

# Desenvolvimento de *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpiniiifolia* inoculadas com *Azospirillum brasiliense* em área degradada por mineração

*Development of Enterolobium contortisiliquum and Mimosa caesalpiniiifolia inoculated with Azospirillum brasiliense in an area degraded by mining*

Ademilson Jesus **SILVA**<sup>1</sup>; Milton Marques **FERNANDES**<sup>1,4</sup>; Cassandra Mendonça **OLIVEIRA**<sup>1</sup>; Deniver Dehuel Souza **OLIVEIRA**<sup>1</sup>; Breno Correia Cruz **SANTOS**<sup>2</sup> & Márcia Rodrigues de Moura **FERNANDES**<sup>3,4</sup>

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento em altura, diâmetro e taxa de sobrevivência de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpiniiifolia* inoculadas com *Azospirillum brasiliense* e sem inoculação, em área degradada de mineração. O experimento foi implantado no espaçamento de 3x3 m, em uma área minerada por extração de areia e cascalho no município de Itaporanga d'Ajuda (SE), com as espécies *E. contortisiliquum* (tamboril) e *M. caesalpiniiifolia* (sabiá). Definiram-se quatro tratamentos: TSB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem bactéria (*Azospirillum brasiliense*); SSB – sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) sem bactéria (*Azospirillum brasiliense*); TCB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com bactéria (*Azospirillum brasiliense*); SCB – sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com bactéria (*Azospirillum brasiliense*). O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com fatorial 2 x 2 (2 espécies x com e sem inoculação). Doze meses após o plantio, concluiu-se que o uso de *Azospirillum brasiliense* não promoveu um melhor desenvolvimento de *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Enterolobium contortisiliquum*. A espécie *Enterolobium contortisiliquum* obteve uma alta sobrevivência, sendo recomendada para recuperação de áreas degradadas por mineração.

**Palavras-chave:** bactérias fixadoras de nitrogênio; mudas florestais; restauração ecológica.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the growth in height, diameter and survival rate of *Enterolobium contortisiliquum* and *Mimosa caesalpiniiifolia* seedlings inoculated with *Azospirillum brasiliense* and without inoculation, in a degraded mining area. The experiment was set up at a spacing of 3x3 m, in an area mined for sand and gravel extraction, in the municipality of Itaporanga d'Ajuda, SE, with the species *E. contortisiliquum* (Tamboril) and *M. caesalpiniiifolia* (Sabiá). Four treatments were defined: TSB – Monkfish (*Enterolobium contortisiliquum*) without bacteria (*Azospirillum brasiliense*); SSB – Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) without bacteria (*Azospirillum brasiliense*); TCB – Monkfish (*Enterolobium contortisiliquum*) with bacteria (*Azospirillum brasiliense*); SCB – Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) with bacteria (*Azospirillum brasiliense*). The statistical design used was randomized blocks, with a 2 x 2 factorial (2 species x with and without inoculation). Twelve months after planting, it is concluded: the use of *Azospirillum brasiliense* did not promote a better development of *Mimosa caesalpiniiifolia* and *Enterolobium contortisiliquum*. *Enterolobium contortisiliquum* had a high survival rate, being recommended for the recovery of areas degraded by mining.

**Keywords:** ecological restoration; forest seedlings; nitrogen-fixing bacteria.

Recebido em: 9 out. 2020

Aceito em: 29 ago. 2021

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe (UFS), Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze – CEP 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Macaíba, RN, Brasil.

<sup>3</sup> Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade, Aracaju, SE, Brasil.

<sup>4</sup> Autor para correspondência: miltonmf@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Para promover a recuperação pela restauração de um dado ecossistema terrestre, é comprovadamente útil o emprego de métodos de recuperação do solo (TAVARES, 2008). Isso pode ser desenvolvido por meio do plantio de árvores e/ou arbustos, utilizando técnicas de transplante, semeadura direta, hidrossemeadura e promoção da regeneração natural mediante armazenamento e deposição do banco de semente do solo (HÜLLER, 2011). Atualmente, essas são as formas mais eficientes de recuperar florestas após a mineração (LONGO *et al.*, 2011). Embora exista um grande número de métodos disponíveis, o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é o mais empregado, pois as áreas mineradas geralmente têm resiliência natural extremamente baixa e o plantio de mudas garante maior controle inicial da inserção das plantas no local (MARTINS *et al.*, 2020).

A inclusão de bactérias promotoras de crescimento de plantas, juntamente com solubilizadores de fosfato e fixadores de nitrogênio em programas de recuperação de áreas degradadas, pode representar uma alternativa viável para reduzir custos e impactos ambientais (CUNHA *et al.*, 2016). A inoculação de leguminosas florestais com bactérias promotoras de crescimento de plantas como *Azospirillum brasilense* pode ser altamente benéfica, principalmente em solos de baixa fertilidade, como áreas degradadas por mineração (HUNGRIA, 2011).

O sucesso do estabelecimento inicial de mudas de árvores está relacionado à captura e ao uso de recursos primários, tais como luz e nutrientes (SÃO PAULO, 2011). A seleção de espécies arbóreas heliófilas, com maior potencial de assimilação de carbono e de capacidade de utilização eficiente de nutrientes e luz, facilitaria a revegetação de áreas degradadas, principalmente onde a irradiância é alta e a disponibilidade de nutrientes no solo é baixa (SANTOS *et al.*, 2006).

Nos processos iniciais de restauração e reflorestamento, são usadas espécies heliófilas e pioneiras de rápido crescimento, em consórcio com espécies de crescimento lento, porque as primeiras auxiliam no controle e na diminuição das ações de processos erosivos no solo e as espécies de crescimento lento e com maior cobertura do solo são efetivas para manutenção das características físicas do solo (MACHADO *et al.*, 2014).

Dentre as espécies heliófilas, *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) é uma planta tolerante à luz direta e de rápido crescimento, ideal para reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 2016).

*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (tamboril) ocorre nos biomas mata atlântica e caatinga no Brasil e possui alta capacidade de brotação, sendo considerada uma planta ideal em projetos de recuperação de áreas degradadas por mineração, pois tolera as variações climáticas e os solos pobres de nutrientes (LORENZI, 2016).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento em altura, diâmetro e taxa de sobrevivência de *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpinifolia*, inoculadas com *Azospirillum brasilense* e sem inoculação, em área degradada de mineração, no município de Itaporanga d'Ajuda (SE).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado, com o plantio das mudas, em setembro de 2018 em área degradada por mineração, localizada na Fazenda Itália, no município de Itaporanga d'Ajuda (SE), situada nas coordenadas 11°05'58.8"S e 37°15'57.7"W.

O clima no município é tropical úmido, classificado como Am segundo Köppen, com temperatura média anual de 25°C, sendo a temperatura média máxima anual de 26°C e a média mínima anual de 23°C, a precipitação média anual de 1.200 mm, com maior concentração de chuvas no período de abril a agosto e baixa incidência em dezembro a março (ARACAJU, 2004).

A área de mineração foi degradada para a retirada de areia e cascalhos até o ano de 2007, quando foi desativada. A área apresenta topografia plana e nenhum tipo de vegetação e é desprovida dos horizontes do solo, estando na camada C (subsolo) (OLIVEIRA, 2020). A análise química do

substrato revelou os seguintes valores: pH (em água) = 5,19; P e K = 1,40 e 3,10 mg dm<sup>-3</sup> de solo, respectivamente; Ca + Mg e Al, = 0,38 e 0,31 Cmolc dm<sup>-3</sup> de solo, respectivamente, e teor de matéria orgânica de 2,02 g dm<sup>-3</sup>, sendo a textura classificada como arenosa (ITPS, 2019).

As mudas foram produzidas no viveiro florestal pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe. Na época do plantio, as mudas apresentavam três meses de viveiro. Inicialmente, a área foi escarificada e, em seguida, marcou-se o local das covas obedecendo ao espaçamento de 3 x 3 m. Foram abertas covas, manualmente, de 40 x 40 cm e, posteriormente, procedeu-se ao plantio. O controle das formigas-cortadeiras foi realizado três meses antes do plantio, após o plantio e nos 12 meses seguintes com o uso de iscas granuladas e aplicação de formicida em pó nos formigueiros.

O experimento foi definido utilizando-se duas espécies florestais heliófilas e pioneiras para a restauração de áreas degradadas de mineração: *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) e *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá), com inoculação de *Azospirillum brasilense* e sem inoculação. Dessa forma, houve os seguintes tratamentos: TSB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem bactéria; SSB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) sem bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*).

O experimento foi conduzido em campo, utilizando um delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial (2x2), e organizou-se o plantio em quatro blocos por tratamento, com quatro tratamentos e 15 mudas por bloco, totalizando 60 indivíduos por tratamento. A inoculação das sementes com o inoculante *Azospirillum brasilense*, realizada antes da semeadura nos tubetes, foi feita com o produto comercial Azototal® (200 ml para 25 kg de sementes), com mistura das estirpes AbV5 e AbV6 da bactéria *Azospirillum brasilense*.

Com relação às avaliações, as mudas foram mensuradas aos 12 meses, após o plantio em campo, em relação a altura e diâmetro, e calculou-se a taxa de sobrevivência. Os parâmetros morfológicos mensurados foram: altura total (H, em cm), com trena de 1,5 m a partir do coleto até a gema terminal, e diâmetro do coleto (DC, em mm), com um paquímetro digital (DELARMELINA *et al.*, 2014).

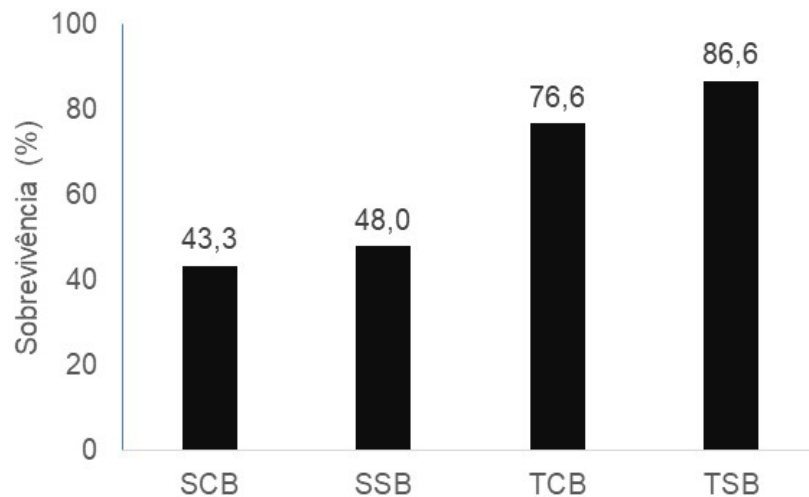
A taxa de sobrevivência das espécies florestais plantadas nos tratamentos foi determinada pelo número total de indivíduos plantados em comparação ao número de plantas vivas após 12 meses do plantio.

Os dados de altura e diâmetro mensurados aos 12 meses foram submetidos a análise de variância e, quando houve significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa estatístico SIGMA PLOT 11.0.

## RESULTADOS

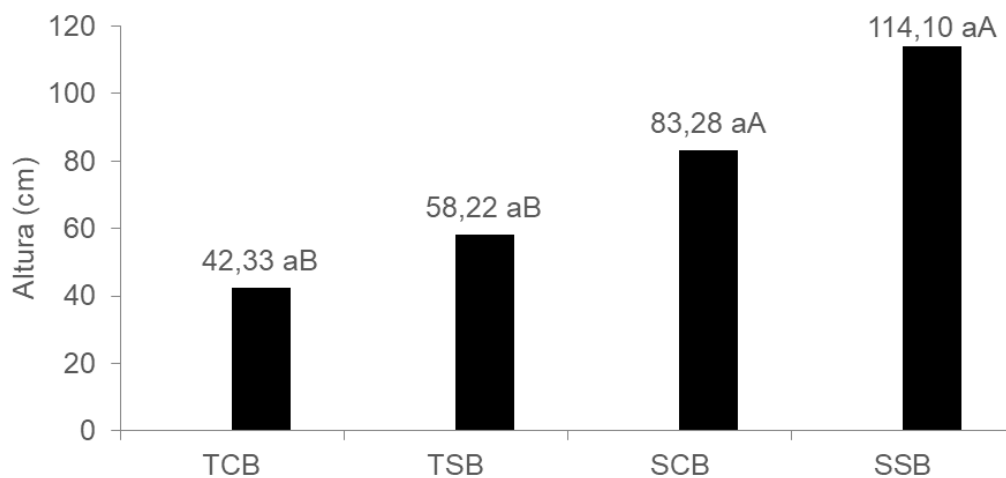
Os resultados observados para a taxa de sobrevivência das leguminosas florestais *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) e *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) ao longo de 12 meses na área degradada estão apresentados na figura 1.

Observa-se que a espécie *Enterolobium contortisiliquum*, nos dois tratamentos (TSB e TCB), evidenciou as maiores taxas de sobrevivência em comparação à espécie *Mimosa caesalpinifolia* (SSB e SCB).



**Figura 1** – Taxa de sobrevivência das leguminosas florestais sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*), após 12 meses do plantio. Legenda: TSB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem bactéria; SSB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) sem bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*).

As alturas médias dos tratamentos com tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) inoculadas com *Azospirillum brasilense* constam da figura 2.

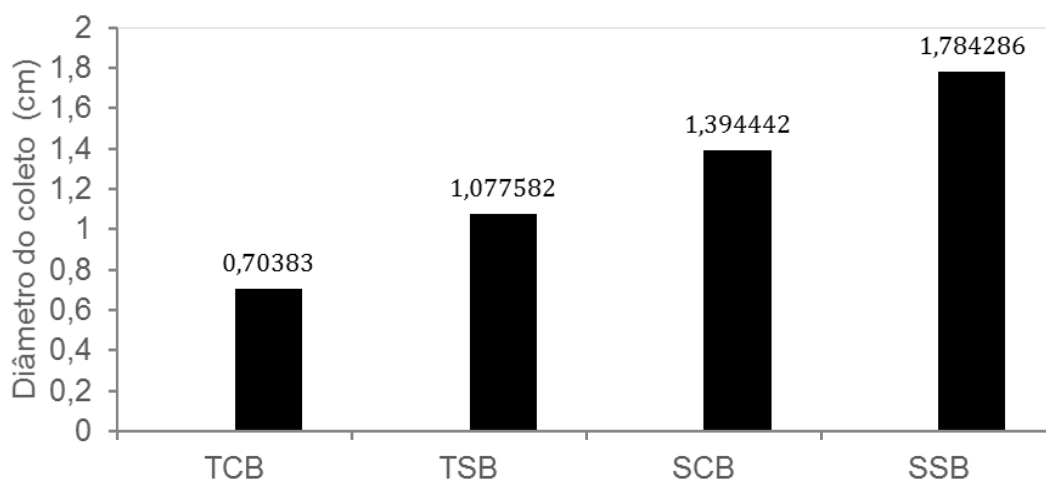


**Figura 2** – Média da altura das leguminosas florestais sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense* aos 12 meses. Legenda: TSB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem bactéria; SSB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) sem bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*). As médias em cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. As médias entre espécies com inoculação de *Azospirillum brasilense* e sem seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5%.

Observa-se que não houve diferença significativa nos tratamentos com relação à altura de *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpinifolia* inoculadas com *Azospirillum brasilense* e sua respectiva testemunha, após 12 meses de seu plantio na área degradada por mineração (figura 2).

Não foi notada diferença estatística da altura ao serem comparados os tratamentos entre as espécies com *Azospirillum brasilense* ou quando se compararam as duas espécies sem. A espécie *Mimosa caesalpinifolia* apresentou melhor desenvolvimento da altura que *Enterolobium contortisiliquum*, independentemente de estar ou não inoculada com *Azospirillum brasilense*.

Em relação aos valores do diâmetro médio, as duas espécies tiveram comportamento semelhante ao ocorrido quanto à altura, já que não houve diferença estatística entre as espécies *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* inoculadas com *Azospirillum brasilense* e entre suas respectivas testemunhas (figura 3). Houve diferença entre elas ao se compararem as duas espécies com *Azospirillum brasilense* ou quando se compararam as duas espécies sem inoculação (figura 3).



**Figura 3** – Diâmetro de *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense* aos 12 meses. Legenda: TSB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem bactéria; SSB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) sem bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB – tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB – sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) com bactéria (*Azospirillum brasilense*). As médias em cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%. As médias entre espécies com inoculação de *Azospirillum brasilense* e sem seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

## DISCUSSÃO

A taxa de sobrevivência de *Enterolobium contortisiliquum* demonstra o seu potencial para a recuperação de áreas degradadas por mineração, principalmente por ser uma espécie nativa dos biomas caatinga e mata atlântica, na região Nordeste, e ser resistente a áreas com solos degradados e déficit hídrico, além de ter uma alta capacidade de brotação após a mortalidade do caule (FAUERHARMEL, 2014).

A taxa de sobrevivência de *Mimosa caesalpinifolia* (SSB e SCB) foi relativamente baixa, se comparada aos resultados observados por Balbinot *et al.* (2010), que constataram que mudas de *Mimosa caesalpinifolia* apresentaram uma taxa de sobrevivência de 94,8% aos 12 meses, porém o plantio dos mencionados autores foi realizado em área perturbada, ou seja, em um ecossistema com maior resiliência.

Alguns estudos demonstraram resultados significativos no desenvolvimento de leguminosas florestais submetidas à inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, pois, de acordo com Franco *et al.* (2003) e Nogueira *et al.* (2012), as leguminosas florestais têm uma alta capacidade de realizar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, uma vez que se trata de uma das características

intrínsecas das leguminosas. Contudo a não diferenciação, quando se comparam os tratamentos com *Azospirillum brasilense* entre si e aqueles sem inoculação também entre si, pode ter ocorrido por vários fatores que inibiram ou dificultaram a espécie *Azospirillum brasilense* de contribuir para o desenvolvimento das plantas, sendo a acidez do solo (pH 5,19) um provável fator, haja vista que, segundo Nóbrega *et al.* (2004), *A. brasilense* até tolera meios ácidos, todavia tem suas funções simbióticas reduzidas.

Segundo Cunha *et al.* (2018), bactérias fixadoras de nitrogênio podem até tolerar pH 5, porém, em pH abaixo 4, são ineficazes na inoculação. O que pode ter ocorrido foi a inibição da simbiose da espécie *A. brasilense*, já que o resultado da análise de solo, realizado na área deste experimento, produziu um resultado de pH em água de 5,19.

O bom desenvolvimento em diâmetro e altura de *Mimosa caesalpinifolia* na área evidencia que, pelo fato de ser uma espécie da região nordeste, é resistente às condições adversas do clima da região, tolerando índices pluviométricos  $\leq 600$  mm, solos degradados com baixas concentrações de nutrientes e suporta pH 5 (CARVALHO *et al.*, 2004). Isso confirma o potencial da espécie para projetos de recuperação de áreas degradadas (COSTA *et al.*, 2014). Entretanto os maiores valores de diâmetro e altura de SCB e SSB podem ter sido superestimados, em função da alta mortalidade das mudas, sobrevivendo somente as mais altas e de maior diâmetro.

Em estudo realizado por Corrêa (2007), no plantio de *Mimosa caesalpinifolia*, após um ano, era possível observar o início da cobertura vegetal e, aos dois anos, a área já se encontrava recoberta, contribuindo para a proteção do solo e atenuando o avanço das voçorocas e a lixiviação.

## CONCLUSÃO

O uso de *Azospirillum brasilense* não promoveu um melhor desenvolvimento de *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum*.

A espécie *Enterolobium contortisiliquum* obteve uma alta sobrevivência, sendo recomendada para a recuperação de áreas degradadas por mineração.

## REFERÊNCIAS

- ARACAJU. Atlas digital sobre recursos hídricos. Aracaju: Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia – Superintendência de Recursos Hídricos; 2004. CD-ROM.
- Balbinot, E., Carneiro, J. G. A., Barroso, D. G., Paulino, G. M. & Lamônica, K. R. Initial growth and soil fertility in pure and mixed plantations of *Mimosa caesalpinifolia* Benth. *Scientia Forestalis*. 2010; 38(85): 27-37.
- Carvalho, F. C. C., Garcia, R., Araújo Filho, J. A., Couto, L., Rogério, M. C. P., Garcez Neto, A. F. & Dutra, L. A. Manejo *in situ* do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril. *Anais*. 41.<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande; 2004.
- Corrêa, R. S. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado – manual para revegetação. Brasília: Universa; 2007. 187 p.
- Costa, M. G., Rodrigues, A. C. G., Zaia, F. C. & Rodrigues, E. F. G. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. *Scientia Forestalis*. 2014; 42(101): 101-112.
- Cunha, M. G., Pinheiro, M. S., Cavalcante, F. G., Martins, S. C. S. & Martins, C. M. Caracterização cultural e tolerância a pH extremos de rizóbios oriundos da região de baixo Acaraú no Ceará. *Centro Científico Conhecer*. 2018; 15(28): 983-995.

- Cunha, M. H., Nogueira, M. A. & Araujo, R. S. Inoculation of *Brachiaria spp.* with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2016; 221: 125-131.
- Delarmelina, W. M., Caldeira, M. V. W., Faria, J. C. T., Gonçalves, E. O. & Rocha, R. L. F. Diferentes substratos para produção de mudas de *Sesbania virgata*. *Floresta e Ambiente*. 2014; 21: 224-233.
- Fauerharmel, M. Crescimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em diferentes substratos e lâminas de irrigação [Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2014.
- Franco, A. A., Resende, A. S. & Campello, E. F. C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. *Anais. Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável*; 2003. Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste/Corumbá: Embrapa Pantanal. 1 CD ROM. 2003. [Acesso em: 30 set. 2020]. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=896514&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22RESENDE,%20A.%20S.%20de%20.%22&qFacets=autoria:%22RESENDE,%20A.%20S.%20de%20.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=4>>.
- Hüller, A. Restauração florestal através de sementeira direta de duas espécies nativas [Dissertação de Mestrado]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas; 2011.
- Hungria, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja; 2011. 36 p.
- ITPS – Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe. Relatório de análise química de rotina. Aracaju; 2019. 12 p.
- Longo, R. M., Ribeiro, A. I. & de Melo, W. J. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. *Bragantia*. 2011; 70(1): 132-138.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativa do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum; 2016. 384 p.
- Machado, D. F. T., Confessor, J. G. & Rodrigues, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. *Caderno de Geografia*. 2014; 24(1): 42-54.
- Martins, W. B. R., Lima, M. D. R., Barros Junior, U. O., Amorim, L. S. V. B., Oliveira, F. A. & Schwartz, G. Ecological methods and indicators for recovering and monitoring ecosystems after mining: a global literature review. *Ecological Engineering*. 2020; 145: 1-11.
- Nóbrega, R. S. A., Moreira, F. M. S., Siqueira, J. O. & Lima, A. S. Caracterização fenotípica e diversidade de bactérias diazotróficas associativas isoladas de solos em reabilitação após a mineração de bauxita. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2004; 28: 269-279.
- Nogueira, N. O., Oliveira, O. M., Martins, C. A. S. & Bernardes, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. *Enciclopédia Biosfera/Centro Científico Conhecer*. 2012; 8(14): 21-31.
- Oliveira, C. M. de. Desenvolvimento de espécies florestais inoculadas com fungos micorrízicos em áreas de mineração no estado de Sergipe [Trabalho de Conclusão de Curso]. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe; 2020.
- Santos, U. M., Gonçalves, J. F. C. & Feldpausch, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical species planted in degraded areas in central Amazonia. *Forest Ecology and Management*. 2006; 226(1-3): 299-309.
- São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. Restauração ecológica [recurso eletrônico]: sistemas de nucleação. Editores: Daniela Petenon Kuntschik, Marina Eduarte, Renato Soares Armelin. Redação: Cristina Silva Sant'Anna, Deisy Regina Tres, Ademir Reis. Reimpressão da 1. ed. São Paulo: SMA; 2011. 63 p.: il. color.
- Tavares, S. R. de L. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2008. 228 p.