

Open innovation model in bioeconomy: the first microbiological phosphate solubilization technology produced and registered in Brazil

Myriam Maia Nobre¹, Christiane Abreu de Oliveira Paiva², Rubens Augusto de Miranda³, Artur Soares Pinto Junior⁴

Categoria do Case

Área: Open Corps (<https://www.openstartups.net/site/ranking/rankings-categories-corps.html>)

Top 10 Agronegócio 2023 (Embrapa)

RESUMO

Estudo de Whitters et. al., 2018 mostrou que quase metade do fósforo (P) aplicado na agricultura na forma de fertilizante inorgânico nas últimas cinco décadas permanece no solo, o que constitui uma reserva de mais de US\$ 40 bilhões. O desenvolvimento de tecnologias que permitam às plantas acessarem esta poupança existente no solo é um dos maiores desafios de PD&I, pois impacta diretamente a produtividade das culturas e, conseqüentemente, a produção global de alimentos. O desenvolvimento de uma nova tecnologia consiste em uma ação de alta complexidade. Além disso, escalonar e levar até o mercado exige a construção de parcerias de inovação aberta, unindo diferentes inteligências para o co-desenvolvimento de projetos estratégicos em que uma descoberta científica se transforma em uma inovação no mercado. O desenvolvimento de produtos à base de microrganismos (inoculantes) abre uma nova perspectiva para o aumento da produtividade e fertilidade do solo, com potencial para substituição parcial ou total dos fertilizantes sintéticos. Este desafio integrou a Embrapa Milho e Sorgo às empresas Simbiose e Bioma em 2016 para o co-desenvolvimento do primeiro inoculante solubilizador de fósforo registrado no Brasil. Neste modelo de inovação aberta, a Embrapa contribuiu com know-how associado à seleção do melhores cepas para fins de solubilização de fosfato e crescimento radicular, e as empresas desenvolveram uma formulação para máxima eficiência do produto em condições de armazenamento e campo, além de escalonar a formulação em fermentadores industriais e realizar centenas de testes em áreas experimentais e comerciais, necessária ao registro comercial do produto junto ao Ministério da Agricultura (Mapa), de acordo com a regulamentação vigente. Além disso, a Embrapa realizou o protocolo de avaliação experimental, a análise estatística e a validação agrônômica da recomendação de doses e vias de aplicação para cada cultura, além da manutenção e preservação da pureza e integridade genética das cepas (condições ideais de qualidade e rastreabilidade, em bancos depositários oficiais). O produto tem se mostrado um marco tecnológico para a agricultura nacional. Os primeiros resultados (em mais de 600 localidades do Brasil) indicaram aumentos de produtividade em torno de 9,4% para a cultura do milho e de 7,5% para a cultura da soja. O escopo da solução de inovação aberta é global com benefícios mensuráveis nacionais já documentados no balanço social da Embrapa em 2022. Em 3,5 anos de comercialização, estima-se que o produto tenha sido utilizado em quase 6 milhões de hectares no país. Na safra 2022/2023, estima-se que a tecnologia seja adotada em mais de 5 milhões de hectares (11 milhões de hectares desde o início da adoção em 2018/19), o que corresponde hoje a uma das mais rápidas adoções tecnológicas geradas pela Embrapa em um modelo de inovação aberta com um parceiro privado. A avaliação dos

impactos econômicos da tecnologia até 2022, estimou que os benefícios ao produtor foram próximos a R\$2,7 bilhões, valor consideravelmente superior ao da pesquisa e desenvolvimento, estimado em R\$47,5 milhões. (Miranda, 2022).

PALAVRAS-CHAVE: inovação aberta, agricultura, fósforo, bioinsumos, inoculantes

NOME DO ATOR	PAPEL NO ECOSISTEMA
Embrapa	Empresa pública federal
Simbiose/Bioma	Empresa privada

¹ Embrapa, myriam.nobre@embrapa.br

² Embrapa, christiane.paiva@embrapa.br

³ Embrapa, rubens.miranda@embrapa.br

⁴ Simbiose, artur@simbiose-agro.com.br

1. SITUAÇÃO PROBLEMA DE OPEN INNOVATION

O mundo atingiu uma população de 8 bilhões de habitantes em 2022 e precisa urgentemente encontrar formas mais sustentáveis de produzir e consumir alimentos, baseadas em tecnologias cada vez mais alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO).

Nesse contexto, o Brasil se destaca como produtor de alimentos baseado em tecnologias sustentáveis e precisa importar, em média, 88% de nitrogênio, 73% de fosfatos e mais de 95% de fertilizantes potássicos. O país é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, atrás apenas da China, Índia e Estados Unidos (GlobalFert, 2021a).

O fósforo (P) é um insumo estratégico para os países produtores de alimentos. A aplicação mais importante desse elemento e de seus minerais é na fabricação de fertilizantes, insumos utilizados para enriquecer o solo, principalmente na forma de fosfato de amônio. Apenas 0,1% do fósforo total do solo é encontrado na forma espiritual disponível para absorção pelas plantas, havendo grande necessidade de suplementação com adição de fertilizantes químicos sintéticos. Em solos tropicais, estima-se que mais de 70% do P adicionado ao solo através de fertilizantes não é utilizado pelas culturas e permanece no solo em formas não disponíveis para as plantas (Pavinato et al., 2020).

Além disso, o mercado de fertilizantes teve alta histórica de preços e, somente em 2021, a relação de troca de fertilizantes para soja, milho, algodão, etanol e açúcar aumentou 11%, com impacto negativo no consumidor final (GlobalFert, 2021b). Outro fato relevante foi a guerra na Ucrânia, em 2022, que tornou ainda mais explícita a vulnerabilidade do Brasil relacionada às importações de fertilizantes. Além de elevar os custos de produção, essa dependência externa de fertilizantes deixa vulnerável a agricultura brasileira, reduz a competitividade global do agronegócio e afeta a sociedade como um todo por meio do aumento dos preços dos alimentos, com impacto ainda maior nas camadas de menor renda.

Estudo de Whitters et. al., 2018 mostrou que quase metade do fósforo aplicado na agricultura na forma de fertilizante inorgânico nas últimas cinco décadas permanece no solo, o que constitui uma reserva de mais de US\$ 40 bilhões.

Concomitante aos esforços para aumentar a produção brasileira de fertilizantes, o mercado de bioinsumos começou a crescer. Segundo Dall'Agnol e Nogueira (2020), esse setor de bioeconomia gera perto de R\$ 1 bilhão por ano no Brasil e cresce a uma taxa anual superior a 10%. Neste contexto sobreposto de déficit na produção de fertilizantes, crescimento do mercado de bioinsumos e reservas de P no solo que se enquadra a solução tecnológica objeto deste caso.

O desenvolvimento de tecnologias que permitam às plantas acessarem essa poupança existente no solo é um dos maiores desafios de PD&I, pois impacta diretamente a produtividade das culturas e, conseqüentemente, a produção global de alimentos. Diante deste desafio, a Embrapa juntamente com as empresas Simbiose e Bioma se uniram para o co-desenvolvimento de uma solução tecnológica visando escalar pesquisas em estágios iniciais em produtos que de fato chegaram ao mercado, gerando impactos sociais, econômicos e ambientais.

2. INTERVENÇÃO PROPOSTA

A solução de inovação aberta, na verdade, possui um longo histórico de desenvolvimento de pesquisa básica liderada pela Embrapa. Com base em alguns estudos existentes, iniciaram-se em 2002 as pesquisas baseadas no manejo integrado de nutrientes que consiste em maximizar a absorção e liberação de elementos relevantes no solo por meio de microrganismos, que promovem o crescimento do sistema radicular das plantas e a disponibilidade gradual deste importante nutriente.

Neste contexto, a Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG) coletou e selecionou centenas de microrganismos para estudos quanto a eficiência do uso de nitrogênio, fósforo e potássio. Após muitos anos de estudos laboratoriais e em casas de vegetação, os primeiros artigos foram publicados com os resultados desta importante tecnologia de solubilização de fósforo.

O desenvolvimento de bioinsumos à base de microrganismos (inoculantes) abre uma nova perspectiva para o aumento da produtividade e fertilidade do solo, com potencial para substituição parcial ou total dos fertilizantes sintéticos. Mas para avançar do laboratório ao mercado foi necessário integrar os conhecimentos científicos da Embrapa com escalabilidade de formulação, fabricação industrial, desregulamentação e testes por parceiros especializados do setor privado.

Portanto, para que esse conhecimento se tornasse um produto comercial com adoção no mercado (caracterizando o conceito de inovação), a Embrapa assinou em 2016 um Acordo de Cooperação Técnica com as empresas Simbiose e Bioma para o co-desenvolvimento do primeiro inoculante solubilizador de fósforo registrado no Brasil.

3. ASPECTOS INOVADORES

A solução é inédita no Brasil sendo altamente inovadora por utilizar um microrganismo do próprio solo para prover uma solução biotecnológica para a agricultura brasileira e mundial. Uma inovação só se concretiza quando é colocada em uso ou disponibilizada para utilização pelo público-alvo, neste caso os produtores rurais. Portanto, existe um longo caminho entre a descoberta científica e a adoção de um produto comercial pelo setor produtivo.

Neste sentido, a parceria ampliou sobremaneira o conhecimento técnico das equipes de ambas as empresas, avançando a escala de maturidade tecnológica dos microrganismos selecionados. A cepa de *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) foi isolada da rizosfera do milho e tem capacidade de solubilizar fosfatos de cálcio e produzir fosfatase e a cepa de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) é uma cepa endofítica que solubiliza fosfato de cálcio e ferro e apresenta alta produção de ácido glucônico e da enzima fitase. Também possuem propriedades promotoras de crescimento, estimulando o aumento da superfície radicular, principalmente raízes mais finas, além da produção de biofilme. Esta solução tecnológica é explicada pela produção de compostos que atuam na porção do solo que está em contato com as raízes das plantas, iniciando assim o processo de solubilização do fósforo (que fica retido nas reservas de cálcio, alumínio e ferro e em fertilizantes adicionados), tornando este fósforo prontamente disponível para absorção e assimilação pelas plantas.

Essas cepas, que possuem mecanismos geneticamente diferenciados, somadas à agregação de conhecimentos relacionados à escala industrial (concentração de cepas, adjuvantes, conservantes, etc.), tornaram esta solução de inovação aberta cientificamente viável para avançar para a próxima fase do pipeline de PD&I.

Neste modelo de inovação aberta, a Embrapa contribuiu com know-how associado à seleção das melhores cepas para fins de solubilização de fosfato e crescimento radicular, e as empresas parceiras desenvolveram uma formulação para máxima eficiência do produto em condições de campo, além de escalonar a formulação em fermentadores industriais e realizar centenas de testes em áreas experimentais e comerciais, necessários ao registro comercial do produto junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), de acordo com as regulamentações atuais. Ainda na parceria, a Embrapa realizou o protocolo de avaliação experimental, a análise estatística dos dados e a validação agrônômica da recomendação de doses e vias de aplicação para cada cultura. Além disso, a Embrapa é responsável por manter a pureza e integridade genética das cepas e preservá-las em condições ideais com qualidade e rastreabilidade, em bancos depositários fiéis e por indicar oficialmente as cepas, conforme recomendado para produção de inoculantes.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Essa biotecnologia teve como foco inicial testes em milho e soja, que compõem o principal binômio produtivo do Brasil (125,55 milhões de toneladas colhidas de soja e as 113,13 milhões de toneladas colhidas de milho representaram juntas 91,79% da safra brasileira de grãos em 2021/2022). Porém, por se tratar de um inoculante solubilizador de fósforo, nos anos seguintes, vimos sua rápida expansão para outras culturas.

Após a obtenção da autorização do Ministério da Agricultura (MAPA) para comercialização do inoculante, em agosto de 2019, foi lançado o BiomaPhos® – primeiro produto brasileiro à base de *Bacillus* selecionado para aumentar a eficiência do uso do fósforo pelas plantas (<https://bioma.ind.br/produtos/biomaphos/>). Em 2021, foi obtido registro para as culturas soja (BiomaPhos Soja®) e cana-de-açúcar (SolubPhos Cana®).

O produto tem se mostrado um marco tecnológico para a agricultura nacional, levando ao maior aproveitamento do fósforo presente no solo e em fertilizantes. Os primeiros resultados da extensa rede de ensaios para validação de produtos, com estimativas em mais de 600 locais do Brasil, indicaram aumentos de produtividade em torno de 9,4% para a cultura do milho e de 7,5% para a cultura da soja.

O escopo da solução de inovação aberta é global com benefícios mensuráveis nacionais já documentados no balanço social da Embrapa 2022. A área de adoção da solução tecnológica na safra 2018/2019 foi de 228.280 hectares no primeiro ano e chegando a 339.610 hectares no ano seguinte, na safra 2019/2020. A confirmação da eficiência do produto a nível comercial nos dois primeiros anos resultou no grande sucesso da safra 2020/2021, quando atingiu a marca de 2.450.150 hectares. Em 2021/2022, o recorde do ano anterior foi superado, atingindo 2.766.310 hectares (Miranda, 2022).

Ou seja, em 3,5 anos de comercialização, estima-se que o produto tenha sido utilizado em quase 6 milhões de hectares no país. Na safra 2022/2023, estima-se que a tecnologia seja adotada em mais de 5 milhões de hectares (11 milhões de hectares desde o início da adoção em 2018/19), o que corresponde hoje a uma das mais rápidas adoções tecnológicas geradas pela Embrapa em um modelo de inovação aberta com um parceiro privado. Portanto, temos aqui um dos principais cases de inovação aberta entre setor público e privado nacional.

Em 2022, o produto também passou a ser licenciado para a Corteva Agriscience, sob a marca Omsugo™ ECO, para o mercado da cana-de-açúcar. O aumento estimado na produtividade da cana-de-açúcar é de 12%, o que representa um resultado extraordinário para esta cultura de grande importância estratégica. Além disso, o produto está sendo registrado em diversos países.

5. CONTRIBUIÇÕES OU IMPACTOS

Inovação Aberta é o uso proposital de entradas e saídas de conhecimentos para acelerar a inovação interna e expandir os mercados para uso externo de inovação, respectivamente. Esta é uma das definições mais utilizadas por Henry Chesbrough (2006) para caracterizar um fenômeno complexo que acontece nas organizações, cabendo destaque para a expressão “proposital”, pois sinaliza que as organizações precisam desenvolver e implementar concretamente mecanismos para facilitar os fluxos de conhecimentos, ideias e recursos gerando agregação de valor e novas oportunidades de mercado.

No case em questão, o mecanismo inicial que aproximou as empresas foi a publicação de artigos científicos com resultados iniciais da tecnologia assim como a interação da empresa com os pesquisadores da área. Na medida em que se permitiu e facilitou esses fluxos e o compartilhamento de ideias para construção de um projeto conjunto, o processo de inovação aberta foi possível, gerando impactos para diversos envolvidos, seja os produtores rurais com acesso a novas tecnologias, seja para as empresas que obtiveram retornos econômicos e sociais, e por fim para o próprio meio ambiente.

O aumento da produtividade é o principal indicador utilizado na avaliação direta do impacto da tecnologia. A expansão do seu uso em novas culturas como soja e cana-de-açúcar deverá reforçar esses números de forma mais positiva. A avaliação dos impactos econômicos da tecnologia até 2022, estimou que os benefícios acumulados ao produtor foram próximos a R\$2,7 bilhões, valor consideravelmente superior ao da pesquisa e desenvolvimento, estimado em R\$ 47,5 milhões (Miranda, 2022).

Alguns estudos têm demonstrado que esta tecnologia também tem contribuído para uma menor pressão para abertura de novas áreas de produção, ou seja, a tecnologia tem contribuído efetivamente para o “efeito poupa-terra” (Miranda, 2022). Além disso, na propriedade foi possível perceber plantas mais vigorosas e maior tolerância a ataques de pragas e doenças, o que contribuiu para a redução da frequência de aplicação, auxiliando na redução da toxicidade e variedade de princípios ativos (Miranda, 2022). Tudo isso sem considerar a possibilidade de redução do consumo do uso de fertilizantes fosfatados sendo que essas pesquisas estão em andamento para que se tenha informações precisas com esta finalidade (o que geraria um impacto ambiental positivo).

Por fim, conclui-se que a inovação aberta permitiu a união de inteligências de ambas as empresas com um objetivo em comum, demonstrando a importância das parcerias público-privadas no escalonamento tecnológico e geração de inovação e valor para a agricultura brasileira e mundial.

REFERENCIAS

Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W., West, J., 2006. In: Open Innovation: Researching a New Paradigm. Oxford University Press, Oxford.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes bate recorde em 2020**. Análises. Disponível em: <https://www.globalfert.com.br/analises/importacao-de-fertilizantes-bate-recorde-em-2020/>. Acesso em: 9 mar. 2021. GlobalFert, 2021 a.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes bate recorde em 2020**. Análises. Disponível em: <https://globalfert.com.br/analises/disparada-de-precos-de-fertilizantes-prejudicam-o-produtor/>. Acesso em: 02 de dez. 2021. 2021 b.

MIRANDA, R. A. Inoculantes solubilizados de fósforo. Relatório de avaliação de impactos de tecnologias geradas pela Embrapa, 2022.

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEIS, A.; ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, article 15615, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72302-1>.

WHITERS, P. J. A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L.R. G.; BENITES, V. M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JR., A.; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports** 8: 2537, 2018. 13 p.