

Serviços ambientais na agricultura: a contribuição das bactérias fixadoras de nitrogênio associadas ao arroz

Joilson S. Ferreira¹, Silvia Regina Goi², Vera Lucia Divan Baldani¹, José Ivo Baldani¹

¹Embrapa Agrobiologia, Km 7 Br 465, 23890-000 Seropédica, RJ-joilsonsf@yahoo.com.br;

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas,
Departamento de Ciências Ambientais, Km 7 Br 465, 23890-000, Seropédica RJ;

Recebido em 02 de Fevereiro de 2008

Resumo

O uso de bactérias diazotróficas na cultura do arroz é uma alternativa viável para garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas. Contudo, ainda não existem trabalhos na literatura que quantifiquem o serviço ambiental prestado pelas bactérias fixadoras de nitrogênio e que possam ser utilizados no futuro para pagamentos de serviços ambientais. O objetivo deste trabalho foi quantificar a economia gerada pelo processo de fixação biológica de nitrogênio por bactérias associadas ao arroz, considerando a região Centro-Sul do Brasil como área modelo e estabelecer o valor do serviço ambiental prestado por esses microrganismos. Para estimar a economia, foi adotada uma contribuição mínima de 40 kg. ha⁻¹ resultante do processo da FBN, com base nos principais resultados obtidos para a cultura do arroz na Embrapa Agrobiologia. A utilização da técnica de inoculação com a estirpe BR 11417 de *H. seropedicae* pode proporcionar uma economia de aproximadamente R\$ 179,4 milhões por ano, para a região centro-sul do Brasil.

Palavras chaves: *Herbaspirillum seropedicae*, bactérias diazotróficas endofíticas, serviços ambientais.

Ecosystem services in the agriculture: the contribution of diazotrophic bacteria in association with rice

Abstract

The use of diazotrophic bacteria in association with rice plants is a viable alternative to the agroecosystem sustainability. However, no results were found showing the quantification of environment services from the nitrogen fixation process. The objective of this work was to evaluate the economy generate by the use of FBN process in the rice field, using the center-south region of Brazil as a model. For the estimate value, the contribution of 40 Kg. ha⁻¹ resulting from FBN was used, according the results obtained at Embrapa Agrobiologia with the rice culture. The inoculation process with the *H. seropedicae* strain 11417 can give an approximate economy of R\$ 179,4 million per year, for the center-south region of Brazil.

Key words: *Herbaspirillum seropedicae*, diazotrophic bacteria, environmental services.

Introdução

Embora a produção de alimentos seja suficiente para garantir a alimentação da população atual, essa produção tem causado impacto crescente na sustentabilidade dos ecossistemas. O aumento do uso de fertilizantes com nitrogênio (N) e fósforo (P) tem levado a uma degradação da qualidade do ar e da água. O desafio de garantir nos próximos anos, um aumento da produção de alimentos, caminha lado a lado com o aumento do impacto na sustentabilidade e qualidade ambiental. Segundo Tilman et al (2001) 10⁹ hectares de ecossistemas naturais serão convertidos em áreas agrícolas até 2050. Esse aumento será acompanhado por aumento de 2,4 a 2,7 vezes na eutroficação causados por N e P. Essa eutroficação pode causar uma imprecisa simplificação do ecossistema, perda dos serviços ambientais e extinção de espécies. Além do efeito negativo causado pelo aumento do consumo de fertilizantes nos ecossistemas, estes dois nutrientes não são renováveis e apresentam um preço elevado, o que aumenta muito o custo da produção de alimentos. Em 12 meses, o Índice de Preço por Atacado (IPA) da FGV, registrou uma alta de 17,12 por cento. O indicador de preços do setor agropecuário, que integra o índice da FGV, subiu 37,63 por cento no mesmo período, e o industrial 10,62 por cento; o item fertilizante é destaque deste setor com aumento de mais de 90% (Samora, 2008).

A adição antropogênica de N pela agricultura, produz uma grande quantidade de N residual que permanece no solo, devido à ineficiência da recuperação das culturas (Vance, 2001). Esse nitrogênio residual apresenta vários problemas ambientais: a nitrificação e desnitrificação são os maiores contribuintes para a emissão de N₂O e NO₂. O N₂O atua como gás de efeito estufa e NO₂ atua na camada de ozônio. Em larga escala, numa análise dos agroecossistemas globais, a estimativa de perda de N por desnitrificação seria de aproximadamente 10 a 40% do N aplicado (Galloway et al, 2004). Adicionalmente, o nitrogênio não utilizado pelas culturas, pode rapidamente entrar para os reservatórios de água subterrânea, podendo contaminar a água potável. O excesso de NO₃ na água que escorre superficialmente, está associada à eutroficação e hipoxia dos ecossistemas aquáticos (Galloway et al 1995, Cornell et al, 1995), e pode estar relacionado à redução da biodiversidade e das funções do ecossistema

(Galloway et al 1995). Adicionalmente, a produção de fertilizantes nitrogenados pelo processo Haber-Bosh, requer o uso extensivo de recursos não renováveis e nos EUA, a produção e uso de fertilizantes nitrogenados requer 3% a 5% da produção anual de gás no país (Vance 2001). Em face da projeção do crescimento da população humana para o ano de 2025, como sendo de 10 bilhões de pessoas, destaca-se a necessidade das mudanças dos paradigmas da produção de alimentos, com aumento da produção, mas preservando a qualidade do ambiente (Dyson, 1999).

Paragarantir a sustentabilidade agrícola, principalmente em países em desenvolvimento, uma das alternativas é a utilização da FBN. O desenvolvimento de cultivares de soja e de estirpes de rizóbio adaptados a solos com baixa fertilidade no Brasil apresenta-se como um exemplo de grande sucesso, utilizando essa técnica alternativa. De acordo com Kremen (2005), o folheto, invertebrados do solo, plantas associadas com microrganismos fixadores de nitrogênio, podem ser considerados grupos funcionais provedores de serviços do ecossistema, relacionados à fertilidade do solo. Os organismos do solo têm impacto direto sobre a produtividade vegetal, e dentre estes microrganismos podemos citar as bactérias diazotróficas que são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e disponibilizar para as plantas em um processo conhecido como Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). A cultura do arroz é uma das que pode se beneficiar do processo de FBN através de associação com bactérias diazotróficas endofíticas (Baldani et al, 2000). A utilização conjunta do inoculante e de uma menor quantidade de adubo nitrogenado, garante a produtividade quando comparado com a produtividade de cultura, quando foi utilizada apenas a adubação nitrogenada.

Os serviços ambientais são definidos como os benefícios que as pessoas obtêm do ecossistema, como descrito pelo Millenium Ecosystem Assessment (MA, 2008). A utilização da biota do solo para melhorar a fertilidade e a produtividade através de processos biológicos é uma estratégia para a sustentabilidade agrícola. Neste cenário, os organismos do solo aparecem influenciando os processos do solo que contribuem para uma série de serviços ambientais relacionados ao suporte da vida e regulação dos processos no ecossistema (Barrios, 2007).

Em alguns países (EUA e países da Comunidade Européia) já existem políticas agro-ambientais para

pagamento de serviços ambientais (Baylis et al, 2007). A discussão deste assunto no Brasil tem avançado com relação ao pagamento de créditos de carbono, mas outros serviços não têm recebido a merecida atenção.

No Brasil, o arroz é cultivado nas regiões Nordeste e Norte sobre na forma de sequeiro e no estado do Rio Grande do Sul, sobre a forma de arroz irrigado. O estado do Rio Grande do Sul é responsável por 60,2% da produção nacional (CONAB, 2008), com uma área plantada de cerca de 1.000.000 ha na safra 2006/2007.

De um modo geral, o processo de inoculação de bactérias diazotróficas na cultura do arroz pode substituir em média, a aplicação de 40 kg de N.ha⁻¹, dependendo da variedade utilizada (Baldani et al., 2000; Ferreira et al., 2003;). A contribuição do processo de inoculação é facilmente quantificada em termos de produção por hectare. Outros benefícios oriundos do processo da substituição da adubação nitrogenada pelo processo de FBN, tais como a diminuição da contaminação de lençóis freáticos pela diminuição da aplicação de adubos nitrogenados, a diminuição da perda de nitrogênio para a atmosfera pelo processo de denitrificação, e diminuição de gastos com a produção e transporte de adubos nitrogenados, podem ser indicados. Várias pesquisas (Ferreira, 2004; Guimarães et al., 2007) têm sido desenvolvidas no Brasil, para a produção de um inoculante para a cultura do arroz com bactérias diazotróficas endofíticas. Este processo encontra-se nas etapas finais, mas este inoculante ainda não foi registrado para ser comercializado.

O objetivo deste trabalho foi quantificar a economia gerada pelo processo de fixação biológica de nitrogênio por bactérias associadas ao arroz, considerando a região centro-sul do país como área modelo e estabelecer o valor do serviço ambiental prestado por esses microrganismos.

Material e Métodos

Para o cálculo do serviço ambiental, foi feita uma estimativa da economia proporcionada, pela FBN em arroz. Foi utilizada uma estimativa média da contribuição de 40 kg. ha⁻¹ de nitrogênio proveniente da FBN, com uso desta tecnologia, baseada nos resultados encontrados nos experimentos de inoculação com a estirpe BR 11417, de *Herbaspirillum seropedicae*, conduzidos em condições de campo, na Embrapa Agrobiologia em Seropédica, durante os últimos dez anos pelos autores

deste trabalho.

Foi considerada a região Centro-Sul do país, compreendendo os estados do MT, MS, GO, DF, MG, ES, RJ, SP, PR, SC e RS com uma área plantada de aproximadamente 2.000.000 ha com densidade de plantio de 300 plantas/ m² correspondendo a aproximadamente 36 Kg de sementes/ ha e o preço do kg de N na forma de sulfato de amônio como sendo DE R\$ 2,60. A dose de inoculante utilizada no cálculo foi a recomendada por Ferreira (2004) para a cultura do arroz (250g de inoculante, contendo 109 cel/G para cada 25 kg de semente), sendo necessárias 1,43 doses por ha, para a densidade utilizada. O custo da dose de inoculante foi estimado em R\$ 5,00, mas pode variar de 3,00 a 5,00 reais.

Resultados e Discussão

As estimativas dos custos envolvidos com a aplicação de inoculantes em arroz, comparadas com a adição de nitrogênio mineral (em quantidades equivalentes ao da FBN) para a região centro-sul-sudeste do país (Tabela 01), mostraram que a utilização da técnica de inoculação com a estirpe BR 11417 de *H. seropedicae* pode proporcionar uma economia de aproximadamente R\$ 179,4 milhões por ano. Este seria um serviço ambiental prestado pelas bactérias diazotróficas endofíticas, não simbióticas na cultura do arroz. Entretanto, este valor pode ser ainda maior se forem considerados nos cálculos, a energia economizada no processo de fabricação do fertilizante nitrogenado, já que a produção de fertilizantes tem um consumo de energia elevado (Vance 2001). Não foram contabilizados nos dados apresentados na Tabela 1, os valores referentes à mão-de-obra utilizada na aplicação do inoculante e do fertilizante. Entretanto, presume-se que a mão-de-obra utilizada na aplicação do inoculante é economicamente mais barata que a aplicação do fertilizante, já que a mesma é feita apenas uma única vez no momento do plantio.

O uso de bactérias diazotróficas também pode otimizar a taxa de absorção do nitrogênio no sistema, evitando perdas deste elemento através do processo de denitrificação e percolação para o lençol freático. Em larga escala, uma análise dos agroecossistemas globais, a estimativa da perda de N por denitrificação seria de aproximadamente 10-40 % do N aplicado (Galloway et al 2004).

Considerando a necessidade de ser quantificado o serviço ambiental e das reais dificuldades de se estimar as taxas de fixação biológica de nitrogênio (Dale & Polasky, 2007), sugere-se que seja feito o acompanhamento da produção de grãos, podendo ser comparado uma pequena parcela de arroz inoculado com bactérias diazotróficas endofíticas e uma parcela de arroz sem inoculação. Neste caso, ainda não estaria sendo incluída a diminuição dos custos ambientais decorrentes da aplicação de uma menor quantidade de nitrogênio mineral. Estes custos ambientais relacionados à perda de N para o subsolo, águas superficiais e emissão gasosa, são mais difíceis de serem calculados, mas sugere-se que através de um modelo, seja estabelecido um “fator

de impacto” que possa ser adicionado a cada quilograma de adubo nitrogenado utilizado. Assim, os custos de uma área plantada utilizando-se apenas adubação nitrogenada será maior. Esse fator seria equivalente ao “custo ambiental do uso desse adubo”, pois atualmente os agricultores recebem benefícios com o aumento da produção pela aplicação de adubo, mas não pagam os custos ambientais. Nesse fator de impacto poderá ser incluído também, o custo ambiental envolvido na produção do adubo nitrogenado. Sugere-se aqui também, que seja incentivado o crédito público a agricultores que utilizassem a FBN, e nesse caso, entraria o papel do Estado pagando por esses serviços através de créditos.

Tabela 1. Estimativa da economia proporcionada pelo uso da técnica de inoculação com a estirpe BR 11417 de *H. seropedicae* na cultura do arroz, se aplicada na região Centro - Sul do Brasil (MT, MS, GO, DF, MG, ES, RJ, SP, PR, SC, RS).
Table 1. Evaluation of economy generate by the inoculation of strains BR 11417 of *H. seropedicae* in the rice culture if applied at center-south region of Brazil (MT, MS, GO, DF, MG, ES, RJ, SP, PR, SC, RS).

| Tratamentos | Área Plantada (ha) | N aplicado (kg . ha ⁻¹) | Doses de Inoculante ¹ (milhões) | Custo (R\$) | Custo Total R\$ X . 10 ⁶ | Economia (CA – CI) R\$ X . 10 ⁶ |
|-------------|--------------------|-------------------------------------|--|---------------|-------------------------------------|--|
| Inoculante | 2.000.000 | - | 2,86 | 5,00/dose | 28,6 (CI) | 179,4 |
| Adubação | 2.000.000 | 40 | - | 2,60/kg adubo | 208 (CA) | |

¹Uma dose = refere-se à quantidade de 250g de inoculante para 25 Kg de semente; CI = Custo total com inoculante; CA. = Custo total com o fertilizante nitrogenado.

Conclusão

Considerando a área plantada com arroz na região Centro-Sul do país, o uso de bactérias diazotróficas pode contribuir com uma economia de R\$ 179,4. 10⁶ , ou R\$ 89,7/ha, além de minimizar os impactos ambientais gerados pela aplicação de quantidades elevadas de fertilizantes nitrogenados, o que pode ser considerado um serviço ambiental do agroecossistema.

Referências Bibliográficas

BALDANI, V. L. D., BALDANI, J. I., DOBEREINER, J. Inoculation of rice plants with endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia* spp. **Biology and Fertility of Soils**, V. 30, pp. 485-491,

2000.
 BARRIOS, E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. **Ecological Economics**, V. 64, pp.269-285, 2007.
 BAYLIS, K., PELOW, S., RAUSSER, G., SIMON, L. Agri-environmental policies in the EU and United States: a comparison. **Ecological Economics**, In press, Corrected Proof, 2007.
 CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos. Safra 2007/2008. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb. Acessado em 08 de junho de 2008.
 CORNELL, S., RANDELL, A. & JICKELLS, T. Atmospheric inputs of dissolved organic nitrogen to the

- oceans. **Nature**, V. 376, pp. 243-246, 1995.
- DALE, V. H. & POLASKY, S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics** **64**, pp.286-296, 2007.
- DYSON, T. World food trends and prospects to 2025. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, V. 96, pp. 5929-5936, 1999.
- FERREIRA, J. S. **Seleção e avaliação de veículos para inoculação de bactérias diazotróficas na cultura do arroz inundado**. Dissertação de Mestrado. UFRRJ, 44p., 2004.
- FERREIRA, J. S., SABINO, D. C. C., GUIMARÃES, S. L., BALDANI, J. I., BALDANI, V. L. D. Seleção de veículos para inoculante com bactérias diazotróficas para arroz inundado. **Revista Agronomia**, V. 37, pp. 6-12, 2003.
- GALLOWAY, J. N., SCHLESINGER, W. H., LEVY H., MICHAELS, A., SCHNOOR, J. L. Nitrogen fixation: anthropogenic enhancement-environmental response. **Global Biogeochemical Cycles**, V.9, pp.235-252, 1995.
- GALLOWAY, J. N., DENTENER, F. J., CAPONE, D. G., BOYER, E. W., HOWARTH, R. W., SEITZINGER, S. P., ASNER, G. P., CLEVELAND, C. C., GREEN, P. A., HOLLAND, E. A., KARL, D. M., MICHAELS, A. F., PORTER, J. H., TOWNSEND, A. R., VOROSMARTY, C. J. Nitrogen cycles: past, present, and future. **Biogeochemistry** V. 70, pp.153-226, 2004.
- GUIMARÃES, S. L., BALDANI, J. I., BALDANI, V. L. D. & JACOB-NETO, J. Adição de molibdênio ao inoculante turfoso com bactérias diazotróficas usado em duas cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, V. 42, pp. 393-398, 2007.
- KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? **Ecology Letters**, V. 8, pp.468-479, 2005.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). **Ecosystem and Human Well-Being: synthesis**. 2005. v.15, n.2, p. 35 - 39, 2008
- Disponível em: www.millenniumassessment.org/en/synthesis.aspx. Acesso em 08/06/2008.
- SAMORA, R. Destaque da inflação, adubo prolongará alta geral de preços—FGV . <http://www.abril.com.br/noticias/brasil/2008-07-01-48938.shtml>. Acesso em 23/11/2008.
- TILMAN, FARGIONE, J., WOLFF, B., D'ANTONIO, C., DOBSON, A., HOWARTH, R., SCHINDLER, D., SCHLESINGER, W. H., SIMBERLOFF, D., SWACKHAMER, D. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. **Science**, V. 292, pp.281-284, 2001.
- VANCE, C. P. Symbiotic Nitrogen Fixation and phosphorus Acquisition. **Plant Nutrition in a Worlds of Declining**. **Plant Physiology**, V. 127, pp. 390-397, 2001.