

Importância do uso de rizobactérias na produção de mudas florestais

Pedro Henrique Riboldi Monteiro¹

Etienne Winagraski²

Celso Garcia Auer³

O Brasil possui atualmente cerca de 6,66 milhões de hectares de florestas plantadas com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Somando-se estas áreas plantadas com outras espécies exóticas e nativas (*Acacia*, *Araucaria*, *Teca*, *Populus*, seringueira e paricá) os plantios comerciais representam cerca de 7,18 milhões de hectares (ANUÁRIO..., 2013).

Para o estabelecimento e o êxito dos povoamentos florestais, há a necessidade da produção de mudas com qualidade para suportar as condições adversas durante a implantação e garantir a formação de florestas de alta produtividade (GOMES et al., 1991). A produção de mudas florestais é uma das etapas mais importantes da Silvicultura, iniciando todo o processo da cadeia produtiva e as operações que visam ao estabelecimento das florestas e de povoamentos florestais (GONÇALVES et al., 2005; SIMÕES; SILVA, 2010).

Estudos realizados com o intuito de melhorar a qualidade das mudas têm sido desenvolvidos com o uso de diferentes substratos,

recipientes, adubos e de novas técnicas de propagação vegetativa. Ainda, existe a possibilidade do uso de microrganismos benéficos como os fungos micorrízicos e as rizobactérias promotoras do crescimento de plantas. No sistema radicular das plantas, ocorrem associações com bactérias diatomáceas, actinorrízicas, bactérias fixadoras de nitrogênio (em leguminosas), fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e fungos ectomicorrízicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A partir destas interações, procuram-se organismos que possam ser manipulados, para inoculação de plantas, visando ao aumento da produtividade vegetal.

As técnicas atuais que utilizam fungos micorrízicos, quando aplicadas na produção de mudas florestais, apresentam baixa viabilidade técnica, por ser um material mais difícil de ser agregado ao sistema de produção e por apresentar baixa eficiência de colonização após a germinação e o desenvolvimento das plantas. Desse modo, a produção de inoculantes está baseada, principalmente, nas bactérias.

¹Engenheiro florestal, Mestre, rmonteiro.ef@gmail.com

²Engenheira florestal, Mestre, etienne.tica@gmail.com

³Engenheiro florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, celso.auer@embrapa.br

Rizobactérias e a promoção do crescimento de espécies florestais

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPRs) têm sido relatadas na agricultura desde o fim do século XIX, quando pesquisadores russos verificaram seu efeito em plantios de batata para aumento da produção. As PGPRs são descritas como bactérias de vida livre no solo, que apresentam capacidade de colonizar raízes e conseqüentemente potencializar o crescimento das plantas quando adicionadas às sementes ou raízes (KLOEPPER; SCHROTH, 1978). Sua aplicação visa ao aumento de produção e a redução de custos de manejo, do uso de fertilizantes químicos e a diminuição da poluição do solo e água.

Na área florestal, as pesquisas com o uso de PGPRs baseiam-se na associação simbiótica livre ou mutualística, permitindo encontrar estirpes que possuem características de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas. Existem vários produtos rizosféricos sendo comercializados com sucesso para o aumento da produtividade de essências florestais, cujos estudos iniciaram-se a partir da década de 1980 (LUCY et al., 2004). Várias estirpes e espécies têm sido estudadas, assim como a formulação e o desenvolvimento de produtos biotecnológicos à base de rizobactérias comerciais (Tabela 1).

O interesse no uso de bactérias benéficas como inoculantes para viveiro de mudas florestais ocorreu devido ao crescimento de plantas por PGPRs (CHANWAY, 1997). O efeito direto da aplicação de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no ganho em incremento ocorre a partir do fornecimento de compostos que atuam como reguladores do crescimento da planta ou por facilitar a absorção de nutrientes pela planta (MAFIA et al., 2005).

Para a produção de inoculantes eficientes são analisados diversos isolados bacterianos provenientes da rizosfera e rizoplano de espécies florestais. Após a realização de diversos trabalhos, com o uso de isolados

bacterianos como promotores do crescimento das plantas e sua associação com a planta, busca-se maior eficiência no aumento de incremento na altura das mudas. Cerca de 80% dos isolados estudados por Mafia et al. (2005) se destacaram por possuir a capacidade de produção do ácido indolacético (AIA). Os mesmos isolados foram inoculados em mudas, para aumento da biomassa radicular e os resultados obtidos variaram de 52% a 69% a mais de biomassa radicular em miniestacas de clones de eucalipto (MAFIA et al., 2005).

Ao estudar 107 isolados a partir da rizosfera de clones de eucalipto, inoculados em estacas e miniestacas de eucalipto, dez isolados destacaram-se como indutores de enraizamento e crescimento, propiciando ganhos de até 110% e de 250%, respectivamente (TEIXEIRA et al., 2007).

Produtos biotecnológicos no Brasil

A aplicação destes produtos depende do tipo de formulação. Os produtos biotecnológicos têm sido comercializados em dois tipos de formulados: turfoso ou líquido. O produto com formulação líquida apresenta maior facilidade de aplicação, podendo ser veiculado juntamente com a solução nutritiva ou adicionada ao substrato. Um exemplo é o produto denominado Rizolyptus®, composto de uma espécie rizobacteriana de *Bacillus subtilis* (com estirpes identificadas como UFV S1, UFV S2 e UFV 3918), tendo a finalidade de melhorar o desenvolvimento de mudas clonais de *Eucalyptus* (ZARPELON, 2007). Segundo este autor, os produtos biotecnológicos podem apresentar, também, maior eficiência no controle de doenças de viveiro.

No caso de produtos com formulação em pó, sua principal característica é a incorporação ao substrato (Figura 1). As bactérias, ao entrarem em contato com o solo e a água, entram em processo de aumento populacional e da produção de substâncias bioativas para as raízes das plântulas e mudas.

Tabela 1. Microorganismos rizobacterianos e produtos desenvolvidos para uso em espécies florestais.

Característica	Composição	Plantas	Condição	Resultados	Referência
Microorganismo	<i>Azospirillum brasiliense</i>	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casa de vegetação	Aumento na biomassa	Rodriguez-Barrueco et al. (1991)
	<i>Azospirillum brasiliense</i> Cd	<i>Quercus ithaburensis</i>	Casa de vegetação	Aumento no crescimento radicular; a promoção de crescimento ocorreu em células cultivadas em malato e frutose	Zaady e Perevoltsky (1995); Zaady et al. (1993)
	<i>Bacillus polymyxa</i>	<i>Tsuga heterophylla</i>	Casa de vegetação	Aumento no crescimento em altura e biomassa	Chanway (1995)
	<i>Azotobacter chroococcum</i> ; <i>Bacillus megaterium</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Plantas em vasos ao ar livre	Aumento na biomassa	Mohammad e Prasad (1988)
	<i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pinus taeda</i> ; <i>Pinus elliottii</i>	Casa de vegetação	Aumentos na velocidade de germinação e biomassa total; pós emergência houve redução no tombamento de <i>P. taeda</i> ; aumento no comprimento da raiz de <i>P. taeda</i>	Enebak et al. (1998)
	<i>Pseudomonas</i> spp.	Híbrido (<i>Picea glauca</i> x <i>Picea engelmannii</i>)	Casa de vegetação e plantio no campo	Aumento da biomassa pré e pós plantio; redução na injúria do ponteiro após transplante das mudas	Shishido e Chanway (2000)
	<i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Híbrido (<i>Picea glauca</i> x <i>Picea engelmannii</i>)	Plantio no campo	Aumento no peso da matéria seca; algumas estirpes apresentaram inibição no crescimento	Chanway et al. (2000)
	<i>Bacillus licheniformis</i> (CECT 5105); <i>Bacillus pumilis</i> (CECT 5106)	<i>Picea engelmannii</i>	Casa de vegetação	Aumento no crescimento em altura; aumento do conteúdo de nitrogênio na planta	Probanza et al. (2002)
Produto	Bacsol® (Composto rizobacteriano: <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Nitrosomonas</i> e <i>Nitrobacter</i>)	<i>Eucalyptus benthamii</i>	Casa de vegetação, com muda seminal.	Aumento no crescimento em altura das mudas e na biomassa; maior qualidade e fixação de nutrientes	Monteiro (2013)
	Rizolyptus® - <i>Bacillus subtilis</i> (UFV S1, UFV S2, UFV 3918)	<i>Eucalyptus</i> spp.	Casa de vegetação, com muda clonal.	Aumento da biomassa aérea e de raízes	Grupo Bio Soja (2010)

Um produto com formulação em pó, constituído de microrganismos classificados como rizosféricos, nitrogenadores, decompositores e de controle biológico, é Bacsol®, desenvolvido com a finalidade de aumentar a produção de grãos. Quando testado na produção de mudas florestais, apresentou resultados positivos. Em mudas de *Acacia mearnsii* houve aumento de incremento variando de 57% a 90% frente ao tratamento controle, após 90 dias de idade (HOPPE et

al., 2004a). Para *Pinus elliottii*, a aplicação aumentou o crescimento em altura entre 22% a 43%, em mudas com 150 dias de idade (HOPPE et al., 2004b). Em mudas de erva-mate, o ganho em incremento em altura variou de 12% a 168% frente ao tratamento controle (HOPPE et. al., 2005).

Mudas de *Eucalyptus benthamii* com Bacsol® foram avaliadas em dois ensaios sucessivos (2011 e 2012) por Monteiro (2013).

Este autor verificou aumentos no crescimento que variaram de 40% a 76% (ano 2011, mudas com 120 dias de idade) e de 36% a 62% (ano 2012, mudas com 90 dias de idade). As mudas tratadas também apresentaram qualidade superior nas variáveis: biomassa seca da parte aérea, que aumentou de 89% a 174% (ano 2011) e de 102% a 165% (ano 2012) e a relação altura/biomassa seca da parte aérea,

que apresentou uma relação mais estável frente ao tratamento controle. De acordo com Gomes et al. (2002), essas variáveis são as de maior confiança para determinar a qualidade de mudas. Para a nutrição das mudas, o estudo constatou maior fixação dos macronutrientes na biomassa das mudas tratadas (MONTEIRO, 2013). O incremento do crescimento em altura e em biomassa também foram maiores nas mudas tratadas (Figura 2).

Fotos: Pedro Henrique Riboldi Monteiro



Figura 1. Sequência de atividades para a inoculação de rizobactérias (formulado em pó) em substratos comerciais para a produção de mudas de eucalipto.

Fotos: Pedro Henrique Riboldi Monteiro

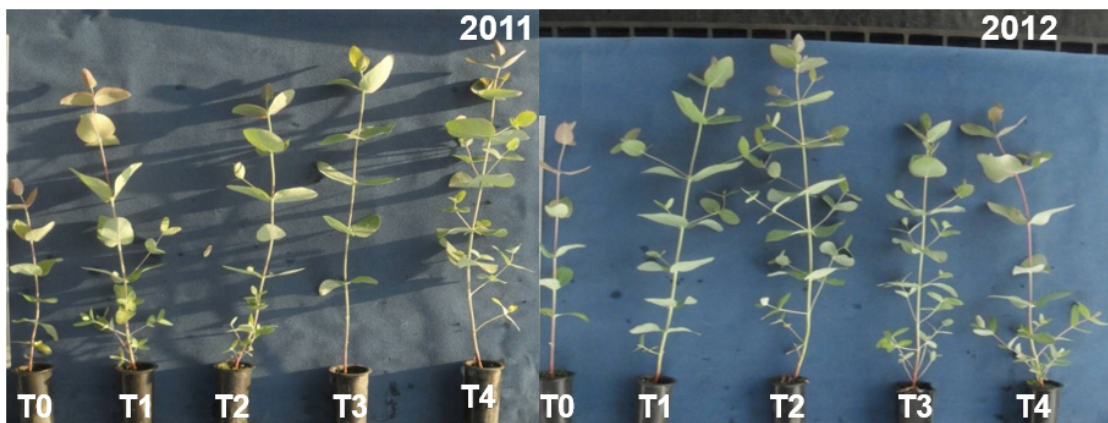


Figura 2. Resposta de mudas de *Eucalyptus benthamii* à inoculação com o produto BacSol® em duas safras sucessivas.

Conclusão

Os produtos biotecnológicos apresentam potencial para a Silvicultura, por permitir a produção de mudas florestais com maior qualidade. Outro aspecto a ser ressaltado é a redução dos custos de produção, que podem ser atingidos por meio da diminuição do ciclo de produção, da quantidade de adubo empregado e do controle de doenças no viveiro.

Referências

- ANUÁRIO estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013.
- CHANWAY, C. P. Differential response of western hemlock from low and high elevations to inoculation with plant growth-promoting *Bacillus polymyxa*. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 27, n. 6, p. 767–775, jun. 1995. DOI: 10.1016/0038-0717(94)00236-T.
- CHANWAY, C. P. Inoculation of tree roots with plant growth promoting soil bacteria: an emerging technology for reforestation. **Forest Science**, Lawrence, v. 43, n. 1, p. 99–112, 1997.
- CHANWAY, C. P.; SHISHIDO, M.; NAIRN, J.; JUNGWIRTH, S.; MARKHAM, J.; XIAO, G.; HOLL, F. B. Endophytic colonization and field responses of hybrid spruce seedlings after inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 133, p. 81–88, 2000. DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00300-X.
- ENEBAK, S. A.; WEI, G.; KLOEPPER, J. W. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on loblolly and slash pine seedlings. **Forest Science**, Lawrence, v. 44, n. 1, p. 139–144, Fev. 1998.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “win-strip”. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 35-42, jan./abr. 1991.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, nov./dez. 2002. DOI: 10.1590/S0100-67622002000600002.
- GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização floresta**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.
- GRUPO BIO SOJA. **Rizolyptus**®. Disponível em: <<http://www.biosoja.com.br/produto-rizolyptus.php>>. Acesso em: 20 jul. 2014.
- HOPPE, J. M.; SCHUMACHER, M. V.; QUEVEDO, F. F.; GENRO, C.; THOMAS, R.; VIVIAN, J. C.; FONTANA, T. Utilização de Bacsol e Orgasol na produção de mudas de *Pinus elliottii*. In: RELATÓRIO técnico “Uso do Bacsol® em diferentes pesquisas”. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2004b. p. 96-102. Disponível em: <<http://rsa.ind.br/midia/Bacsol%20Orgasol-UFSM.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2014.
- HOPPE, J. M.; SCHUMACHER, M. V.; QUEVEDO, F. F.; THOMAS, R.; IVANOV, G.; DIAS, T.; PEDROSO FILHO, J. Uso do Bacsol® na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). In: _____. **Relatório de pesquisa: uso do Bacsol® em diferentes pesquisas**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 66–78. Disponível em: <http://www.rsa.ind.br/midia/rel_pesq.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2014.
- HOPPE, J. M.; SCHUMACHER, M. V.; QUEVEDO, F. F.; THOMAS, R.; VIVIAN, J. C.; FONTANA, T. Aplicação de diferentes doses de Bacsol® e Orgasol® em sementes de acácia-negra (*Acacia mearnsii* D. Willd.) e seu desenvolvimento no viveiro. In: RELATÓRIO técnico “Uso do Bacsol® em diferentes pesquisas”. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2004a. p. 43–56. Disponível em <<http://rsa.ind.br/midia/Bacsol%20Orgasol-UFSM.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2014.
- KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N. Plant growth-promoting rhizobacteria and plant growth under gnotobiotic conditions. **Phytopathology**, Saint Paul, Minn, v. 71, n. 6, p. 642-4, 1978. DOI:10.1094/Phyto-71-642.
- LUCY, M.; REED, E.; GLICK, B. R. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdam, NL, v. 86, n. 1, p. 1–25, ago. 2004.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 843-851, nov./dez. 2005.

MOHAMMAD, G.; PRASAD, R. Influence of microbial fertilizers on biomass accumulation in polypotted *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. seedlings. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v. 4, n. 1, p. 47-77, 1988.

MONTEIRO, P. H. M. **Efeito de Bacsol® sobre o crescimento e teor de macronutrientes em mudas de Eucalyptus benthamii Maiden et Cabbage**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed da UFLA, 2006. 729 p.

PROBANZA, A.; LUCAS GARCIA, J. A.; RUIZ PALOMINO, M.; RAMOS, B.; GUTIÉRREZ MAÑERO, F. J. *Pinus pinea* L. seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, NL, v. 20, n. 2, p. 75-84, May, 2002. DOI: 10.1016/S0929-1393(2)00007-0.

RODRÍGUEZ-BARRUECO, C.; CERVANTES, E.; SUBBARAO, N. S.; RODRIGUEZ-CACERES, E. Growth promoting effect of *Azospirillum brasilense* on *Casuarina cunninghamiana* Miq. seedlings. **Plant and Soil**, The Hague, v. 135, n. 1, p. 121-124, Jan. 1991. DOI: 10.1007/BF00014784.

SHISHIDO, M.; CHANWAY, C. P. Colonization and growth of outplanted spruce seedlings pre-inoculated with plant growth-promoting rhizobacteria in the greenhouse. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 30, n. 6, p. 848-854, 2000. DOI: 10.1139/x00-010.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R. da. Análise técnica e econômica da etapas de produção de mudas de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 359-366, jul./set. 2010.

TEIXEIRA, D. A.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; FERREIRA, E. M.; SIQUEIRA, L. de; MAFFIA, L. A.; MOUNTEER, A. H. Rhizobacterial promotion of eucalypt rooting and growth. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, SP, v. 38, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2007. DOI: 10.1590/S1517-83822007000100025.

ZAADY E.; PEREVOLTSKY, A. Enhancement of growth and establishment of oak seedlings (*Quercus ithaburensis* Decaisne) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 72, n. 1, p. 81-83, Mar. 1995. DOI: 10.1016/0378-1127(94)03446-4.

ZAADY, E. A.; PEREVOLTSKY, A.; OKON, Y. Promotion of plant growth by inoculum with aggregated and single cell suspensions of *Azospirillum brasilense* Cd. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 25, n. 7, p. 819-823, Jul. 1993. DOI: 10.1016/0038-0717(93)90081-L.

ZARPELON, T. G. **Caracterização de rizobactérias e eficiência do Rizolyptus® no enraizamento e crescimento de eucalipto**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Comunicado Técnico, 338

Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
Colombo, PR, CEP 83411-000
Fone / Fax: (0***) 41 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

1ª edição
Versão eletrônica (2014)

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme Schnell e Schuhli, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Pentead*

Expediente

Supervisão editorial: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Revisão de texto: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*
Editoração eletrônica: *Rafaele Crisostomo Pereira*