restauração ao redor do mundo. O chamado reforça a importância dos ecossistemas saudáveis, que desempenham um papel essencial para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030 (United Nations Environment Programme, 2020). Com isso, a restauração ecológica assume um papel de grande importância na recuperação desses sistemas e da biodiversidade, abrangendo aspectos estruturais, interações biológicas e sociais (Fróes, Fernandes, Silva et al., 2020).

Para a implantação adequada dos empreendimentos de restauração, deve-se levar em conta aspectos bióticos e abióticos da área a ser recuperada, como clima da região, tipo e qualidade do solo e espécies indicadas (Crouzeilles; Ferreira; Chazdon et al., 2017). Este último item, em especial, está diretamente ligado à eficiência e sucesso do processo de restauração do ecossistema degradado, afetando a retomada das interações ecológicas (Fernandes; Oliveira; Moura Fernandes et al., 2014).

Inúmeras espécies possuem potencial para serem utilizadas na restauração de ecossistemas degradados no Brasil, dentre elas, pertencente à Família Fabaceae, a espécie vegetal *Senna macranthera* (DC. Ex Collad.) H.S Irwin & Barneby, nativa dos Biomas da Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, é descrita como espécie viável para recuperação de áreas degradadas (Araújo, Pinheiro, Queiroz et al., 2023; Faria, Lima, Silva, 2012), por suas características de rápido crescimento e

adaptação a diferentes tipos de solo, possui um papel importante como espécie facilitadora da regeneração natural (Piveta, Miel, Gárcia et al., 2018). A espécie apresenta destaque ainda por sua copa ampla, na qual permite sombreamento do solo o que impede o crescimento de plantas daninhas, podendo alcançar na fase adulta 15 m de altura e 40 cm de DAP (diâmetro à altura do peito) (CARVALHO, 2008),

A fase de estabelecimento das mudas, por sua vez, constitui o ponto frágil de plantios de restauração florestal, sendo o desempenho das plantas a campo dependente tanto de fatores ambientais, como dos métodos de plantio e tratamentos culturais empregados (Rolim, Rosenfield, Overbeck, 2022; Melo, Abreu, Leles et al., 2018). As condições do solo e a competição são exemplos de fatores que podem reduzir o desenvolvimento das plantas, além de fatores climáticos e da instabilidade hídrica, que também estão ligados à mortalidade das plantas a campo (Zangalli, Martins, Buss et al., 2022). Além disso, o solo abriga diversas comunidades microbianas que interagem de forma positiva ou negativa com as plantas, as quais são moldadas por diferentes fatores naturais e antrópicos (Chen, Wang, Zhu et al., 2022; Eichmann, Richards, Schafer, 2021).

Dentre tais microrganismos, estão as Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP), grupo capaz de desempenhar atividades metabólicas que culminam no maior desenvolvimento e crescimento vegetal e consequente qualidade do solo, garantindo maior sustentabilidade aos ecossistemas naturais (Santos, Wiest, Schunemann et al., 2018). Destacam-se as atividades de produção de fito-hormônios, solubilização/mineralização de fósforo, fixação biológica de nitrogênio, atividade antagônica contra fitopatógenos, aumento da tolerância a estresses abióticos, dentre outros (Kong & Liu, 2022). Por essa razão, as BPCP, quando empregadas na fase inicial dos plantios de restauração, podem exercer efeito significativo sobre o estabelecimento das plantas a campo, melhorando o crescimento das mudas e a resistência à estresses ambientais, potencializando as interações ecológicas (Duarte, Cecato, Hungria et al., 2020; Chen, Wang, Zhu et al., 2022).

As BPCP contemplam um grupo taxonomicamente muito variado de procariotos. As BPCP dos gêneros *Pseudomonas* e *Priestia*, encontrados comumente na rizosfera de diversas espécies vegetais, apresentam importante influência no crescimento de diversas espécies vegetais, desde a germinação até a

fase adulta (Leoncio, Botelho, 2017). As espécies de *Pseudomonas* são encontradas em substratos variados, em virtude da diversidade metabólica, promovendo mecanismos de solubilização e aumento da absorção de nutrientes essenciais como o fósforo, além de sinalizarem e produzirem hormônios vegetais, envolvidos com o crescimento e adaptação das plantas a diferentes estresses ambientais (Botelho, Leoncio, Orsi et al., 2019). O gênero *Priestia*, anteriormente classificado como gênero *Bacillus*, igualmente apresenta funções biológicas que podem influenciar positivamente o crescimento vegetal, como a produção de hormônios vegetais, antibióticos e sideróforos, absorção e solubilização de nutrientes (Ferreira, Bettioli, 2019).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação de estirpes de bactérias promotoras de crescimento vegetal dos gêneros *Priestia* sp. e *Pseudomonas* sp. sobre o crescimento e o desenvolvimento inicial a campo de *S. macranthera*, visando a formulação de novas estratégias de restauração de ecossistemas degradados.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido entre março e agosto de 2024, em uma Área de Preservação Permanente localizada na Fazenda Escola Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa e localizada no município de Ponta Grossa (25°05'49"S e 50°03'11"W), na região denominada Campos Gerais do Paraná, a uma altitude máxima de 1027 m. O clima da região é do tipo Cfb, caracterizado como subtropical úmido, com verões suaves e temperatura média em torno de 18 °C, sendo a máxima de 24 °C e a mínima de 13 °C. A precipitação média anual para a região situa-se em torno de 1.500 mm a 1.800 mm, com chuvas distribuídas uniformemente ao longo do ano, ocorrendo geadas no outono e inverno (IAPAR, 2023).

Foram utilizadas duas estirpes do gênero *Pseudomonas* sp. e uma do gênero *Priestia* sp., antes incluída no gênero *Bacillus* sp., isoladas de solos da região dos Campos Gerais do Paraná e mantidas pela Coleção de Culturas de Microrganismos do Laboratório de Biodiversidade da UEPG e pela Coleção de Microrganismos Multifuncionais da Embrapa Soja (Londrina-PR). As estirpes foram pré-inoculadas

em meio de cultura YM e incubadas sob agitação de 120 rpm a 28°C até a fase exponencial (D.O.630=0,7-0,8). Três estirpes de inoculantes líquidos foram padronizados na concentração de 10^9 UFC mL⁻¹ com a identificação de PR31(*Priestia sp.*), 59.4 (*Pseudomonas sp.*), 97.9 (*Pseudomonas sp.*).

Foram produzidas mudas de *S. macranthera* em tubetes de 110 cm³, preenchidos com substrato comercial à base de casca de *Pinus*, utilizando-se a dose de 4 Kg m⁻³ do fertilizante de liberação controlada Osmocote® 5M (18-05-09). Um dia antes do plantio, as mudas selecionadas receberam os inoculantes correspondentes a cada tratamento, com o tratamento controle novamente recebendo apenas água. Após a inoculação, as mudas permaneceram sem irrigação por três horas para aderência do inoculante às raízes e ao substrato.

Previamente ao plantio das mudas, foi realizado o preparo da área do experimento, o qual consistiu no controle da vegetação competidora, por meio de roçada mecanizada, e marcação das linhas de plantio com sulcador a 30 cm de profundidade, com um distanciamento de três metros entre linhas. O plantio das mudas ocorreu no início de março de 2024, com espaçamento de 3 x 2 m, sendo 3 m entre linhas e 2 m entre plantas. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, cada bloco correspondendo a um tratamento, com 10 repetições de quatro mudas por unidade experimental, totalizando 40 mudas. No momento do plantio, realizou-se a aplicação de 100 g de NPK (10-20-20) por muda, o qual foi incorporado ao solo em covetas laterais na linha do plantio.

Ao longo do experimento, as variáveis sobrevivência, altura caulinar (H), e diâmetro da base do caule (D) (medido 10 cm acima da base do caule) foram avaliados aos 30, 90 e 150 dias após o plantio. Após 30 dias do plantio das mudas, foi realizada roçada manual da área para controle da matocompetição.

A homogeneidade das variâncias foi analisada por meio do teste de Bartlett e, posteriormente, as médias obtidas aos 150 dias, quanto a altura e diâmetro foram submetidos à análise de variância, em um modelo de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas principais corresponderam aos tratamentos com BPCP e as subparcelas aos períodos avaliados. Em situações de significância estatística ($p < 0,05$), as médias das variáveis estudadas foram submetidas ao teste pós-hoc de Scott Knott, realizado pelo programa estatístico Assistat. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância não revelou interação significativa entre os períodos avaliados e os tratamentos com BPCP para as variáveis altura e diâmetro do caule de *S. macranthera* no campo. Entretanto, a análise individual dos fatores demonstrou efeito significativo sobre o crescimento das plantas. Particularmente para as avaliações realizadas ao longo do tempo, observou-se crescimento significativo de *S. macranthera*, tanto em altura como em diâmetro (Figura 1).

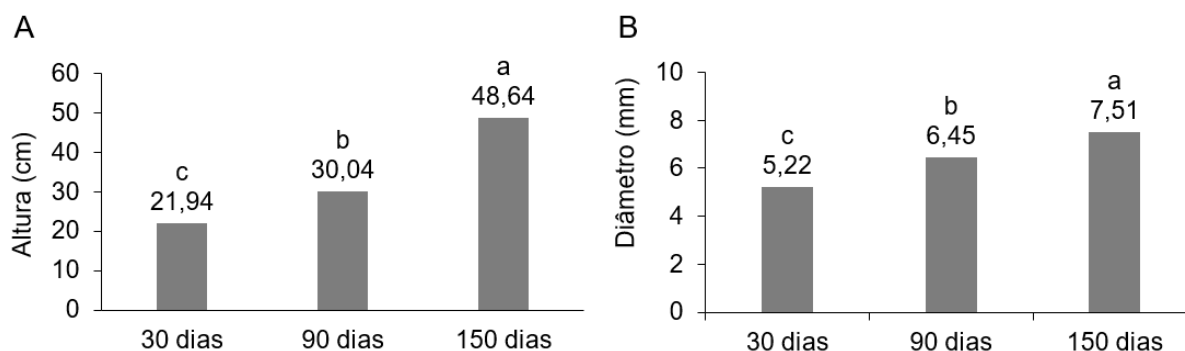


Figura 1. Médias das variáveis altura (A) e diâmetro do caule (B) de *S. macranthera* aos 30, 90 e 150 dias após o plantio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

O crescimento das mudas ao longo das avaliações demonstra o sucesso no estabelecimento a campo, uma vez que as variáveis altura e diâmetro estão relacionadas com o aumento da biomassa e do volume estrutural da planta (Campos, Patrício, Vieira et al., 2023). Além disso, o crescimento significativo em diâmetro verificado nas mudas inoculadas com as estirpes PR31 e 59.4 (Figura 2), apontam para a viabilidade da aplicação de BPCP para aumentar a eficiência dos plantios de restauração ecológica. Isso por que o aumento do caule está relacionado à um sistema radicular bem desenvolvido, o que é fundamental para o crescimento da planta, pois garante uma melhor absorção e condução de nutrientes pelos tecidos, promovendo um desenvolvimento mais saudável e resiliente, especialmente em condições adversas (Aquino, Macedo Junior, Antunes et al., 2019).

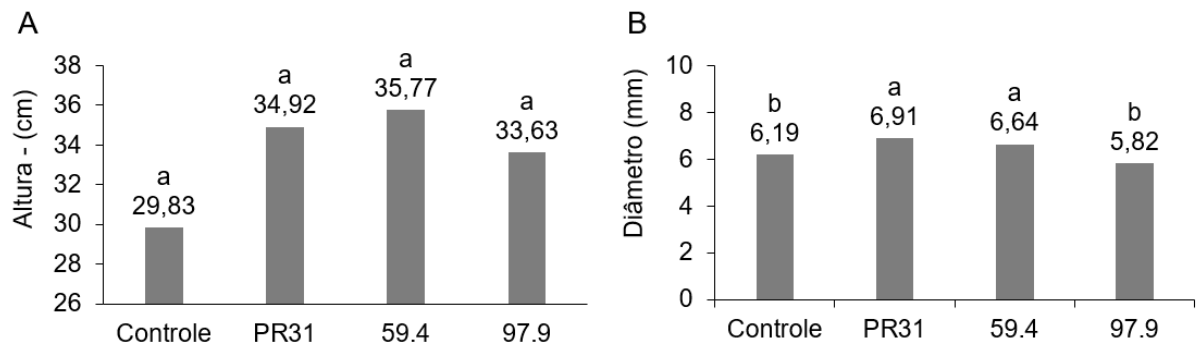


Figura 2. Médias das variáveis altura (A) e diâmetro do caule (B) de *S. macranthera* nos tratamentos com BPCP: Controle, PR31, 59.4 e 97.9. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Quando mudas são plantadas em condições de campo, naturalmente há estresse para sua adaptação ao ambiente, principalmente ocasionado pelas limitações hídricas e nutricionais. Assim, torna-se relevante ressaltar que o plantio ocorreu na saída do verão e entrada do outono, período no qual tem-se uma redução das chuvas, luminosidade e temperaturas (Tribuzy, Finger, Tabaldi et al., 2023). Esse estresse pode ser ainda maior quando associado a condições climáticas incertas, fomentadas pelo aquecimento global, dentre elas as fortes chuvas com alagamentos no verão e períodos longos de secas no inverno, característicos do sul do Brasil (Vianna, Zambonim, 2024; Assunção, Chein, 2016). Tais condições e mudanças térmicas influenciam, direta ou indiretamente, o desenvolvimento natural da vegetação, pois as baixas temperaturas na fase juvenil podem reduzir o crescimento e alterar a fisiologia estrutural das plantas (Mondal, Biswas, Garai, et al, 2021; Cordovil, Lima, Oliveira, et al, 2024). Somado a isso, no inverno, período das avaliações, a menor disponibilidade de água, resultante da estiagem, limita ainda mais o desenvolvimento das mudas (Luo, Grossnickle, Li, 2021), podendo ser este um dos fatores que influenciaram a não significância estatística para a variável altura nos tratamentos com BPCP.

Por outro lado, estudos sobre bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Priestia*, utilizados neste estudo, demonstram seu potencial para favorecer o estabelecimento de plantas em condições de estresse hídrico e térmico (Botelho et al., 2019; Ferreira & Bettiol, 2019; Campos et al., 2023), o que pode ter contribuído para os resultados obtidos para a variável diâmetro. Contudo, é importante destacar que a inoculação em ambientes complexos, como áreas naturais, pode modificar temporariamente as

comunidades da rizosfera. Além disso, alterações ambientais que causem estresses mais intensos podem comprometer o crescimento tanto das plantas quanto dos microrganismos (Garcia Salamone et al., 2010; Kong, Glick, 2017). Assim, os efeitos da interação entre os inoculantes e o ambiente podem ser moderados ou não se manifestar nesse contexto e nas condições específicas (Nishisaka et al., 2024).

Embora tenhamos encontrado resultados significativos somente para a variável diâmetro inoculadas com as cepas PR31 e 59.7, destacamos que nossos resultados são relevantes na restauração ecológica, especialmente no contexto brasileiro de desmatamento (Tavares, Pedro, 2023). Atualmente, a principal causa da perda da biodiversidade é a destruição e a fragmentação de habitats (Fines, Curvo, 2019). No Brasil, houve um incremento do desmatamento e de queimadas nos últimos anos em praticamente todos os biomas, especialmente por conta do desmonte ambiental ocorrido no período de 2019-2022 (Fialho, De Oliveira, Civale, 2024). O estado do Paraná é praticamente dominado pelo bioma mais degradado do país, a Mata Atlântica, a qual foi amplamente desmatada por atividades agropecuárias e de mineração (Barbosa, 2022). Assim, a manutenção e a recuperação desse bioma são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos prestados por áreas naturais. Logo, nossos resultados apontam que, a espécie *Senna macranthera* inoculada com BPCP é uma alternativa viável para estágios iniciais de restauração de áreas degradadas já que, mesmo em condições adversas, ela foi capaz de crescer e se desenvolver.

Com tudo, visando o aperfeiçoamento da prática, é essencial que mais estudos sejam realizados envolvendo espécies arbóreas nativas com potencial resposta à inoculação, especialmente em condições de campo. Somente dessa forma será possível aumentar a viabilidade e a eficiência da utilização de BPCP na restauração ecológica, permitindo a recuperação mais efetiva dos ecossistemas e garantindo a manutenção da biodiversidade. A pesquisa contínua nesse campo, não apenas fortalecerá as práticas de restauração, mas também contribuirá para a resiliência dos ecossistemas em face das mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, conclui-se que o crescimento significativo em diâmetro obtido para as mudas inoculadas com as

estirpes PR31 e 59.4, apontam para a viabilidade de aplicação de BPCP para aumentar a eficiência dos plantios da espécie vegetal de *Senna macranthera* de restauração ecológica.

REFERÊNCIAS

AQUINO, J. P. A. D.; MACEDO JUNIOR, F. B. D.; ANTUNES, J. E. L.; FIGUEIREDO, M. D. V. B.; ALCÂNTARA NETO, F. D.; ARAÚJO, A. S. F. D. (2019). Plant growth-promoting endophytic bacteria on maize and sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 49, p. e56241, 2019.

ARAÚJO, J. D. O.; PINHEIRO, D.T.; QUEIROZ, G. B.; SOARES, J. M. et al. Selection of Superior *Senna macranthera* Seeds, Carbon Stock, and Seedling Survival, and Costs for Habitat Restoration. **Sustainability**. v. 15, n. 13, p. 9815, 2023.

ASSUNÇÃO, J.; CHEIN, F. Climate change and agricultural productivity in Brazil: future perspectives. **Environment and Development Economics**. v. 21, n. 5, p. 581-602, 2016.

BARBOSA, C. M. F. The creation of environmental law in Brazil, its development and compliance with the 2030 Agenda. **Diversitas Journal**. v. 7, n. 4. p. 2415 – 2430, 2022.

BOTELHO, G. R.; LEONCIO, M. R.; ORSI, B.; COSER, E. et al. Plant growth promoting bactéria from garlic sowed at Curitibaanos micro-region-Santa Catarina-Brazil. **Cience del suelo**. v. 37, n. 1, p. 51-65. 2019.

CAMPOS, T. S.; PATRICIO, M. P.; VIEIRA, G. R.; SOUZA, A. M. B. D.; SANTOS, C. H. B.; RIGOBELLO, E. C.; PIVETTA, K. F. L. Rhizobacteria in growth and quality of açai seedlings. **Ornamental Horticulture**. v. 29, p. 208-215, 2023.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Informação Tecnológica. Embrapa Florestas. p -1039. Brasília: Colombo, 2008.

CHEN, C.; WANG, M.; ZHUN, J.; TANG, Y.; ZHANG, H.; ZHAN, Q.; et al. Long-term effect of epigenetic modification in plant–microbe interactions: modification of DNA methylation induced by plant growth-promoting bacteria mediates promotion process. **Microbiome**. v. 10, n. 1, p. 36, 2022.

CORDOVIL, H. P. L.; DE LIMA, H. C.; DE OLIVEIRA, J. J. L. C.; DA SILVA, A. A.; DOS SANTOS, J. C. A.; DE SOUZA, OLIVEIRA, A. Impactos das mudanças climáticas na qualidade do solo e na produção agrícola. **Observatório de la Economia Latinoamericana**. v. 22, n. 7, p. e6017-e6017, 2024.

CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science advances**. v. 30, n. 11, p. e1701345, 2017.

DUARTE, C. F. D.; CECATO, U.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, H. J. et al. Morphogenetic and structural characteristics of *Urochloa* species under inoculation with plant-growth-promoting bacteria and nitrogen fertilisation. **Crop and Pasture Science**. v. 71, n. 1, p. 82-89, 2020.

EICHMANN, R.; RICHARDS, L.; SCHÄFER, P.; Hormones as go-betweens in plant microbiome assembly. **The Plant Journal**, v. 105, n. 2, p. 518-541, 2021.

FARIA, D. V.; LIMA, A. B. P.; DA SILVA, N. C. B. Effects of scarification and nutrient mineral concentrations on the in vitro germination of *Senna macranthera* (Collad.) HS Irwin & Barneby seeds. **Emirates Journal of Food and Agriculture**. v. 24, n. 4, p. 302, 2012.

FERNANDES, M. M.; OLIVEIRA, T. M.; MOURA FERNANDES, M. R.; CASTRO, V. C.; ALVES, A. R. Aspectos biológicos e espécies potenciais para restauração ecológica de áreas em desertificação no Sul do Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 9, n.2, p. 6-13, 2014.

FERREIRA, T. C.; BETTIOL, W. Biocontrole de patógenos de solo e promoção de crescimento vegetal promovidos por *Bacillus* spp. em milho. **BIOFARM- Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**. v. 15, n. 4, 2019.

FIALHO, S.; DE OLIVEIRA, M. L. R.; CIVALE, L. O extrativismo mineral no Brasil: a gestão corporativa de territórios a partir da necropolítica ambiental. **Caderno Pedagógico**. v. 21, n. 3, p. e3219-e3219, 2024.

FINES, B.; CURVO, L. R. V. O uso indevido do Cerrado brasileiro reduz as chances de uma agricultura sustentável. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**. v. 12, n. 35, 2019.

FONSECA, D. A. D.; BACKES, A. R.; ROSENFELD, M. F.; OVERBECK, G. E.; MULLER, S. Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**. v. 27, n. 2, p. 521-534, 2017.

FRÓES, C. Q.; COSTA, P. F. D.; FERNANDES, S. S. L.; SILVA, A. P. V. D.; JESUS, R. M. D.; PEREIRA, Z. D. Chuva de sementes como indicador ambiental de áreas em processo de restauração ecológica do Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**. v. 30, n. 4, p. 1032-1047, 2020.

KONG, Z.; GLICK, B. R. The role of plant growth-promoting bacteria in metal phytoremediation. **Advances in microbial physiology**. v. 71, p. 97-132, 2017.

KONG, Z.; LIU, H. Modification of rhizosphere microbial communities: a possible mechanism of plant growth promoting rhizobacteria enhancing plant growth and fitness. **Frontiers in Plant Science**. v. 13, p. 920813, 2022.

KULKOVA, I., DOBRZYŃSKI, J., KOWALCZYK, P., BEŁŻECKI, G., KRAMKOWSKI, K. Plant growth promotion using *Bacillus cereus*. **International Journal of - Molecular Sciences**. v. 24, n. 11, p. 9759, 2023.

LEONCIO, M. D. R.; BOTELHO, G. R. Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria isolated from garlic (*Allium sativum*). **Revista Scientia Agraria**. v. 18, n. 3, p. 95-106, 2017.

LUO, N.; GROSSNICKLE, S. C.; LI, G. The effect of nursery drought preconditioning on summer plantation performance of *Pinus tabuliformis*: high winter mortality mediated by trade off between seedling carbohydrate and field growth. **New Forests**. v. 53, n. 2, p. 301-317, 2022.

MELO, L. A. D.; ABREU, A. H. M. D.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA, R. R. D.; SILVA, D. T. D. Quality and initial growth of seedlings *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. Produced in diferente volumes of containers. **Ciência Florestal**. v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018.

MONDAL, M.; BISWAS, B.; GARAI, S.; ADHIKARY, S.; BANDYOPADHYAY, P. K.; SARKAR, S.; et al. Raising climate-resilient embolden rice (*Oryza sativa* L.) seedlings during the cool season through various types of nursery bed management. **Sustainability**. v. 13, n. 22, p. 12910, 2021.

NISHISAKA, C. S.; VENTURA, J. P.; BAIS, H. P.; MENDES, R. Role of *Bacillus subtilis* exopolymeric genes in modulating rhizosphere microbiome assembly. **Environmental Microbiome**. v. 19, n. 1, p. 33, 2024.

United Nations Environment Programme. *The United Nations Decade on Ecosystem Restoration. 2020; Strategy*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/31813>

PIVETA, G.; MIETH, A. T.; GARCIA, F. A. D. O.; MUNIZ, M. D. F. B. Qualidade sanitária e fisiológica de *Senna macranthera* (DC ex. Collad.) HS Irwin & Barnaby quando submetida a métodos de superação da dormência. **Ciência Florestal**. v. 28, n. 2, p. 836-844, 2018.

ROLIM, R. G.; ROSENFELD, M. F.; OVERBECK, G. E. Are we ready to restore South Brazilian grasslands? Plant material and legal requirements for restoration and plant production. **Acta Botanica Brasilica**. v. 36, n. e2021abb0155, 2022.

GARCIA DE SALAMONE, I. E.; DI SALVO, L. P.; ESCOBAR ORTEGA, J. S.; BOA SORTE, P. M.; URQUIAGA, S.; TEIXEIRA, K. R. Field response of rice paddy crop to *Azospirillum* inoculation: physiology of rhizosphere bacterial communities and the

genetic diversity of endophytic bacteria in different parts of the plants. **Plant and Soil**. v. 336, p. 351-362, 2010.

SANTOS, M. L. D.; BERLITZ, D. L.; WIEST, S. L. F.; SCHUNEMANN, R.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Benefits associated with the interaction of endophytic bacteria and plants, **Brazilian archives of biology and technology**. v. 61, n. e18160431, 2018.

TAVARES, J. P. C.; PEDRO, J. M. (2023). A Politização Do Direito Ambiental E Suas Consequências No Contexto Jurídico-Social Brasileiro. **Revista Foco**. v. 16, n. 1, p. e745-e745, 2023.

TRIBUZI, A. S.; FINGER, C. A. G.; TABALDI, L. A.; PAULETTO, D.; ARAÚJO, A. J. C.; et al. Influência dos diferentes níveis de luminosidade sobre o crescimento inicial de plantas de *Myrocarpus frondosus* Allemão (Fabaceae). **Revista Contemporânea**, v. 3, p. 17533-17553, 2023.

ZANGALLI, C.; MARTINS, D. A. P.; LIZ BUSS, T. O.; KANIESKI, M. R.; LOURENÇO, G. D. J. Influence of climatic variables in the development of *Mimosa scabrella* and *Schinus terebinthifolia* in post-mining recovery in the South of Brazil. **Advances Forestry Science**. v. 9, n. 2, p. 1717-1727, 2022.