

OCI

JAN/FEV/MAR/ABR 2014 #6

Ciência para a vida

Nanotecnologia

Inovação na escala do bilionésimo do metro é a nova fronteira da ciência



Pesquisadores apontam os estudos sobre alimentos funcionais - hoje o segmento de mais rápido crescimento da indústria alimentícia - como uma nova fronteira para as ciências. E vêm se dedicando a aprofundar a compreensão da relação entre alimentos, nutrição e saúde. Querem contribuir para o bem-estar físico e mental e a melhor qualidade de vida das populações, para a redução dos custos com doenças associadas à má alimentação e para a oferta de opções mais saudáveis para os consumidores. Muitos cientistas estão envolvidos nesse esforço de investigação. Alguns resultados e iniciativas estarão nas páginas da próxima edição da revista a **XXI – Ciência para a Vida**. Vale a pena conferir.

Você também pode contribuir com a publicação.

Envie opiniões, sugestões ou comentários para o e-mail
revista@embrapa.br

Embrapa

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

MICROS E NANOS NA CIÊNCIA AGRÁRIA

Pesquisadores estão dedicados a conhecer o mundo além do planeta Terra e trabalham com escalas gigantescas como o ano-luz, por exemplo. Paralelamente, estão descortinando um universo que só é visível com a utilização de equipamentos dotados de superlentes de aumento, como o microscópio de força atômica, e trabalham em escalas nanométricas. Descobertas em escalas tão diversas das que percebemos no nosso cotidiano estão revolucionando a ciência, com resultados importantes para a nossa qualidade de vida.

Nesta edição você vai poder conhecer os avanços da pesquisa agrária no desenvolvimento das chamadas nanotecnologias, com resultados importantes para todo o sistema produtivo, desde o rastreamento de animais, passando pelo desenvolvimento de nanofármacos e pela detecção de características sensoriais até o processamento de alimentos.

Ainda com foco no mundo invisível a olho nu, confira, entre as páginas 32 e 41, por que a Embrapa mantém um acervo que abriga cerca de 58 mil linhagens de microrganismos. O uso de bactérias, fungos, leveduras com características de interesse tem permitido ganhos de produtividade, redução no uso de agrotóxicos, melhoria da qualidade de produtos, além da utilização em fármacos e muitas outras formas de aproveitamento que estão sendo descobertas.

Resultados como esses não são alcançados se não houver junção de esforços. Pesquisadores de várias instituições se unem e formam importantes comunidades de pesquisa como a Rede Nacional de Nanobiotecnologia, a Rede AgroNano, a Rede de Recursos Genéticos Microbianos e a Rede Brasileira de CRBs (Centros de Recursos Biológicos).

Entramos no universo do Controle Biológico de doenças, pragas e plantas daninhas para entender como a Ciência está trabalhando para tornar viável comercialmente o uso de biopes-

ticidas ou dos agentes de biocontrole. A seção Cenários mostra que o monitoramento das lavouras com utilização de robôs não é enredo de filme de ficção e que o Brasil possui pesquisas avançadas nessa área (páginas 28 a 31).

A Revista **XXI** *Ciência para a Vida* também foi procurar saber um pouco mais sobre o Manejo Integrado de Pragas, o MIP. Essa prática, apesar de conhecida do produtor e da extensão rural, é muitas vezes pouco aproveitada. Com o surto recente da lagarta *Helioverpa armigera*, a utilização do MIP vem se mostrando uma alternativa viável. Nesta edição ouvimos o pesquisador Daniel Sosa-Gomez, doutor em Ciências Biológicas, que nos conta sobre as mudanças positivas que o MIP pode viabilizar no campo e no modo de pensar e agir do produtor.

E não para por aqui. Na seção Vida de Laboratório você vai conhecer como foram os estudos no Laboratório de Bioquímica Molecular da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG) que levaram à descoberta de uma bactéria que tem se mostrado excelente no controle de doenças fúngicas do milho. Qual a importância dessa descoberta? Como foram os estudos de laboratório? Por que estudar fungos?

No mês de abril a Embrapa comemora seu 41º aniversário, reconhecida dentro e fora do Brasil. Isso só tem sido possível porque seus resultados têm impactado o País gerando emprego, renda e sustentabilidade. No entanto, fazer o conhecimento sair dos laboratórios e ser incorporado ao sistema produtivo não é uma tarefa simples. É o que trata o artigo de Waldyr Stumpf, ao discorrer sobre a Transferência de Tecnologia desde a criação da Empresa até os dias atuais.

Parabéns a todos que fazem da Embrapa o que ela é e uma ótima leitura para você!

— Os editores

03

CARTA AO LEITOR

06

NOTAS



08

ENTREVISTA



Daniel Sosa-Gomez avalia a adoção do MIP no Brasil e diz o que está sendo feito e o que deverá ser feito para que os produtores se beneficiem com essa prática.

12

ESPECIAL



Empregadas em diferentes tecnologias, as nanopartículas estão se consolidando nas ciências agrárias com vantagens desde o setor produtivo até o consumidor final.

Presidente
Maurício Lopes

Diretores-Executivos
Ladislau Martin Neto
Vania Castiglioni
Waldyr Stumpf

*Publicação de responsabilidade
da Secretaria de Comunicação
da Embrapa*

Chefe da Secretaria de Comunicação
Gilceana Galerani
**Coordenador de Comunicação
em Ciência e Tecnologia**
Jorge Duarte
Coordenador de Comunicação Digital
Daniel Medeiros
**Coordenadora de Comunicação
Institucional**
Tatiana Martins
**Coordenador de Comunicação
Mercadológica**
Robinson Cipriano

EXPEDIENTE

Editores
Marita Féres Cardillo
Rose Lane César
Gabriel Pupo Nogueira
Projeto Gráfico
André Scofano e Nayara Brito

Designers
Alexandre Esteves Neves,
Ana Elisa Sidrim, Bernardo
Bhering, Gabriel Pupo
Nogueira, Rafael Alves Da
Rocha e Vanessa Dall'Agnol

Foto da capa
Thinkstock/Embrapa

Revisão
Marcela Bravo Esteves

**CONSULTORES CIENTÍFICOS
PARA ESTA EDIÇÃO**

Alexandra de Sousa, Caue Ribeiro,
Clarissa Pires de Castro, Daniela
Lopes, Gildo Almeida da Silva,
Humberto Brandão, Itamar Soares
de Melo, Lícia Lundstedt, Myrian
Tigano, Rodrigo Mendes, Rogério
Biaggioni Lopes, Roseane Costa,
Rose Monnerat, Silvio Crestana,
Vera Castro e Wagner Bettiol

Impressão
Embrapa Informação Tecnológica
Tiragem
14.000 exemplares



Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Parque Estação Biológica s/nº
Edifício Sede 70.770-900, Brasília-DF
Fone: 61 3448 4834 | Fax: 61 3347 4860
sac@embrapa.br | www.embrapa.br

28

CENÁRIOS



Tecnologias inteligentes nos inserem em um mundo que, há pouco tempo, era pura ficção.

32

PESQUISA



Micros, mas com resultados gigantesco. Avanços nas pesquisas com microrganismos possibilitam a exploração de funções biológicas de interesse.

42

SUSTENTABILIDADE



O controle biológico de pragas e doenças firma-se como alternativa viável para a agricultura.

56

VIDA DE LABORATÓRIO



Bactéria estudada na Embrapa mostra-se eficiente no controle de doenças em milho e em sorgo.

58

ARTIGO

Waldyr Stumpf Jr. defende: "não há como entender de conhecimento sem entender de gente."

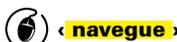
EMIÇÃO DESEQUILIBRADA

No Laboratório de Química Atmosférica do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), a química Luciana Vanni Gatti analisou amostras de ar da Floresta Amazônica, colhidas nos anos de 2010 e 2011. Ao analisar os índices de concentração de dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO), ela verificou que as medidas refletiam a resultante de todos os processos de emissão e absorção de CO e CO₂ que tinham ocorrido desde o Oceano Atlântico até os locais em que colheu as amostras. Com essas informações pôde-se medir a reação dos estoques de carbono da floresta à seca em diferentes áreas, concluindo que durante os períodos de seca a floresta pode estar liberando mais CO₂ para a atmosfera do que absorvendo. A constatação não é das melhores. Caso essa tendência se mantenha, a região pode se tornar uma fonte de emissão de CO₂, acelerando e intensificando o aquecimento global. •

— Fonte: Revista Fapesp



Foto: Daniel Medeiros/Embrapa



<http://bit.ly/emissao>

SANIDADE ANIMAL EM LABORATÓRIO DE ALTA SEGURANÇA

A Embrapa Suínos e Aves (Concórdia, SC) concluiu recentemente o seu Laboratório NB3 de alta segurança. A expectativa é que o laboratório apoie o desenvolvimento e validação de técnicas de diagnóstico, bem como o isolamento, caracterização, controle e prevenção de microrganismos infecciosos de interesse das cadeias suinícola e avícola. "Pesquisas com agentes causadores de doenças que exijam condições especiais de manipulação quanto ao nível de biossegurança são uma necessidade, porque fornecem informações científicas e oportunidades de desenvolvimento tecnológico que darão credibilidade quanto à condição sanitária do rebanho nacional no mercado", diz o chefe-geral da Embrapa Suínos e Aves, Dirceu Talamini. Veja matéria na próxima edição da revista **XXI Ciência para a Vida**. •

— Fonte: Embrapa Suínos e Aves



Foto: Jairo Badesi/Embrapa

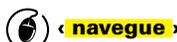


<http://bit.ly/sanidade>

SOB A PELE

Michel Strano, professor do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Estados Unidos, e a pesquisadora pós-doc Nicole Iverson criaram um novo sensor feito de nanotubos de carbono envolto em gel capaz de monitorar os níveis de óxido nítrico. O óxido nítrico (NO) é uma molécula que atua em muitos tecidos animais regulando processos fisiológicos como a coordenação das funções do sistema imunológico. Os níveis de NO sofrem variações em células cancerígenas e estão associados a processos inflamatórios. O sensor, construído em laboratório e apresentado na revista *Nature Nanotechnology*, foi aplicado no monitoramento do óxido nítrico em animais por mais de um ano. O dispositivo, projetado para ser injetado na corrente sanguínea ou implantado sob a pele, pode ser adaptado para detectar outras moléculas. A expectativa dos pesquisadores é que, no futuro, esses minúsculos dispositivos possam ser implantados sob a pele de pacientes portadores de diabetes, por exemplo, acionando uma bomba de insulina caso o açúcar no sangue atingisse dado nível. O monitoramento de doenças inflamatórias e câncer são outros exemplos de aplicação do sensor vislumbrados pelos cientistas. A pesquisa recebeu financiamento da empresa Sanofi-Aventis, dos Institutos Nacionais da Saúde (NIH) e da Fundação Nacional da Ciência (NSF). •

— Fonte: Revista Fapesp



<http://bit.ly/nanosobpele>

MUTAÇÕES BENÉFICAS

Uma das formas de aumentar a produção de etanol com o mesmo hectare de cana é criando novas linhagens e melhorando o desempenho produtivo da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, responsável por transformar o açúcar em álcool na etapa de fermentação. Na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), as pesquisas conduzidas pelo professor Anderson Cunha concentram-se em seis linhagens de leveduras, sendo duas termotolerantes, ou seja, resistentes a altas temperaturas nas dornas de fermentação e quatro linhagens resistentes ao próprio etanol, que durante o processo se torna tóxico para elas. •

— Fonte: Revista Fapesp



navegue

<http://bit.ly/mutacoesben>

BIOCOMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO

As discussões promovidas durante o Simpósio Nacional de Biocombustíveis de Aviação foram reunidas em anais publicados pela Embrapa Agroenergia (Brasília, DF), com apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal. Os capítulos foram escritos por profissionais de universidades, instituições de pesquisa, órgãos de governo, fabricantes de aeronaves e empresas nacionais e estrangeiras que estão investindo na produção de combustíveis de origem renovável para o setor aéreo. A substituição parcial do querosene por biocombustíveis é a principal estratégia do setor aéreo para reduzir as emissões de gás carbônico. O compromisso firmado pela Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) é chegar a 2050 com metade das emissões registradas em 2005. Muitos voos de teste ou demonstrativos já foram realizados, mas, para a entrada efetiva dos biocombustíveis para aviação no mercado, ainda há que se equacionar questões como disponibilidade de matérias-primas e custo do produto. Os interessados podem solicitar o livro gratuitamente ao Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC) da Embrapa Agroenergia (sac.cnpaembrapa.br). •

— Fonte: Embrapa Agroenergia



navegue

<http://bit.ly/cnpaembrapa>
<http://bit.ly/planodevoo>



Foto: Divulgação



Foto: Bernd H./Wikipedia

FLORA AMEAÇADA

O Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora), do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, lançou o Livro Vermelho da Flora do Brasil, de autoria dos botânicos Gustavo Martinelli e Miguel d'Ávila de Moraes. A publicação traz informações científicas atualizadas sobre as espécies ameaçadas que compõem a flora brasileira e foi elaborado a partir de uma metodologia internacional baseada nos critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, em inglês). Foram avaliadas 4.617 espécies, sendo que 2.118 (45,9%) foram classificadas como ameaçadas. Destas, 500 com risco mais alto de extinção. Os biomas mais ameaçados são Mata Atlântica e Cerrado. Amazônia vem em quinto lugar. Quanto às espécies, o grupo das samambaias, avencas e xaxins (pteridófitas), o das bromélias (Bromeliaceae) e o das orquídeas (Orchidaceae) estão entre os mais ameaçados, assim como o das margaridas e girassóis (Asteraceae). A expectativa é que até 2020 as informações sobre a avaliação de risco de cada uma das mais de 44 mil espécies vegetais já conhecidas que ocorrem em nosso território – 14% da flora do planeta – estejam completas. •

— Fonte: Ciência Hoje On-line, com base em texto de Henrique Kugler e Lucas Conrado



navegue

<http://bit.ly/ameacaatt>
<http://bit.ly/cncflora>



MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS: UMA FILOSOFIA

Por Cristiane Vasconcelos

Utilizado no Brasil desde o início da década de 1970, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é tecnologia conhecida do produtor e da extensão rural no País. Apesar disso, o pouco acesso a informações atualizadas e detalhadas sobre sua adoção e a pressa em resolver problemas que causam danos econômicos fazem com que a tecnologia não seja aproveitada em todo o seu potencial nas lavouras brasileiras. Com o surto recente da lagarta *Helicoverpa armigera*, que já provocou prejuízos de bilhões nas duas últimas safras, a utilização do MIP vem se mostrando uma alternativa viável para a solução do problema e, principalmente, para a convivência com a praga. Em entrevista com o pesquisador da Embrapa Soja Daniel Sosa-Gomez, doutor em Ciências Biológicas, buscamos mais informações sobre o que o Manejo Integrado de Pragas preconiza e as mudanças positivas que essa verdadeira “filosofia”, como ele mesmo define, pode viabilizar no campo e no modo de pensar e agir do produtor.

XXI - Em que consiste o Manejo Integrado de Pragas?

Daniel Sosa-Gomez - O Manejo Integrado de Pragas é uma filosofia. Consiste em utilizar todas as técnicas disponíveis para controlar uma praga de maneira harmônica, de modo que nenhuma delas (controle químico, biológico, cultural) interfira na outra. Elas têm que se complementar. Por exemplo, se utilizamos um inseticida, é importante que o produto tenha determinadas características que mantenham os inimigos naturais de modo a que a ação destes seja complementar à do produto. Esse é o enfoque do MIP: o uso harmonioso de técnicas de controle.

XXI - Desde quando a tecnologia é adotada no País?

Daniel Sosa-Gomez - O MIP é utilizado no Brasil desde o final da década de 1970, quando houve uma redução no uso de inseticidas. Foi baseado principalmente na utilização de métodos de amostragem para decidir o momento de controle. É uma forma de evitar o uso desnecessário do inseticida, aplicando-o somente no momento certo, quando há intensidade da praga constatada. No Paraná, por exemplo, estava ocorrendo isso com a *Helicoverpa armigera*. Como muita gente estava preocupada com a lagarta, em diversos locais foram feitas aplicações de produtos desnecessariamente, sem um levantamento apropriado da praga. Muitas vezes a lagarta não estava presente na área e ainda assim eram feitas aplicações.

XXI - Qual a recomendação para a implantação do MIP?

Daniel Sosa-Gomez - O mais importante é realizar o monitoramento,

a partir da amostragem das pragas. O produtor tem que estar atento ao problema, mas não pode se antecipar a ele. É recomendável utilizar o pano de batida, verificar quais os danos causados pelas pragas na área e, com base nisso, definir as medidas de controle a serem adotadas. É importante também utilizar um inseticida seletivo, que não afete os inimigos naturais. Quanto mais seletivo for o produto, melhor, pois ele vai controlar a praga sem provocar o surgimento de populações resistentes. Por exemplo, se o produtor faz uso de um organofosforado (inseticida) para combater percevejos na cultura da soja logo no início da safra, ele já estaria contribuindo para a criação de uma seleção de populações resistentes nessa lavoura, visto que o produto não é seletivo. A recomendação do MIP é que o produtor, caso precise usar esse produto, só o utilize no final da safra. Se ele utiliza o produto no início com intuito de controlar uma lagarta, ele inviabiliza o controle do percevejo no final.

XXI - As recomendações do MIP mudam de acordo com a cultura?

Daniel Sosa-Gomez - Mudam com cada cultura e com cada região. Um projeto de pesquisa da Embrapa Soja realizou um levantamento sobre a suscetibilidade de pragas a inseticidas. Mapeamos diferentes locais e percebemos que em alguns deles, algumas pragas têm tolerância mais alta a alguns produtos do que a outros. Isso mostra que a mesma dose de um produto não vai funcionar da mesma forma em todo o local porque o modo de ação vai depender muito do histórico da área. Se o produto também for utilizado com

muita frequência, é provável que já tenham se formado populações resistentes. Isso aconteceu com a lagarta “falsa-medideira”, que é um problema na soja desde o início da década de 2000, por apresentar muitas populações resistentes. Antes ela não era problema, mas passou a ser. A lagarta apresenta diferença de suscetibilidade aos produtos dependendo do local. Em determinadas regiões ela suporta doses mais altas de inseticidas do que em outras.

XXI - Com a evolução da tecnologia do MIP, o novo conceito de paisagem territorial vem sendo utilizado. O que isso significa?

Daniel Sosa-Gomez - Normalmente, quando se adota uma medida de controle, tem que ser considerado todo o entorno. Não se pode considerar só a cultura que está sendo plantada naquele momento, é preciso pensar nas culturas que irão suceder aquela na qual o tratamento está sendo feito. Falar em paisagem territorial implica fazer uma análise em conjunto. Tomar cuidado para não aplicar os mesmos produtos que foram aplicados na safra imediatamente anterior é um exemplo. Tem que ser feita uma alternância para evitar que haja uma seleção de populações resistentes. O produtor precisa saber o histórico de aplicação na área nas culturas anteriores e o que deve ser utilizado na próxima safra, na cultura que sucederá a atual. É preciso conhecer as pragas, saber os produtos recomendados para cada cultura e tentar sempre fazer a alternância de produtos com modos de ação diferentes. »

XXI - Essa preocupação com a paisagem territorial se estende às propriedades vizinhas?

Daniel Sosa-Gomez - Sim. Por isso é importante que haja uma ação coordenada entre os produtores porque, quando falamos de entorno, estamos nos referindo à área em geral, não só sobre uma propriedade, pois os problemas geralmente acontecem por região. No caso da *Helicoverpa*, tivemos um problema mais sério no oeste da Bahia porque lá a lagarta encontrou condições mais apropriadas para se desenvolver. Já no Paraná, o problema não é tão sério no momento, pois o estado não tem as mesmas condições para que a lagarta progrida tão rápido como na Bahia. Por isso o manejo tem de ser regional, considerando características de cada local.

XXI - Você avalia que a falta de informação é uma das principais dificuldades para adoção do MIP?

Daniel Sosa-Gomez - Talvez esse seja um dos problemas mais sérios, manter o agricultor informado. Por isso o trabalho de extensão é muito importante para o MIP, visto que o universo de agricultores é muito grande e é difícil fazer com que a informação chegue a todos. O produtor pode poupar muito dinheiro, caso receba a informação apropriada para adotar o MIP. Normalmente, o produtor que não tem assessoramento aplica duas ou três vezes mais produtos do que o produtor que tem um acompanhamento pelo órgão de extensão. Todo mundo tem condições de implantar o MIP.

XXI - Com os problemas recentes causados pela *Helicoverpa*, o



"O produtor pode poupar muito dinheiro, caso receba a informação apropriada para adotar o MIP."

produtor teve pressa em eliminar a praga, principalmente com uso de controle químico. Em quanto tempo é possível perceber os resultados positivos com a adoção do MIP?

Daniel Sosa-Gomez - Os resultados do MIP podem aparecer a curto, médio e longo prazo. Numa mesma safra, se você não aplica o MIP no início, você pode ter problemas maiores no final. Por exemplo, não utilizando o MIP e aplicando, no início da safra, um inseticida de amplo alcance, que elimina os inimigos naturais, a probabilidade de que você tenha que fazer novas aplicações é maior. Então, adotando o MIP de forma correta desde o início, os efeitos positivos podem ser percebidos ainda na mesma safra, a curto prazo.

XXI - Já falamos sobre algumas orientações para o controle químico. E em relação ao controle biológico, quais as recomendações do MIP?

Daniel Sosa-Gomez - No caso da *Helicoverpa armigera*, aqui no Paraná, existem muitos inimigos naturais. Estamos fazendo um levantamento e já identificamos moscas da família Tachinidae, parasitoides, vespíngas, fungos e vírus que atacam a *Helicoverpa*. Também identificamos nematoides que atacavam só insetos e que foram encontrados atacando a lagarta. Por isso a recomendação é ter atenção quanto ao produto químico utilizado, para que a aplicação dele seja feita de forma adequada de modo a não eliminar esses inimigos naturais que estão no ambiente, o que favoreceria a ocorrência da praga.

XXI - Como está o andamento das pesquisas com o MIP?

Daniel Sosa-Gomez - É preciso um

trabalho de pesquisa constante nesse tema. Na Embrapa Soja há uma linha de pesquisa (liderada pelo pesquisador Adeney de Freitas Bueno) que trabalha o impacto dos inseticidas e fungicidas nos inimigos naturais. Nós temos essa informação, mas estamos continuamente desenvolvendo-a em diferentes trabalhos como na pesquisa sobre o efeito de fungicidas em fungos que atacam as lagartas. A pesquisa sempre será necessária para entender melhor como funciona esse sistema que é muito complexo.

XXI - Já existem pesquisas que relacionam a adoção do MIP com o controle da *Helicoverpa*?

Daniel Sosa-Gomez - Estão sendo implementados vários projetos na programação de pesquisa da Embrapa. Provavelmente, nesta safra, vai ser gerada muita informação sobre o controle da lagarta, pois ainda existe muito desconhecimento sobre quais os produtos que controlam da melhor maneira e em que doses, além de conhecer melhor a ação dos produtos regionalmente.

XXI - Podemos citar resultados bem-sucedidos com a adoção do MIP?

Daniel Sosa-Gomez - Alguns projetos de pesquisa tiveram muito sucesso em anos anteriores, como o de controle de percevejos pela utilização de vespíngas, quando o percevejo-verde foi um problema importante. Outro projeto de muito sucesso foi o uso de um vírus para o controle da lagarta-da-soja.

XXI - Existem diferenças no custo de implantação do MIP que justificariam optar só pelo controle químico?



"Temos muita gente capacitada e o País desenvolve conhecimento muito útil para aplicação do MIP. Isso não acontece em outros países."

Daniel Sosa-Gomez - É difícil dizer o custo real no Brasil dessa implantação, mas o que fica claro é que o MIP sempre representa o menor custo para o agricultor. Isso porque o Manejo Integrado de Pragas inclui a utilização de inseticidas no momento correto e, sem esse Manejo, o produtor vai utilizar o produto em momento inadequado e terá que repetir a aplicação mais vezes.

XXI - Existem muitas diferenças entre o MIP adotado no Brasil e em outros países?

Daniel Sosa-Gomez - Acredito que o Brasil está numa situação bem favorável. Temos muita gente capacitada e o País desenvolve conhecimento muito útil para aplicação do MIP. Isso não acontece em outros países. O Brasil também utiliza um fungo para controle de cigarrinhas e esse é também um programa de grande envergadura comparado a outros países. O que precisamos talvez é aperfeiçoar mais esses conhecimentos e subsidiar mais o agricultor com informações para que ele tome a decisão correta. O Brasil teve exemplos de utilização de controle biológico em grandes áreas e tem interesse pelo desenvolvimento de vírus, de fungos e produção de vespíngas para o controle de pragas. Estamos no caminho, mas a gente tem que insistir. •



navegue

Alerta *Helicoverpa*

<http://www.embrapa.br/alerta-helicoverpa>

Helicoverpa armigera: ações de prevenção e manejo

<http://bit.ly/helicoverpaarmigera>

NANOTECNOLOGIA

NO MUNDO DAS MOLÉCULAS

Na Grécia antiga, no século V a.C., Leucipo e seu discípulo Demócrito desenvolveram a teoria dos átomos. Desde aquela época, foram realizados inúmeros estudos que tornaram possível não só conhecer a estrutura dos átomos, mas também manipulá-los para obter materiais em escala nanométrica, com utilização em diferentes áreas do conhecimento. Na agropecuária os nanomateriais podem servir de sensores para solo, água e vegetais, ser carreadores inteligentes de medicamentos e de nutrientes para animais, fazer a liberação controlada de fertilizantes e pesticidas, realizar limpeza ambiental, formar películas comestíveis para alimentos, entre muitas outras aplicações.

A ESCALA NANOMÉTRICA

A cabeça de um alfinete mede 1 milímetro



Pólen da artemísia mede 20 micrômetros



Uma hemácia mede 2,5 micrômetros



Nanotubo de carbono mede 2 nanômetros



Texto: Fábio Reynol

| colaboração de Verônica Freire

Arte: Gabriel Pupo Nogueira

Nano é uma escala. Divida um milímetro em mil partes iguais. Cada divisão será um micrômetro. Agora pegue um micrômetro e divida por mil. Você chegou ao nanômetro, um milímetro dividido por um milhão, ou um bilionésimo de metro. Quer uma analogia para ter noção das proporções? “Imagine uma praia que vai de Salvador, na Bahia, até Natal, no Rio Grande do Norte, e pegue um grão de areia. As dimensões do grão estão para o comprimento dessa praia, como o nanômetro está para o metro”, escreveu o físico Cylon Gonçalves da Silva, professor emérito da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

O nanômetro, em suma, é muito pequeno. Nessas dimensões, as leis da física são bem diferentes daquelas a que estamos acostumados em nosso cotidiano. Estamos falando do mundo das moléculas que nada mais são que átomos fortemente ligados entre si. Trabalhar com essas partículas é realizar uma engenharia com os tijolos básicos da matéria. Isso foi vislumbrado por um dos mais importantes físicos do século XX, o norte-ameri-

cano Richard Feynman. Em 1959, durante uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), ele sugeriu que, num futuro próximo, engenheiros poderiam manipular átomos e montar novos compostos. Com o avanço do ferramental apropriado, a previsão de Feynman ganhou corpo e atualmente atende pelo nome de nanotecnologia, palavra originada do radical “nano”, anão em grego.

Hoje, muito da tecnologia que nos cerca, do nosso celular aos leitores de DVDs, passando pelas baterias que os alimentam e pelas telas finas de inúmeros aparelhos, contém materiais montados camada atômica sobre camada atômica. Eles são a prova de que Feynman tinha razão, era só uma questão de conhecimento e tecnologia para torná-los realidade. Não por acaso, os países mais ricos do mundo investem bilhões de dólares anualmente nas pesquisas dos “tijolos” dimensionados entre um e 100 nanômetros. Considerada uma área altamente promissora, a nanotecnologia tem modificado profundamente diferentes ramos do conhecimento. As ciências agrárias não são exceção.

GLOSSÁRIO

Adsorção – adesão de um fluido a uma superfície sólida.

Alginato – os alginatos são polissacarídeos (açúcares de alto peso molecular) presentes na parede celular de algumas algas marinhas pardas, com função estrutural. Os alginatos têm dois tipos de monômeros (unidades estruturais): o ácido manurônico e o ácido gulurônico.

Biopolímeros – polímeros produzidos por seres vivos.

Carrear – transportar, levar.

Dioxinas – termo usado para se referir a vários compostos orgânicos tóxicos produzidos pela incineração (queima) de produtos químicos clorados, especialmente o PVC (cloreto de polivinila, o polímero usado para fabricação da maioria dos filmes esticáveis usados para cobrir alimentos).

Farmacocinética – caminho que um medicamento percorre no organismo.

Geosmina – molécula responsável pelo aroma característico de terra, assim como o metilisoborneol.

Metilisoborneol – molécula responsável pelo aroma característico de terra, assim como a geosmina.

Nanocápsulas – cápsulas medidas em nanômetros. Um nanômetro é um milímetro dividido por um milhão.

Nanofármacos – medicamentos envoltos em cápsulas nanométricas.

Nanomateriais – materiais construídos com partículas em escala nanométrica.

Quitosana – substância extraída da casca de crustáceos como o camarão.

Foto: Thinkstock/Embrapa

NANORREVOLUÇÃO NO CAMPO

Graças ao advento de novas ferramentas, como a microscopia de força atômica, as investigações científicas puderam se expandir a partir das décadas de 1970 e 1980. A pesquisa brasileira em nanotecnologia começou a se intensificar no fim da década de 1990. Em 2002, o Núcleo de Estudos Estratégicos da Presidência da República publicou um estudo ressaltando a relevância da área para o País e os esforços resultaram na criação da Rede Nacional de Nanobiotecnologia, em 2003, com a participação de várias instituições, entre elas a Embrapa.

Um dos maiores feitos da época foi o desenvolvimento de um sensor para avaliar o sabor de bebidas como café, vinho e leite. Batizado convenientemente de “Língua Eletrônica”, o aparelho é capaz de detectar características sensoriais desses produtos como amargor, doçura e azedume. Ao apresentar sensibilidade maior que uma língua humana, a língua nanotecnológica demonstrou um potencial fabuloso para a indústria alimentícia. O produto, desenvolvido sob a coordenação da Embrapa Instrumentação (São Carlos, SP), ganhou repercussão na mídia internacional, como a revista científica *Nature*, e mostrou como a nanotecnologia poderia ampliar horizontes de aplicação. O desenvolvimento da língua eletrônica foi uma grande escola para os pesquisadores e ampliou o know-how nacional do setor.

Em 2006, buscou-se integrar os desenvolvimentos existentes em nanotecnologia e associá-los às necessidades do agronegócio. Nascia a Rede AgroNano, um projeto no âmbito da carteira Macroprograma 1 da Embrapa, a qual engloba grandes desafios nacionais. A primeira fase da Rede promoveu uma enorme articulação multidisciplinar e foi até 2010. Atualmente em sua segunda fase, a AgroNano já soma mais de 400 publicações de seus 150 pesquisadores sendo 70 da Embrapa e 80 de instituições parceiras de todo o País.

Na primeira fase da Rede, também houve a ampliação do número de especialistas, em 2006 foram abertas 13 vagas para pesquisadores em nanotecnologia na Embrapa. “Eles se tornariam os primeiros usuários do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA)”, conta o engenheiro de materiais Caue Ribeiro, pesquisador da Embrapa Instrumentação e atual coordena-

nador da Rede AgroNano. Inaugurado em 2009, o LNNA (veja matéria na página 24) integra o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO), que recebe investimentos prioritários do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

“Em cada projeto componente (PC) da Rede AgroNano, foi colocado um pesquisador da Embrapa Instrumentação. Com isso garantimos agilidade de acesso ao LNNA a todos os participantes que necessitarem de seus recursos”, explica Ribeiro, ressaltando que um dos grandes méritos da rede é descentralizar a pesquisa em nanotecnologia promovendo o desenvolvimento desses estudos em outros centros. “Temos uma forte equipe desenvolvendo nanofármacos na Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, MG) em parceria com as Universidades Federais de Ouro Preto, Juiz de Fora e do Pará, e a equipe da Embrapa Pantanal (Corumbá, MS) tem se destacado na prospecção de nanofibras, só para citar alguns exemplos”, orgulha-se o pesquisador.

Na área de processamento de alimentos, os nanomateriais podem ser empregados como indicadores de qualidade de produtos. Como saber se um corte de carne foi descongelado e recongelado durante o transporte ou armazenamento? “Um selo na embalagem que altere a cor de forma permanente quando a cadeia do frio for quebrada pode ser desenvolvido com nanomateriais”, sugere a bióloga Lícia Lundstedt, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura (Palmas, TO) e participante da Rede AgroNano.

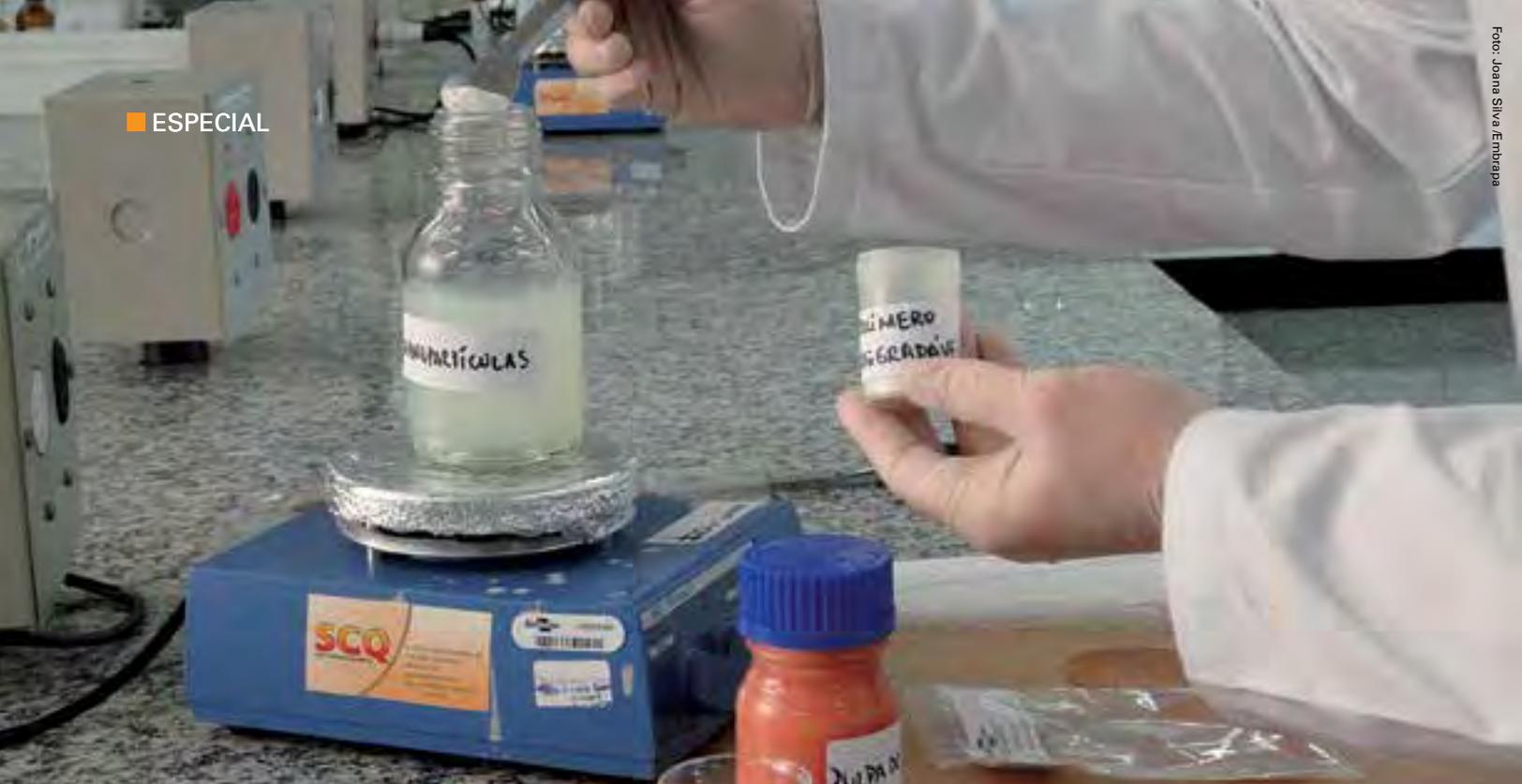
O mesmo princípio pode ser empregado para a detecção de características sensoriais indesejáveis nos alimentos, como o gosto de terra nos peixes ou o sabor metálico em determinadas bebidas. Esses aspectos negativos de sabor são chamados tecnicamente de *off-flavor* e são provocados por moléculas conhecidas. O gosto de barro encontrado em alguns peixes de água doce é um efeito sensorial da metil-soborneol (MIB) e da geosmina. Um sensor específico para detectar essas moléculas poderia informar o piscicultor se seu produto está pronto ou não para o abate. “Caso essas moléculas fossem encontradas no peixe, o produtor pode deixá-lo em jejum em água limpa até o sensor apontar sua ausência”, explica Lícia. Basta dizer que hoje, se o produtor quiser saber se seu lote tem gosto de barro, terá de retirar alguns exemplares, abatê-los e experimentá-los. Esse sensor hoje já está em desenvolvimento na Rede AgroNano, baseado na mesma “Língua Eletrônica”, num projeto em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Seus resultados já têm moti-

vado o uso pioneiro no monitoramento da água de abastecimento residencial.

A identificação e o rastreamento de animais é outra promessa da nanotecnologia que tem recebido investimentos de vários países. A identificação por radiofrequência (Rfid) é feita por meio de um chip com um radiocircuito que incorpora um componente em nanoescala, o qual carrega um código de identificação. Ele pode ser lido à distância, o que permite o monitoramento de cada indivíduo, de toda a criação e depois o rastreamento da carne até o consumidor final.

Off-flavor: nanomateriais poderão ser empregados para detectar características sensoriais indesejáveis nos alimentos, como o gosto de terra nos peixes.





NANOFÁRMACOS

CÁPSULAS QUE APRIMORAM MEDICAMENTOS

Provocada por bactérias, a mastite bovina é uma doença de difícil controle e causa enormes prejuízos para a pecuária leiteira. A vaca enferma tem que ser medicada com antibióticos e durante o tratamento todo o seu leite é descartado por conter resíduos do medicamento. Uma solução criativa para o problema veio da nanotecnologia.

Em vez de administrar o antibiótico de maneira convencional, a equipe de Saúde Animal da Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, MG), em conjunto com pesquisadores da Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop), encapsulou o agente antimicrobiano em partículas nanométricas aumentando a sua eficiência. O princípio da solução é simples. A área afetada por uma infecção apresenta mais células de defesa, como por exemplo os polimorfos nucleares (PMN). Com capacidade fagocitária, essas células absorvem o agente invasor após um “abraço”

que o envolve completamente, num processo conhecido como fagocitose.

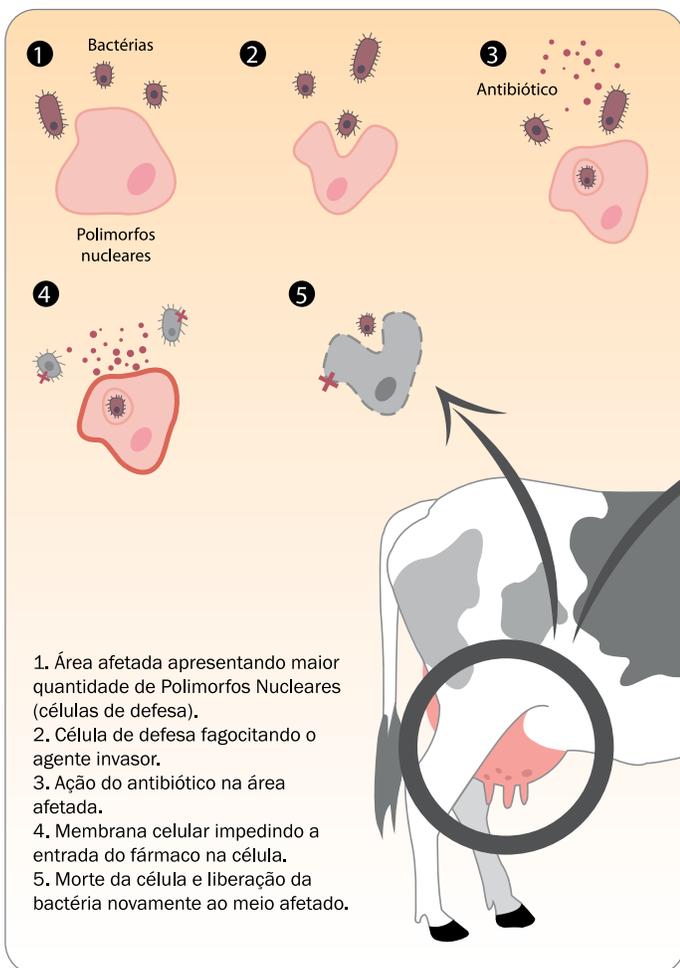
Com a medicação convencional, as células fagocitárias muitas vezes acabam protegendo a bactéria da ação dos antibióticos. Isso ocorre porque muitas estirpes de bactérias conseguem sobreviver no interior das células de defesa e, quando estas morrem, liberam o invasor que volta a infectar outras células. É comum vacas que apresentam novamente quadro de mastite alguns dias após o término do tratamento. “Por isso, vemos reincidência constante de mastite no mesmo animal após o tratamento. Frequentemente são as células de defesa que morreram e liberaram as bactérias fagocitadas”, detalha o veterinário Humberto de Mello Brandão, pesquisador da Embrapa de Juiz de Fora.

Dentro da nanocápsula o antibiótico não é percebido pelo organismo como mais um químico a ser metabo-

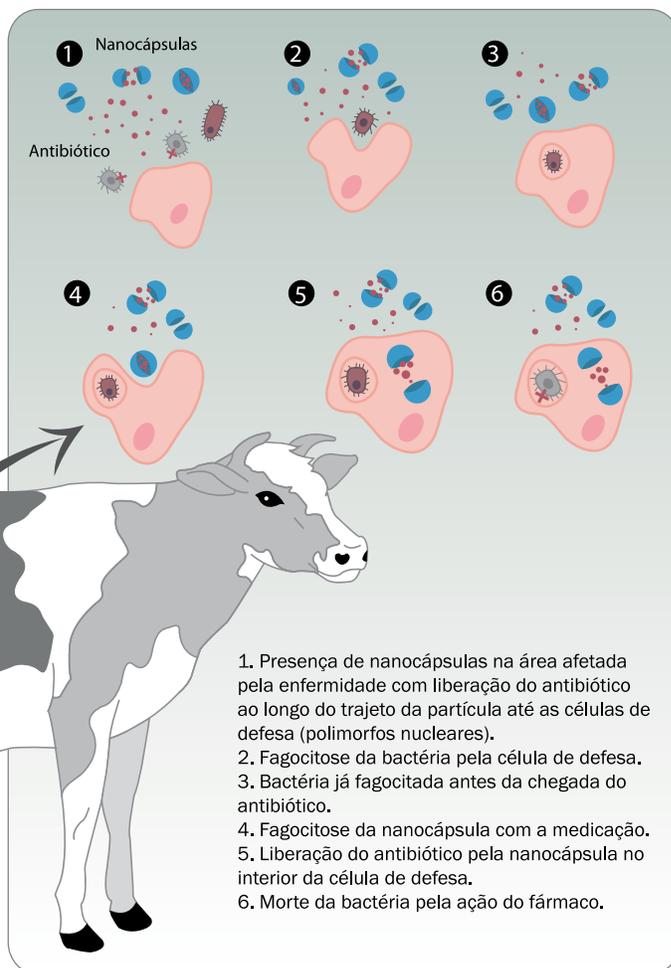
lizado, mas como um corpo estranho a ser também fagocitado. Uma vez dentro da célula de defesa, o antibiótico é liberado e atinge também as bactérias já fagocitadas. Na administração de drogas convencionais, a membrana celular funciona como uma barreira biológica que impede a entrada do fármaco na célula. Já a nanopartícula vai liberando gradualmente o antibiótico ao longo de seu trajeto pelo organismo, atingindo as bactérias em todos os compartimentos biológicos.

“O medicamento nanoencapsulado combate os invasores intra e extracelulares, assim a eficácia terapêutica tende a ser maior”, comenta Brandão explicando que com o direcionamento do medicamento consegue-se impedir que a bactéria fique exposta a subdosagens, o que previne a seleção de bactérias resistentes aos antibióticos, um dos maiores problemas da medicina contemporânea.

Método Convencional



Método Utilizando Nanotecnologia



Infográfico: Mariana Brito de Almeida

A mesma formulação farmacêutica também está sendo testada no tratamento da mastite em ovelhas. As pesquisas são conduzidas por Luiz Zafalon e Raul Santana, pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos (SP).

Além da mastite, o grupo aposta em nanopartículas para o tratamento da ceratoconjuntivite bovina. Provocada pela bactéria *Moraxella bovis*, que gera lesões no olho, essa enfermidade pode levar à cegueira permanente do animal. O tratamento indicado convencionalmente é a aplicação de antibiótico tópico, o qual, se bem administrado, minimiza o descarte do leite. Porém, um dos sintomas da doença é o lacrimejamento intenso, o que acelera a remoção do medicamento. Já as nanopartículas são projetadas para aderir ao muco e liberar o antibiótico gradativamente, mantendo os níveis constantes do fármaco no local da infecção.

“Além de melhorar os índices de cura, as nanopartículas mucoadesivas reduziram a mão de obra antes necessária para se fazer várias aplicações durante o dia”, conta Humberto Brandão. Em dezembro encerrou-se um ensaio clínico com

NANORREMEDIAÇÃO

Diversos nanoprodutos podem ser aplicados para remover contaminantes da água. Pós nanométricos de ferro são uma ferramenta eficaz para eliminar contaminantes como tricloroetano, tetracloreto de carbono e dioxinas, decompondo-os em moléculas mais simples e bem menos tóxicas.

O encapsulamento nanométrico de nutrientes protege-os do meio e do sistema digestivo do animal, aperfeiçoando a nutrição animal. “Com peixes, na ração convencional, vitaminas e outros nutrientes hidrossolúveis vão se perdendo na água, as nanocápsulas os protege do meio até serem absorvidos pelo animal”, diz Lícia Lundstedt, pesquisadora da Embrapa. Para administrar medicamentos, as vantagens são parecidas.



Nanoprópolis: antibiótico natural ganha versão nanométrica, muito mais ativa e potente que a própolis convencional.

mais de 70 animais para comparar a formulação convencional com a nanoestruturada. “Os resultados estão sendo analisados, mas são bastante promissores”, comenta.

A nanofarmacologia também tem desenvolvido produtos orgânicos. Foi assim que a própolis, um antibiótico natural, ganhou uma versão nanométrica. Quanto menor, mais ativa ela será, por isso a nanoprópolis é muito mais ativa e potente que sua similar convencional comparando-se a mesma quantidade de massa das duas versões. Desenvolvida pela Embrapa em parceria com a Universidade Federal de Juiz de Fora, essa tecnologia conquistou o terceiro lugar na edição de 2012 da competição mundial Idea to Product, realizada em Estocolmo, na Suécia.

Atualmente, o professor Helio Langoni, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, tem coordenado

estudos para testar a nanoprópolis no tratamento da mastite bovina. A pesquisa compõe o trabalho de pós-doutorado da médica veterinária Marcella Zampoli Troncarelli e é apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

A nanoprópolis também já foi aplicada com sucesso como colírio para conter um surto de conjuntivite que acometeu animais de um dos sistemas de produção de leite da Embrapa em Juiz de Fora. “Em sua apresentação convencional, a própolis jamais poderia ser aplicada como colírio, pois os seus extratos contêm álcool”, explica o pesquisador.

Um dos mais recentes trabalhos da equipe de Brandão é o desenvolvimento de vacinas veterinárias utilizando nanotecnologia. Em um projeto desenvolvido em parceria entre a Embrapa e a empresa Microvet, de Viçosa (MG), os pesquisadores pretendem aprimorar a apresentação do antígeno vacinal às

células de defesa, e assim melhorar a resposta imunológica do organismo. “Acreditamos que é possível promover uma resposta imune mais eficiente, deixando os animais mais resistentes às doenças”, explica o pesquisador.

REMÉDIOS NA ÁGUA

As nanopartículas também têm apresentado potencial para carrear medicamentos em meio aquático para o tratamento de peixes criados em viveiro, por exemplo. Foi o que descobriu a equipe da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém (PA) que testou a absorção de nanocápsulas em tambaquis (*Colossoma macropomum*), espécie nativa da região Amazônica.

A pesquisa, realizada em parceria com a equipe da professora Roseane Costa, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Pará (UFPA), consistiu em aplicar na água nanocápsulas recheadas com um marcador fluorescente, a fluoresceína. Os peixes foram colocados em caixas e submetidos a tempos diferentes de expo-



Piscicultura: a utilização de nanopartículas facilitará o tratamento de peixes criados em cativeiro, como o tambaqui.

sição ao produto, 30, 60 e 90 minutos. Depois, os animais eram examinados para avaliar em quais órgãos e tecidos o produto havia se aderido.

“Detectamos a presença do marcador nas brânquias, na pele, no estômago e no intestino dos animais, o que indica uma excelente interação com essas regiões do animal”, argumenta a bióloga Alexandra Regina Bentes de Sousa, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental. Ela explica que as partículas testadas são indicadas para carrear medicamentos especialmente para essas áreas do corpo do peixe.

Em relação ao tempo de exposição, os indivíduos que ficaram 90 minutos expostos ao produto apresentaram maior concentração do marcador no intestino e estômago. O resultado demonstra que o tempo maior de exposição é indicado para medicamentos voltados ao sistema digestivo, de acordo com a pesquisadora. Já a aderência nas brânquias e na pele não foi muito alterada pelo tempo de expo-

sição, o que permite inferir que medicamentos que precisam agir nessas regiões podem ser administrados em tempos menores.

“Como a pesquisa foi desenvolvida no âmbito de uma dissertação de mestrado, não tivemos tempo suficiente para fazer testes com fármacos encapsulados, o que esperamos fazer em pesquisas futuras”, esclarece Alexandra. A pesquisa compôs a dissertação “Nanopartículas de quitosana para aplicação em sanidade de tambaquis amazônicos”, apresentada pela estudante Ana Carolina Costa, em 2013.

Uma considerável vantagem da nanotecnologia é facilitar o tratamento veterinário. É o que acredita a professora Roseane Costa, da UFPA. “É sempre complicado administrar medicamentos em animais. Como as nanocápsulas podem ficar liberando o fármaco por um tempo maior, elas permitem que anti-inflamatórios, por exemplo, possam ser administrados em dose única em vez de aplicações

a cada hora como de praxe”, compara a professora que acrescenta que cada aplicação provoca estresse no animal.

No caso de peixes, há sempre a preocupação de contaminação da água e a nanotecnologia também tem conseguido responder a esse desafio. Os medicamentos nanoencapsulados promovem menor dispersão do produto no ambiente. Isso ocorre porque as cápsulas envolvem o fármaco até a ingestão do peixe, ou a sua adsorção às mucosas, evitando assim a dispersão na água, diferente do que acontece com as aplicações convencionais de medicamentos em meio aquoso. Além disso, as cápsulas em si são biodegradáveis e não são tóxicas ao ambiente. “Resta avaliar a possível contaminação ambiental provocada pelo fármaco e sua interação com a nanocápsula, o que precisa ser observado em estudos específicos de ecotoxicologia” (confira na página 21), conclui a pesquisadora.

As perspectivas de utilização da nanotecnologia na piscicultura vão



Nanomedicamentos: interação da ciência com a indústria farmacêutico-veterinária busca disponibilizar ao pecuarista brasileiro medicamentos de última geração.

Foto: Alcides Okubo/Embrapa

além da área da sanidade. “Poderíamos testar, por exemplo, a aplicação de indutores hormonais por meio das nanocápsulas ou mesmo componentes nutricionais específicos poderiam ser administrados com essa tecnologia”, aventa a especialista. Os indutores hormonais são utilizados para estimular a produção de gametas nos peixes favorecendo a reprodução.

Para a indústria farmacêutica, a nanotecnologia tornou-se uma alternativa promissora e viável para desenvolver medicamentos mais eficazes. Criar novas moléculas exige um investimento alto em comparação à aplicação da nanotecnologia em moléculas já existentes. Além disso, os nanofármacos estão promovendo o desenvolvimento da chamada terapêutica de precisão, que nada mais é do que administrar doses medicamentosas na quantidade exata da necessidade de cada organismo ou tecido doente.

Para isso, as cápsulas são endereçadas à área afetada por meio de direcionamento químico ou trabalhando o seu formato para que se encaixe em determinadas células. De quebra, as nanocápsulas podem proteger o medicamento das enzimas do sistema digestivo que degradam o antibiótico antes de ele chegar à área afetada. Por tudo isso, a nanociência tem revolucionado a farmacologia. “De uma forma geral, as nanoestruturas conseguem modificar a farmacocinética das drogas convencionais, que é o caminho percorrido pela substância terapêutica até atingir seu alvo”, comenta Humberto Brandão, da Embrapa.

Ele informa que hoje existem cerca de 2.600 produtos veterinários registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), dos quais é possível que nenhum contenha nanotecnologia. Ele lembra ainda que, para registrar qualquer medicamento, seja ele nanotecnológico ou não, durante a fase de desenvolvimento é necessário fazer ensaios de farmacocinética. De olho nessa lacuna científica, a equipe de saúde animal da Embrapa Gado de Leite tem se organizado para construir uma plataforma tecnológica com esse objetivo, de modo a aumentar a interação com a indústria farmacêutico-veterinária e, assim, disponibilizar ao pecuarista brasileiro medicamentos de última geração.

NANOECOTOXICOLOGIA

OS IMPACTOS VINDOS DO NANOMUNDO

Avaliar os impactos da nanotecnologia no meio ambiente pode ser tão desafiador quanto a própria criação dos nanomateriais. Quando se trabalha em escala tão miúda, abre-se frente para um enorme leque de interações de nível molecular mais sutis e profundas que as provocadas pelos efluentes convencionais em escala macro. Isso quer dizer que o impacto de se descartar um elemento nanoestruturado é bem diferente de se jogar fora esse mesmo produto em tamanho convencional.

O nanomaterial pode se recombinar com uma infinidade de elementos presentes no meio e formar novas moléculas com potencial, ou não, de toxicidade. A complexidade dessas interações é enorme e ampliada pelas variações que os nanomateriais apresentam: tamanho, área de superfície, pureza, forma cristalina, características de superfície, reatividade química e outras propriedades.

Isso significa que não somente o conteúdo que elas carregam pode impactar no ambiente, mas o próprio nanomaterial é um potencial fator de risco. Portanto, cada tipo de material nanométrico deve ser alvo de estudos específicos de ecotoxicidade. “O detalhamento para cada teste ou grupo de testes requer modificações e validações para tratar adequadamente cada nanomaterial”, acrescenta a pesquisadora Vera Scherholz Salgado de Castro, responsável pelo Laboratório de Ecotoxicologia e Biossegurança da Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP) que tem testado nanomateriais. Ela explica que não há como lançar mão de uma

pesquisa única e extrapolá-la para todas as nanopartículas, pois cada uma apresenta características próprias e, portanto, comportamento e interações peculiares a serem investigadas.

“Há muitos parâmetros a serem estudados para uma melhor formulação de protocolos de segurança a fim de auxiliar os legisladores no processo de regulamentação e avaliação de risco de uso e liberação destes nanoproductos”, observa a pesquisadora, esclarecendo que os fatores e processos que afetam a ecotoxicidade dos nanomateriais manufaturados são complexos e o conhecimento sobre os riscos ambientais e à saúde humana ainda é limitado.

NOVA ÁREA

As investigações sobre os efeitos adversos que os nanomateriais podem causar levaram à criação de uma nova área de pesquisa, a nanoecotoxicologia que, de acordo com a pesquisadora, progrediu consideravelmente nos últimos anos, mas ainda tem uma longa jornada para compreender todos os fatores envolvidos na infinidade de efeitos produzidos pelas diferentes nanopartículas.

Para avaliar o risco de efeitos adversos ainda entra na equação outro fator, o potencial de exposição. Em termos resumidos, o perigo envolvido é o produto do efeito adverso pelo potencial de exposição dos organismos presentes no ambiente. Daí a impor-

tância de se conhecer a estabilidade do nanomaterial e a interação físico-química entre as partículas quando imersas em determinados meios aquáticos, além do tipo de célula ou organismo em que elas agem. A dissolução e a dispersão das partículas no meio aquático, por exemplo, dependem das propriedades físico-químicas do material como tamanho de partícula, área superficial, composição química e estão relacionadas também aos parâmetros ambientais, como pH, temperatura, matéria orgânica e por aí vai.

Achou complexo? Ainda não acabou. Alterações sutis nas características físico-químicas da água (pH, força iônica, matéria orgânica presente) podem alterar significativamente as interações com as partículas ao modificar parâmetros como hidrofobicidade (repulsão à água) e carga. Com isso, serão mudadas as características de estabilidade e reatividade das nanopartículas, e, conseqüentemente, a sua toxicidade potencial. Em miúdos, pequenas mudanças no ambiente podem provocar efeitos completamente diferentes das situações originais, o que exigirá uma infinidade de condições de simulação em laboratório. “Conside-

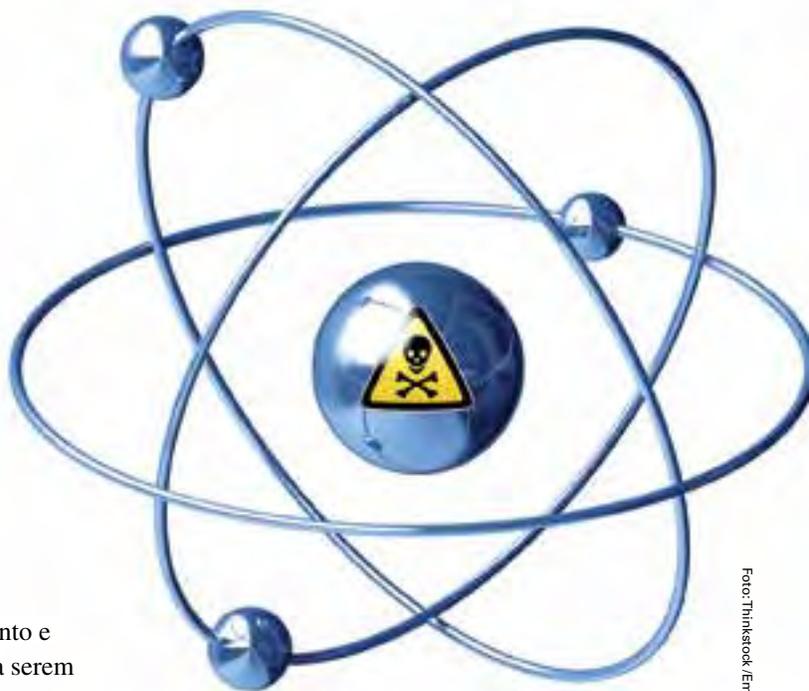


Foto: Thinkstock/Embrapa



Foto: Zineb Bencheikhou/Embrapa

Centrifugação de nanofibras

rando a complexidade e a variabilidade da química da água natural, ainda não estão bem estabelecidas as implicações de dados obtidos em laboratório em relação aos sistemas ambientais reais”, alerta Vera.

Dá para entender agora por que a nanoecotoxicologia é uma área multidisciplinar por natureza. “O desenvolvimento e a criação de novos instrumentos de pesquisa, os protocolos e os avanços científicos para desenvolver uma abordagem preditiva para nanoprodutos envolvem a geração de dados em diversas áreas da ciência relacionados com a tomada de decisão ambiental”, esclarece a pesquisadora da Embrapa.

Os compostos em escalas maiores, não nanométricas, contam com diversas

diretrizes internacionais para a realização de ensaios ecotoxicológicos. Essas normas conseguem atender de maneira genérica às necessidades de avaliação de risco da nanotecnologia, mas não são suficientes para abranger toda a complexidade envolvida. Há uma série de adaptações que ainda estão em discussão na comunidade científica. Várias questões ainda esperam por resposta: como funciona a agregação das nanopartículas às diferentes matérias orgânicas como fezes, muco e alimentos? Como essas partículas alteram a mobilidade de organismos vivos ao aderir em sua superfície? Como lidar com a instabilidade das suspensões?

PESQUISAS APRIMORADAS

A despeito de todas as dificuldades, a pesquisa científica não está parada e a cada dia são realizados diversos bioensaios para melhorar os padrões e procedimentos. Experimentos com peixes, por exemplo, mostraram que os nanomateriais podem se aderir ao muco superficial e formar agregados pela viscosidade.

Trabalhos com embriões e larvas de peixe têm auxiliado a aprimorar os protocolos de pesquisa. Os resultados mostraram, por exemplo, que a perda do material teste é menor em peixes pequenos. Além dessa vantagem, o uso de embriões de peixe vem ganhando força como substituição ao teste agudo com animais adultos no monitoramento de efluentes. Os testes de toxicidade aguda resultaram em forte correlação entre ambos, o que abre vantagens para o uso dos embriões nesses testes.

Outra abordagem promissora da pesquisa é agrupar nanopartículas por suas propriedades comuns, “elas

podem partilhar também de soluções comuns em termos de modificação da metodologia convencional”, diz a especialista.

Um forte ponto de interesse dos pesquisadores em nanoecotoxicologia está nas chamadas substâncias húmicas. Formadas por matéria orgânica, essas substâncias facilitam a dissolução de materiais que não se misturam à água. Essa característica pode afetar especialmente a estabilidade de nanomateriais projetados para serem resistentes ao meio aquoso. Para complicar, as substâncias húmicas variam de região para região dependendo das condições edafoclimáticas de cada lugar.

NANOMETAIS

A ação tóxica de nanopartículas de metais e óxidos metálicos também tem merecido uma atenção especial dos pesquisadores, pois ela envolve três diferentes mecanismos, pelo menos. O primeiro é a potencial liberação de substâncias tóxicas no meio, como íons de prata nas nanopartículas feitas com esse elemento. Os metais também podem promover interações de superfície com o meio e produzir substâncias tóxicas, como os radicais de oxigênio, por exemplo, e ainda podem interagir com os próprios alvos biológicos, como o DNA, e alterá-los.

Enfim, as perguntas ainda são mais numerosas que as respostas, algo comum em uma área do conhecimento que está despontando. Com todos os desafios, o desenvolvimento da nanoecotoxicologia é um dos campos mais promissores das pesquisas em nanocompostos os quais precisarão se desenvolver com uma chancela de segurança confiável para cada um de seus mais diversos usos e aplicações.

NANOCOMPÓSITOS EMBALAGENS PARA COMER

Transparentes, leves, flexíveis, resistentes à quebra e em formatos versáteis. Com tantas vantagens, os plásticos passaram a seduzir indústrias e consumidores e começaram a predominar sobre os demais materiais na confecção de embalagens. Como os plásticos convencionais não biodegradáveis levam séculos para ser decompostos por microrganismos, o que um dia representou uma conveniência passou a problema. Diversos grupos de pesquisa no mundo se dedicam hoje ao desafio de obter embalagens tão eficientes e baratas quanto as de plástico, mas que não provoquem danos ao ambiente.

Um deles está no Laboratório de Embalagens de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza, CE), que reúne competências nas áreas de tecnologia de alimentos, nanotecnologia, biotecnologia e segurança de alimentos. Uma das linhas de pesquisa do laboratório é o desenvolvimento de filmes e revestimentos biodegradáveis para alimentos à base de várias macromoléculas naturais como amido, alginato, cera de carnaúba, goma do cajueiro, gelatina de peixe, além de polpas de frutas.

Parte dos revestimentos desenvolvidos no laboratório é comestível. A pesquisadora da Embrapa Henriette Azeredo explica que as polpas de frutas têm em sua composição polissacarídeos que formam filmes, daí a possibilidade de trabalhar com essas matérias-primas para a produção de filmes comestíveis com sabor de frutas. “Muitos pesquisadores desenvolvem filmes comestíveis,

mas poucos trabalham em filmes que tenham sabor”, explica a pesquisadora.

Apesar da vantagem da biodegradabilidade e de valorizar as matérias-primas regionais, os biopolímeros ainda não são capazes de competir com os plásticos convencionais. Isso porque apresentam menor resistência mecânica, pior barreira a gases, e são muitas vezes sensíveis à umidade a ponto de se desfazerem quando em contato com água.

“Oferecem menor grau de proteção, comprometendo a função mais importante das embalagens”, explica a engenheira de alimentos Socorro Bastos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical. Ela salienta que outro desafio para estas embalagens é o processo de produção que ainda apresenta baixa produtividade. “É importante que os estudos para produção em média ou grande escala desses materiais sejam mais observados”, diz Bastos. Além disso, os materiais naturais são geralmente mais caros que os sintéticos.

SOLUÇÕES NANOMÉTRICAS

Uma saída, que vem sendo testada no laboratório do Ceará, é o uso da nanotecnologia. A adição de nanoestruturas de reforço, como a nanocelulose, melhora a resistência e a barreira a gases dos materiais. Os materiais formados pela adição de nanoestruturas, como nanocelulose, em uma matriz, geralmente um polímero ou biopolímero, são chamados de nanocompósitos. Os nanocristais de celulose são cristais minúsculos de alta



resistência mecânica, que são adicionados em pequenas quantidades para melhorar a resistência e as propriedades de barreira de filmes, geralmente sem prejudicar a transparência dos materiais.

O trabalho de criação dos nanocompósitos envolve, além do Laboratório de Embalagens, a equipe do Laboratório de Tecnologia da Biomassa (LTB), também da Unidade da Embrapa em Fortaleza. “Contamos ainda com a parceria do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio da Embrapa Instrumentação”, acrescenta Henriette. O grupo do LTB, liderado pela pesquisadora Morsyleide Rosa, extrai nanocelulose a partir de várias fontes, entre as quais resíduos industriais como casca de coco e línter de algodão.

“Já testamos nanocelulose para filmes de polpas de frutas, quitosana, gelatina, entre outros. Os resultados têm sido geralmente muito bons – o material adquire melhores propriedades mecânicas e de barreira, ou seja, um melhor desempenho geral como material de proteção ao alimento a ser acondicionado”, diz Henriette. Atualmente, a pesquisadora está no Laboratório Virtual da Embrapa no Exterior (Labex), em Norwik, Reino Unido, e está envolvida em um projeto para obtenção de filmes nanocompósitos a partir de casca de banana e palha de trigo, um resíduo da indústria de panificação.



Foto: Baldaia

NANOTECNOLOGIA

UM LABORATÓRIO ESTRATÉGICO PARA O PAÍS

Por Joana Silva

O conceito que deu vida às palavras de Richard Feynman (*ver página 13*), um dos gênios mais irreverentes da física, é realidade no Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA), na Embrapa Instrumentação (São Carlos, SP). Nessas instalações, tudo é calculado em milionésimo de milímetros e é preciso combinar diversas áreas do conhecimento para gerar tecnologias que já estão mudando a agricultura dos trópicos. Considerado estratégico para o País, o laboratório atua em uma área em ebulição e desenvolve desde sensores para avaliação de bebidas a nanoestruturas para liberação controlada de fertilizantes em solos.

As pesquisas, de caráter multidisciplinar, estão baseadas em três pilares: infraestrutura consolidada, modelo de atividades adotado e competência científica instalada. Esses atributos levaram o LNNA a integrar o Sistema de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Com isso, desde julho de

PIONEIRISMO

A Embrapa já desenvolve pesquisa à base de nanotecnologia desde 1996, quando adquiriu seu primeiro microscópio de força atômica e tunelamento, que tornou possível a visualização de objetos em nanoescala. O equipamento permite realizar intervenções e alterações de dispositivos na escala atômica, assim como acompanhar reações e realizar medidas de força e adesões sobre superfícies virtualmente planas.

Os trabalhos pioneiros estabeleceram a base para o desenvolvimento de uma série de sensores, compósitos e filmes finos. A Embrapa comprou o equipamento apenas dez anos após os criadores do microscópio ganharem o Prêmio Nobel de Física de 1986, pela inovação desenvolvida no início da década de 80. O aparelho consiste de uma agulha muito fina que percorre as superfícies com grande precisão permitindo que se observe em detalhes a topografia da superfície dos materiais.

Entre os mais de 20 equipamentos de última geração que o LNNA abriga está um modelo mais avançado de microscópio

de força atômica, avaliado em 250 mil dólares, quase 600 mil reais. Esse equipamento tem a versatilidade de obter imagens em amostras menores que 150mm de diâmetro e espessura menor que 12mm.

Para o chefe-geral da Embrapa Instrumentação, o engenheiro de materiais Luiz Henrique Caparelli Mattoso, o LNNA detém uma capacidade instalada que permite conhecer, dominar e manipular cada vez mais elementos oriundos da área agrícola em escala nanométrica. “A partir do momento em que se consegue explorar melhor todas as propriedades de seus constituintes é possível, em um mesmo grão de soja, por exemplo, extrair alimento, leite, óleo comestível, óleo combustível, tinta, plástico, borracha, remédios e outros produtos, cujo potencial ainda é desconhecido”, afirma o chefe-geral que também é pesquisador em nanotecnologia há mais de 15 anos. De 2005 a 2007, Mattoso foi o responsável por essa área no Laboratório Virtual da Embrapa nos Estados Unidos.

2013, o LNNA é um dos oito laboratórios estratégicos para o País.

Integrar o SisNANO significa ter prioridade nas políticas públicas de apoio à infraestrutura de laboratórios e formação de recursos humanos altamente qualificados, de acordo com as diretrizes da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) e associadas ao Plano Brasil Maior (PBM). “Para fazer parte do SisNANO é preciso já ter uma estrutura consolidada, como é o caso do LNNA, que entrou em patamar mais elevado. Além de ter um ponto convergente em várias áreas, deve ser um ponto [convergente] dentro da própria empresa”, lembra o coordenador-geral de Micro e Nanotecnologias do MCTI, Flávio Plentz.

Só para o SisNANO foram liberados recursos da ordem de mais de R\$ 38 milhões do Fundo Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e da própria Coordenadoria Geral de Nanotecnologia (CGNT) do MCTI.

Em palestra proferida em 1959, o físico Richard Feynman sugeriu a manipulação dos átomos como forma de construir novos materiais, introduzindo o conceito de nanotecnologia.





Metade do recurso foi destinada aos laboratórios estratégicos, e a outra parte aos laboratórios associados ao sistema, no total de 18.

Apoiar a nanotecnologia aplicada à agropecuária é mais que estratégico. Estudos da Universidade de Toronto estabeleceram a agricultura na segunda colocação na escala de impacto da nanotecnologia, figurando ao lado do setor de alimentos.

Diante desse cenário, o LNNA, que já vinha conduzindo pesquisas desde 2009, ganhou um reforço importante para o fortalecimento e avanço da pesquisa agrícola brasileira, o Módulo de Integração, inaugurado em junho de 2013. Com ele, a estrutura física do laboratório dobrou de tamanho, totalizando 2,3 mil metros quadrados. Os investimentos totais no laboratório chegam a R\$ 13 milhões, oriundos da própria Embrapa e do MCTI, via Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

A ampliação permitiu agregar linhas transversais e temas como agroenergia, ressonância magnética, pós-colheita, espectroscopia avançada, que já eram desenvolvidos na Embrapa Instrumentação e passaram a empregar pioneiramente os conceitos de nanotecnologia. De acordo com o coordenador da Rede de Nanotecnologia aplicada ao Agronegócio (Rede AgroNano), Caue Ribeiro, poucos institutos de pesquisa têm um foco multidisciplinar aplicando a nanotecnologia, como nesse caso. “Com o LNNA, temos condições de desenvolver



mais pesquisas e dar uma resposta mais agressiva para o setor produtivo”, afirmou.

O laboratório adotou um modelo de trabalho que vai além das atividades de pesquisas, funcionando em forma de "facility" para colaborações científicas e prestação de serviços para instituições públicas e privadas. A proposta das pesquisas é contribuir para o avanço do agronegócio brasileiro, incrementar a produção de alimentos, de fibras e de energia por área cultivada, melhorar a qualidade dos processos agroindustriais e o acesso a novos produtos por um maior número de consumidores.

Para atender a essas demandas foram fortalecidas pesquisas de rotas enzimáticas para obtenção do etanol celulósico e produção de nanofibras de celulose; sensores para controle de processos de fertilização; nanoestruturas para liberação controlada de fertilizantes e defensivos agrícolas;

sensores para detecção de umidade no solo; sensores para detecção de contaminantes em corpos d'água e para degradação de pesticidas em estações de limpeza de aeronaves de pulverização. Destacam-se igualmente o desenvolvimento de nanopartículas magnéticas funcionalizadas para recuperação de enzimas utilizadas no processo de obtenção do etanol celulósico e de nanoestruturas para enriquecimento energético de biogases por filtragem e eliminação de água; entre outras áreas pioneiras.

Encontram-se em estágio avançado pesquisas de processos de produção de nanofibras de celulose, material de alta performance, oriundo de fontes renováveis, extraído de fibras vegetais como os resíduos agrícolas. Testes em laboratório comprovam a viabilidade do seu uso como material de reforço em diferentes polímeros, como os materiais de embalagem de alimentos. Resultados

dessas pesquisas vêm demonstrando que esse material pode influenciar na próxima geração de embalagens inteligentes, inclusive viabilizando o uso de materiais totalmente biodegradáveis.

A revista *The Economist*, em sua edição de nove de setembro de 2010, citou o LNNA como o primeiro laboratório de nanotecnologia do mundo dedicado exclusivamente à agricultura. •



« navegue »

Rede AgroNano
<http://bit.ly/agronano>

Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
<http://bit.ly/nanomct>

Programa Nacional de Nanotecnologia
<http://bit.ly/capesnano>

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Da ficção para a realidade



Texto: Nadir Rodrigues

Arte: Ana Elisa Sidrim

O avanço do conhecimento em computação está permitindo a criação de tecnologias inteligentes que nos inserem em um mundo, que, há algumas décadas, era retratado apenas como cenário de cinema. Pesquisadores de diversas áreas trabalhando em projetos multidisciplinares vêm gerando soluções que transformam várias inovações tecnológicas preconizadas pela ficção científica em realidade.

Os sistemas inteligentes, baseados em inteligência artificial, são um exemplo dos resultados que os cientistas já obtiveram com o desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação. Cada vez mais a comunidade científica busca superar desafios e produzir máquinas que sejam capazes de tomar as melhores decisões a partir da análise de uma quantidade imensa de dados, que seria quase impossível ao cérebro humano imaginar, com o emprego de técnicas de data science e big data.

“Big data” é o conjunto de soluções tecnológicas para trabalhar com dados digitais em volume, variedade e velocidade inéditos até hoje. “Data Science” refere-se ao estudo sistemático, a partir de conhecimento extraído de grandes volumes de dados, para gerar explicações e predições nas várias áreas de conhecimento. Essas tecnologias são extremamente importantes no processo de análise dos dados digitais e fundamentais para a tomada de decisão.

As principais empresas de tecnologia do mundo, como Google e Microsoft,

vêm concentrando esforços na área de “deep-learning”, um campo relativamente novo de pesquisa de inteligência artificial baseado no estudo de redes neurais voltado à criação de produtos que podem entender e aprender a partir de imagens, textos e vídeos. Atividades como o reconhecimento facial em vídeo ou palavras na fala humana, com tradução da voz em tempo real, são alguns resultados já alcançados nessa área.

“Um cientista de dados requer um conjunto de habilidades de diversas áreas como matemática, aprendizado de máquina, inteligência artificial, estatística, banco de dados e otimização, para entendimento profundo do problema e dos dados e assim poder projetar soluções efetivas”, diz Silvia Massruhá, chefe de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, SP).

Há um enorme potencial para a aplicação desse conhecimento nos mais variados campos, incluindo a área militar, além de saúde, entretenimento e agricultura, especialmente a agricultura de precisão. Pela internet, já é possível ao agricultor obter o diagnóstico de pragas e doenças que atacam sua cultura ou acessar serviços que lhe indicam, em tempo real, como manejar sua produção em razão de intempéries climáticas futuras. Com o crescimento do mercado de dispositivos móveis, devem surgir aplicativos que vão permitir monitorar a produção agrícola diretamente no campo (veja em “Computação Móvel na Agricultura”, link abaixo, em Navegue).

O chefe de Transferência de Tecnologia da Embrapa Informática Agro-

pecuária, João Camargo Neto, destaca que a geração de sistemas inteligentes acompanha a evolução da tecnologia de hardware em termos de capacidade de processamento, velocidade e miniaturização, principalmente dos chips microprocessadores e sensores. Criado em 1971 pela Intel, o primeiro chip tinha 2.300 transistores; atualmente, um Pentium 4 – microprocessador da quinta geração – conta com 42 milhões desses componentes eletrônicos.

Um exemplo de avanço obtido em razão dessa evolução do hardware está na utilização de drones ou Vants, veículos aéreos não tripulados, que auxiliam no monitoramento da produção agrícola. Essas pequenas aeronaves, usando sensores, sistemas GPS e técnicas de imageamento, são capazes de mapear falhas no campo, deficiência hídrica ou nutricional de plantas, identificar doenças ou ataque de pragas na cultura e estimar a produtividade agrícola.

O uso de veículos aéreos não tripulados está se tornando bastante popular, especialmente em operações militares e atividades agrícolas. A Embrapa Instrumentação (São Carlos, SP), pioneira na aplicação de drones em culturas agrícolas no Brasil, estuda o tema desde 1998. Além de atuar em áreas de difícil acesso, os Vants são capazes de sobrevoar grandes extensões de terra produzindo imagens e coletando dados que vão ser processados e analisados por softwares. Outras vantagens são o custo desse levantamento, que é muito inferior ao realizado por satélites, e a resolução das imagens, que apresentam maior precisão e podem ser coletadas inclusive em dias nublados.



Foto: Thinkstock/Embrapa

MÁQUINAS QUE TOMAM DECISÕES

Drones voltados para atividades agrícolas serão cada vez mais comuns, acredita o pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária Thiago Teixeira Santos. “Mas um avanço maior nessa tecnologia seria o desenvolvimento de drones capazes de tomar decisões a partir da análise do ambiente, como escolher rota e velocidade mais adequadas para cumprir missões complexas”, explica. Assim, ao se deparar com um obstáculo, o equipamento poderia desviar com segurança sem afetar a realização da tarefa.

Robôs autônomos que podem atuar em locais perigosos para os humanos, pilotar veículos ou assumir o controle da direção em situações de emergência já são realidade. Universidades brasileiras também já desenvolvem robôs que comandam dispositivos com o pensamento, especialmente para uso na medicina. Por meio de sensores de um eletroencefalograma – aparelho que mede a atividade cerebral – é possível captar os pensamentos dos usuários que são traduzidos por um software, o qual interpreta os dados obtidos e os transforma em comandos executados por robôs conectados à internet.

Recentemente, inspirados por cupins, pesquisadores da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, desenvolveram uma equipe de “robôs construtores” capazes de criar estruturas complexas sem a necessidade de plano ou comando central. Os cientistas

agora estudam como criar e programar robôs que trabalhem dessa maneira, mas construindo projetos similares a atividades desempenhadas por seres humanos.

Especialistas entendem que o aprendizado das máquinas apresenta características similares ao dos seres humanos. Entretanto, construir robôs tão inteligentes quanto pessoas é um dos principais desafios que motivam profissionais da robótica. Trata-se de algo extremamente complexo e envolve conhecimentos científicos sobre os fundamentos da cognição humana, os quais muitos cientistas acreditam não ser possível alcançar. Mas, mesmo que o conhecimento humano não avance no nível desejado pelos entusiastas da robótica, os estudos realizados nessa área podem trazer enorme contribuição para a ciência.

Alguns problemas em aprendizagem de máquina são considerados “NP-difícil” (*non-deterministic polynomial-time hard*). Assim, uma solução para esse problema de classe computacional, além de representar um avanço na ciência da computação, teria profundas implicações para a matemática, criptografia, algoritmo de pesquisa, inteligência artificial, teoria dos jogos, processamento multimídia, e muitos outros campos. Em linhas gerais, a questão se refere à velocidade de processamento e questiona se qualquer problema cuja solução pode ser rapidamente verificada por um computador também pode ser rapidamente

resolvido pelo equipamento.

Conforme o pesquisador Alexandre Castro, da Embrapa Informática Agropecuária, pode existir uma solução para esse problema desde que exista uma colisão entre um princípio físico (por exemplo, a segunda lei da termodinâmica) e uma declaração matemática relacionada à definição de funções chamadas “one-way”, isto é, funções computacionalmente impossíveis de inverter. Castro defende essas ideias em dois artigos “The Thermodynamic Cost of Fast Thought”, publicado no periódico *Minds and Machines* e “Non-invertibility in invertible systems”.

O uso da física para provar teoremas de complexidade computacional é ainda um ponto em discussão pela comunidade científica, como aborda o artigo “Theorems from Physics?”, publicado no blog de Richard Lipton, professor do Instituto de Tecnologia Georgia Tech, e que cita

os trabalhos de Castro. O analista da Embrapa Informática Agropecuária Edgard Henrique dos Santos, que tem colaborado com Castro, acredita que o avanço do conhecimento na ciência da computação depende do entendimento de princípios físicos que podem ser usados para compreensão da cognição humana.

A modelagem preditiva, área de mineração de textos ou Data mining voltada à previsão de probabilidades e tendências, e o aprendizado de máquina estão se consolidando como técnicas centrais para modelos baseados na internet ou em dados, de acordo com Sílvia. As novas descobertas científicas aplicadas à produção de sistemas computacionais inteligentes futuramente poderão trazer mudanças significativas para a produção agrícola brasileira.



◀ **navegue** ▶

The Thermodynamic Cost of Fast Thought
<http://bit.ly/thermodynamiccost>

Non-invertibility in invertible systems
<http://bit.ly/isystems>

Blog de Richard Lipton:
<http://bit.ly/rlipton>

Computação Móvel na Agricultura (edição 5 da revista XXI – Ciência para a Vida)
<http://www.embrapa.br/revista>

RECURSOS GENÉTICOS MICROBIANOS

CAMPO ABERTO PARA O AVANÇO DO CONHECIMENTO

Texto: Marita Cardillo

Arte: Rafael Alves Da Rocha

Adaptada às condições tropicais graças ao melhoramento genético, a soja, até a década de 1970 restrita ao Sul do País, expandiu-se por outras regiões e fez do Brasil um dos seus maiores produtores mundiais (1). Parte dessa conquista da agricultura brasileira pode ser atribuída a um microrganismo: uma bactéria do gênero *Bradyrhizobium*, capaz de captar o nitrogênio presente na atmosfera e fornecê-lo às plantas.

O nitrogênio, nutriente exigido pela cultura no processo de crescimento do vegetal, apesar de disponível no ar, não é facilmente absorvido. As bactérias investigadas pela pesquisa e que são a base da tecnologia da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), em contato com as raízes da soja ou pré-inoculadas em sementes, suprem essa necessidade.

A tecnologia é hoje utilizada nas lavouras nacionais, com impactos expressivos nos ganhos de produtividade e na redução dos gastos com a compra de adubos nitrogenados. Esses impactos estendem-se ao meio ambiente, pois tornam menores a contaminação de lençóis freáticos e rios e a emissão de gases de efeito estufa e maiores as projeções positivas relacionadas a sequestro de carbono. Pesquisadores têm concluído estudos com bons resultados sobre a aplicação da FBN em outras culturas.

O caso da Fixação Biológica de Nitrogênio é apenas uma das muitas possibilidades abertas pelo uso de microrganismos. Se a capacidade de adaptação e de sobrevivência desses pequenos seres a variações ambien-

tais já despertava interesse, hoje a ciência avança, com promessas de revolução em processos agrícolas e industriais e na recuperação de ambientes contaminados e de áreas degradadas, a chamada biorremediação. Isso sem falar nas aplicações na área da saúde. Hormônios, novos antibióticos, vacinas e testes para diagnóstico de doenças e até mesmo a produção de toxinas capazes de destruir células tumorais continuam no foco das pesquisas.

Na indústria de alimentos e bebidas, processos de fermentação acompanham o homem desde tempos remotos. E a investigação conduzida pela cientista Laura Maria Bruno, da Embrapa Agroindústria Tropical, por exemplo, uma experiência brasileira relacionada à fabricação de um produto de apelos regional e cultural, confirma o fato de que as pesquisas, mesmo nessa área, ainda encontram espaço para continuar avançando. A pesquisadora investiga o potencial de bactérias lácticas na formulação de fermento para queijo de coalho, produzido tradicionalmente com leite cru. A ideia é chegar a um fermento que possa ser usado em leite pasteurizado, largamente usado pela indústria, mas que possa gerar um queijo com as mesmas características de aroma, sabor, cor e textura daquele produzido segundo a tradição.

Já o pesquisador Gildo Almeida da Silva, da Embrapa Uva e Vinho, se debruça sobre a investigação de leveduras isoladas de uvas cultivadas na Serra Gaúcha e no Vale do São Francisco (PE). Essas leveduras formam



Foto: Thinkstock/Embrapa

a Coleção de Microrganismos de Interesse Agroindustrial da Embrapa, iniciada em 1984. São aproximadamente 1.500 linhagens e a perspectiva é o aumento do acervo em mais 300 linhagens, ainda em 2014, com o isolamento de leveduras da região de Farroupilha, RS.

A expectativa, além da obtenção de vinhos de qualidade, é que o emprego desses microrganismos ajude a caracterizar e discriminar produtos de uma determinada região. Assim, o trabalho »

(1) Previsões do USDA para a safra 2013/2014 indicavam, em março de 2014, que a produção brasileira, com 90,0 milhões de toneladas, ultrapassasse a dos Estados Unidos, com 89,5 milhões de toneladas.

está diretamente relacionado com o programa de Indicação Geográfica definido para o vinho da Serra Gaúcha. Como principais resultados, o pesquisador aponta, entre várias linhagens disponíveis, as empregadas na elaboração de vinhos no Vale dos Vinhedos, em Monte Belo do Sul, em Pinto Bandeira e no Vale do São Francisco.

Os pesquisadores da Embrapa Myrian Tigano e Rogério Lopes são categóricos: o futuro da agricultura passa também por questões relacionadas a insumos agrícolas, mercado que, atualmente no País, movimentava perto de R\$ 100 bilhões. Inoculantes como o produzido com as bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento das plantas, biopesticidas e fertilizantes, entre outros, surgem como linhas de investigação promissoras.

Assim como é promissor o uso de microrganismos

em processos ligados à agroenergia - seja na descoberta de enzimas para degradação da biomassa destinada à indústria de biocombustíveis, seja no aproveitamento de resíduos dessa mesma produção, entre outras possibilidades. A mesma Coleção de Microrganismos de Interesse Agroindustrial, tratada no exemplo do vinho de qualidade, é hoje também fonte de leveduras para melhoramento genético voltado ao programa de álcool combustível, a partir de material lignocelulósico.

O melhoramento genético de plantas que as tornam resistentes a estresses hídricos; o combate a doenças em animais e, ainda, a engenharia genética que, a partir da conjugação de diferentes microrganismos, faz surgir um novo, que venha a atender a determinado interesse, são também áreas abertas a avanços. A aplicação no controle biológico de pragas e doenças de plantas é outro campo com perspectivas animadoras. Reportagem ampla sobre o tema poderá ser conferida também nesta edição da revista **XXI Ciência para a Vida**.

Em artigo publicado na segunda edição desta publicação (veja em Navegue no final desta matéria), o pesquisador Alexandre Amaral chamou a atenção para a importância dos estudos que fundamentam a área de interação molecular entre plantas e microrganismos. “Decifrar que tipos de estratégia um microrganismo utiliza para reconhecer uma planta como hospedeira, se instalar e, a partir daí, causar uma doença (caso seja um patógeno) ou favorecer esta mesma planta (no caso de

um organismo benéfico, como bactérias fixadoras de nitrogênio), é o desafio dos estudos ...”, escreveu.

Amaral esteve envolvido no projeto Estudo da Interação Molecular entre Plantas e Microrganismos, conduzido no âmbito do programa Laboratório da Embrapa no Exterior (Labex), por intermédio do seu braço no Reino Unido. No Rothamsted Research, em Harpenden, instituição que abrigou o cientista brasileiro, as pesquisas voltaram-se à identificação, por meio de técnicas de genômica aplicada, do tipo de ferramentas biológicas que fungos como a *Mycosphaerella graminicola* usam durante a colonização e formação de lesões no trigo.

A perspectiva, enfim, é a de uma agricultura pronta a dar respostas a indagações sobre a sustentabilidade do planeta e a fazer frente às crescentes necessidades de produção e produtividade das lavouras e ao controle de novas doenças e pragas. E há, de fato, muita pesquisa a ser feita. É preciso conhecer e caracterizar melhor a diversidade microbiana, identificar fungos, bactérias, protozoários, leveduras, vírus e outros seres e obter melhores informações sobre suas funções e interações no ambiente e com outros elementos da biodiversidade. “Até poucos anos atrás, a identificação de um microrganismo era baseada principalmente na análise de poucas características morfológicas. Hoje, com o uso de análises moleculares, amplia-se o conhecimento das espécies e da diversidade microbiológica”, afirma Myrian Tigano.

O avanço da biologia gerou ferramentas que permitem a caracterização do organismo de forma mais aprofundada, a partir de métodos de análise de moléculas de DNA e RNA. E a metage-



Imagem: Thinkstock/Embrapa

nômica, ferramenta de última geração, permite o estudo de material genético recuperado de amostras do ambiente. Torna possível a identificação de genes sem a necessidade de culturas clonais. “Além disso, toda a informação genética gerada amplia as investigações sobre as possibilidades de exploração de características desejáveis quando do processo de desenvolvimento de novos produtos”, conclui Rogério Lopes.

Esse cenário exige que as instituições de pesquisa estejam atentas à questão de agregação de valor ao material conservado nas coleções biológicas. “No caso das coleções microbiológicas da Embrapa, estamos falando do conhecimento de caracteres e funções biológicas que permitam o desenvolvimento de ativos de inovação de interesse para a agroindústria”, diz Myrian Tigano.

Sobre isso, o pesquisador Rogério Lopes destaca o papel das instituições de pesquisa agropecuária, como a Embrapa, institutos estaduais e universidades. “Elas caracterizam microrganismos, geram o conhecimento, fornecem genes para a otimização de processos, mas precisam da iniciativa privada para a produção em escala e para fazer com que a tecnologia chegue ao mercado”.

Pesquisadores apontam outros desafios, como a superação de gargalos relacionados à legislação brasileira, que, muitas vezes, ao prever a exigência de licenças para pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico, acaba, na opinião de estudiosos, por restringir a área de atuação. “Pode-se trabalhar com leveduras vivas, mas não trabalhar com o DNA isolado desse ser vivo. Temos que ter uma licença especial.

Ou seja, pode-se trabalhar com o todo, mas não com a parte”, exemplifica o pesquisador Gildo Almeida da Silva.

As pesquisas da Embrapa relacionadas a microrganismos estão organizadas em uma Rede de Recursos Genéticos Microbianos, que integra trabalhos de Unidades da Empresa. O acervo da Instituição de pesquisa, como um todo, abriga cerca de 58 mil linhagens de microrganismos, conservadas por, pelo menos, dois métodos, por medida de segurança. Um deles, a liofilização, permite a conservação por até 80 anos, dependendo do microrganismo.

O sistema AleloMicro, parte que integra a base corporativa denominada Alelo, conta com um banco de dados centralizado e com as informações disponibilizadas para acesso via internet. A alimentação e a manutenção dos dados são feitas de forma descentralizada pelos curadores de cada Coleção e outros profissionais ligados a ela. O sistema foi construído em módulos interligados que contemplam os dados de passaporte das linhagens e sua incorporação nas Coleções, informações sobre o armazenamento e movimentação de amostras, incluindo o intercâmbio, e sobre estudos de caracterização de cada linhagem. Além disso, parte da informação contida na base de dados e disponibilizada a critério de cada curador pode ser consultada via web pelo público externo.

Nas próximas páginas, destacamos trabalhos conduzidos por pesquisadores



Foto: Claudio Bezerra/Embrapa
Pesquisador Rogério Lopes

de duas Unidades da Embrapa que se somam aos já mencionados e ilustram - muito longe de esgotar - o esforço de fazer avançar o conhecimento sobre as possibilidades das pesquisas com microrganismos.

Uma segunda parte desta matéria aborda outra aposta dos pesquisadores: a criação da Rede Brasileira de CRBs – Centros de Recursos Biológicos, com foco em microrganismos. Um CRB, segundo definição da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), é um centro provedor de serviços de alto padrão de qualidade e de material biológico autenticado.

Coleções microbiológicas são essenciais para a inovação biotecnológica e para que países possam responder aos desafios da bioeconomia. E a discussão sobre a criação da Rede vem ampliando, segundo pesquisadores, as reflexões sobre a necessidade de melhoria da infraestrutura das coleções brasileiras. A Embrapa está investindo na qualidade das suas coleções, sendo que muitas já prestam serviços.

A meta é que a Empresa represente, na Rede Brasileira, o CRB Agronegócio. »

DA CAATINGA À ANTÁRTICA

A Embrapa Meio Ambiente mantém a Coleção de Microrganismos de Importância Agrícola e Ambiental, que conta com acervo aproximado de dez mil introduções, entre fungos e bactérias. É uma coleção fiel depositária. Isso significa que ela é apta a receber subamostras do material genético acessado em projetos de pesquisa autorizados pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN). É reconhecida sua responsabilidade sobre o gerenciamento do material biológico destinado à bioprospecção, ao acesso ao patrimônio genético e à pesquisa científica.

Os recursos microbianos que integram a Coleção resultam de projetos de bioprospecção de diversos biomas e ecossistemas. Foram isolados a partir de plantas, solo ou água provenientes da Mata Atlântica, da Caatinga e de manguezais, dentre outros. Recentemente, pesquisadores têm explorado esponjas raras das ilhas oceânicas no arquipélago de São Pedro e São Paulo, visando à descoberta de novos herbicidas e substâncias antifúngicas. Mais: a bordo do navio polar Almirante Maximiano, da Marinha do Brasil, o pesquisador Itamar Soares de Melo e o técnico João Luiz da Silva participaram da XXXII expedição à Antártica, para coleta de solos e de sedimento do mar nas Ilhas Rei George, Robert, Pinguim e Nelson.

O interesse dos pesquisadores é a construção de bibliotecas metagenômicas (material genético recuperado de amostras ambientais) e posterior sequenciamento para esclarecer aspectos relacionados à ecologia microbiana nesse ambiente, bem como possi-



Foto: Cláudio Bezerra/Embrapa

bilitar a descoberta de novos microrganismos e compostos bioativos de interesse industrial, sinaliza o pesquisador Rodrigo Mendes.

É o investimento na bioprospecção de moléculas bioativas, principalmente pesticidas naturais e também biocatalisadores de interesse biotecnológico a exemplo de amilase e celulasas, reforça o pesquisador Itamar Soares de Melo. Ele explica: “Os exopolissacarídeos (EPS), macromoléculas naturais extracelulares, como o glicogênio, por exemplo, são produzidos por algumas bactérias e são de interesse industrial. Bactérias associadas às algas marinhas da Antártica produzem grandes quantidades de ácido hialurônico, um EPS muito usado na indústria de cosméticos. E, em ambientes extremos, as bactérias produzem substâncias protetoras contra a dessecação, radiação UV-B e frio intenso”.

Do material coletado na Antártica, os cientistas isolaram, por exemplo, uma bactéria, cujo genoma sequenciado indicou ser ela resistente à radiação UV-C e à radiação gama. Outro resultado que merece destaque refere-se à produção de celulase por

bactérias presentes em lagos de degelo. Essa enzima está envolvida na degradação da matéria orgânica e, portanto, provavelmente, na ciclagem do carbono nesse ambiente. Novas linhagens de bactérias do gênero *Bacillus* sp. produzem grandes quantidades dessa enzima, com grande estabilidade, em condições de baixa temperatura.

Noutra linha de investigação, e já no continente tropical, Soares de Melo destaca o desenvolvimento de inoculantes a partir de bactérias associadas às cactáceas da caatinga, resistentes a estresse osmótico, que se revelaram capazes de proteger e promover o crescimento de plantas sob estresse hídrico. “É um fato extremamente relevante para melhor economia do uso da água, um dos maiores problemas que impactam a produção agrícola em todo o mundo”, lembra o pesquisador.

Ele destaca, ainda, a identificação de bactérias que tornaram possível o desenvolvimento de um inoculante para remediação de solos contaminados com óleo cru. “Essas bactérias foram obtidas a partir de sedimentos de manguezais contaminados em derramamentos sucessivos na costa oceânica”.

O REJEITO QUE VIRA ADUBO

Por Heitor Vasconcelos

Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo comprovaram que, por meio da biossolubilização, microrganismos são capazes de disponibilizar para as plantas os nutrientes encontrados nos solos e em minerais. O que antes era rejeito, passa a ser um adubo rico, de baixo custo e sem impacto ambiental. Christiane Abreu de Oliveira Paiva, pesquisadora da área de microbiologia, explica que “sem essa solubilização, as plantas não conseguiriam absorver o fósforo encontrado nas rochas fosfatadas ou no solo, mas indisponível para as plantas. E o nutriente é muito importante para o desenvolvimento e a produtividade de culturas como o milho”.

Esse trabalho motivou uma parceria entre a Embrapa e a mineradora Vale, dentro da Rede de pesquisa denominada FertBrasil, para o desenvolvimento de novos produtos fertilizantes para a agricultura brasileira. Os microrganismos serão utilizados como produtores de ácidos para a biossolubilização natural de rochas fosfatadas de menor valor comercial. Atualmente, metade do adubo fosfatado utilizado na nossa agricultura é importada. Por isso, somos dependentes da oscilação de preços dos combustíveis fósseis. Essa pesquisa poderá reduzir essa dependência externa e contribuir para o incremento da produção de grãos no País.

Para a pesquisadora Christiane, “o inoculante para fósforo, além de ser uma alternativa de insumo biológico renovável, como os já utilizados com sucesso para nitrogênio, possibilitará o aproveitamento, também, de

resíduos sólidos orgânicos, como a cama de frango, um resíduo produzido em grande quantidade por aviários, e coprodutos da indústria de fertilizantes, quando usado no enriquecimento de fertilizantes organominerais e compostos”.

A tecnologia de biossolubilização de rochas fosfatadas vem sendo estudada na Embrapa Milho e Sorgo há 15 anos, tendo início com pesquisas na área de eficiência de aquisição de fósforo em milho, em projetos conduzidos pelos pesquisadores Ivanildo Evódio Marriel, Vera Maria Carvalho Alves e Eliane Gomes.

Na Coleção de Microrganismos Multifuncionais e Fitopatogênicos (CMMF) daquele centro de pesquisa, existem bactérias que chegam a alcançar 20% de eficiência na liberação do fósforo total de rochas, além da eficiência em também mineralizar o fósforo orgânico. Os testes no campo já estão sendo autorizados e serão iniciados em 2014. Essas mesmas bactérias têm sido testadas quanto ao potencial de promoção de crescimento das plantas de milho, pela produção de fito-hormônios e, em outros estudos, pela capacidade de biossolubilizar a rocha potássica.

Outros projetos desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo com microrganismos estão relacionados à programação de pesquisa da Embrapa, também dentro da Rede FertBrasil. Neste projeto estão sendo testadas formulações de dois novos produtos: um inoculante para culturas de grãos com microrganismos solubilizadores de fósforo e um fertilizante granulado com fosfato de rocha enriquecido com cama de frango e microrganismos solubilizadores de fósforo, sendo esta última atividade coordenada pela pesquisadora Flávia Cristina dos Santos.

A Coleção de Microrganismos Multifuncionais e Fitopatogênicos preserva mais de 11 mil linhagens de microrganismos, obtidas principalmente por meio de coletas realizadas em diferentes regiões do Brasil. A Coleção está em fase de regulamentação pelo CGEN/Ibama para se tornar fiel depositária do patrimônio genético do Brasil. Na Embrapa, dentro do projeto Gescol (*ver página 40*), foi classificada como coleção institucional.



Foto: Claudio Bezerra/Embrapa



CENTROS DE RECURSOS BIOLÓGICOS, ESSENCIAIS PARA A INOVAÇÃO

Por Marita Cardillo e Fernanda Diniz

O Laboratório de Bactérias Entomopatogênicas (LBE) da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia foi acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) por atender aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17.025. A norma é aplicável a laboratórios de ensaio e calibração.

A acreditação concedida ao LBE reconhece a competência técnica do Laboratório para ensaios biológicos e o torna apto a prestar, a instituições públicas e privadas do Brasil e do exte-

rior, serviços de determinação da toxicidade de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* a larvas de mosquitos e lepidópteros e de bioinseticidas à base de *Bacillus sphaericus* (*Lysibacillus sphaericus*) a larvas de mosquitos.

No Laboratório, coordenado pela pesquisadora Rose Monnerat, são conduzidas pesquisas para o desenvolvimento de biolarvicidas à base de bactérias para controlar pragas agrícolas e mosquitos transmissores de doenças, inclusive as que acometem populações de áreas urbanas, a exemplo da dengue (veja reportagem na página 54).

Essa acreditação é um passo a mais no longo caminho que vem sendo percorrido por pesquisadores na defesa da criação da Rede Brasileira de CRBs - Centros de Recursos Biológicos. Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), um CRB é um centro provedor de serviços de alto padrão de qualidade e de material biológico autenticado. São repositórios de células vivas, genomas de organismos e que contêm bases de dados com informações sobre a hereditariedade e funções dos sistemas biológicos desses organismos.

“Centros de referência são ferramentas importantes para o desenvolvimento de biotecnologias inovadoras”, diz Claude Pirmez, da Fiocruz. Ela lembra que processos de biotecnologia exigem organização da infraestrutura, para conservação e distribuição certificadas de material biológico. A organização deve estar associada a uma adequação de marco legal, capacitação de quadros técnicos e modernização da gestão. “O Brasil não tem muita tradição nessa cultura mais organizada e sabemos que a troca de material biológico e seu trânsito no mercado internacional estão sujeitos a uma série de legislações restritivas. Por isso também precisamos nos organizar internamente para que possamos ser competitivos nesse campo”, conclui Pirmez.

Por parte da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, a meta é estender a acreditação concedida pelo Inmetro ao LBE para as suas coleções de microrganismos, que comporão o CRB daquela Unidade.

O LONGO CAMINHO

Desde o final da década de 1970, segundo Claude Pirmez, discute-se a necessidade de se estabelecer uma rede brasileira de centros de referência biológica. Reconhecia-se, já naqueles anos, a existência, aqui, de coleções representativas da biodiversidade.

Na década de 1990, de acordo com histórico apresentado por pesquisadores à Finep – Inovação e Pesquisa, foi feito, pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), um diagnóstico setorial das coleções microbiológicas de referência, como subsídio à implantação do Programa Setorial de Coleções de Culturas, em »



QUALIDADE

A acreditação concedida pelo Inmetro ao LBE é o reconhecimento também ao esforço conduzido por equipes da Embrapa para atribuir padrões de excelência às coleções microbianas da Empresa.

O projeto intitulado Modelo Corporativo de Gestão para as Coleções de Microrganismos da Embrapa – Gestcol, iniciado em 2012, visa ao desenvolvimento, implementação e monitoramento de um modelo corporativo de gestão, de modo que sejam cumpridas as normas ABNT ISO GUIA 34, que atesta competência para produtores de materiais de referência, ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, que atesta a competência técnica de laboratórios, e a OECD Best Practice Guidelines for Biological Resource Centres, a norma específica da OCDE para CRBs (guia de boas práticas para CRBs).

A pesquisadora Clarissa Pires de Castro, líder do projeto, explica que o cumprimento dessas normas é fundamental para que as coleções alcancem os níveis de excelência desejados; atendam a legislações e regulamentações de biossegurança, de bioproteção e de coleta e acesso ao patrimônio genético e harmonizem seus processos, procedimentos e registros em um patamar único de qualidade.

A metodologia utilizada no projeto contemplou atividades de benchmarking. Dentro da fase de coleta e análise de dados, foram visitadas coleções de microrganismos do Brasil e do exterior, selecionadas como referências em práticas de gestão e áreas técnicas, tais como: CBMAI - Coleção Brasileira de Microrganismos de Ambiente e Indústria; IB-IBSBF - Coleção de Culturas de Fitobactérias do Instituto Biológico; CLIOC - Coleção de Leishmania do Instituto Oswaldo Cruz; CBS - Centraalbureau voor Schimmelcultures Fungal Biodiversity Centre; CIRM INRA - Levures - Centre International de Ressources Microbiennes Institut National de la Recherche Agronomique - Levures e CIP - Collection de l'Institut Pasteur.

“Hoje, dentro da rede microbiana, temos uma cultura de qualidade. E, no benchmarking, observamos que, em termos de gestão, estamos num bom patamar de organização”, conta Clarissa. A pesquisadora aponta outro ganho do projeto: a classificação das coleções nas categorias de serviço, institucional e de trabalho, o que acaba por orientar os padrões de qualidade que devem ser perseguidos e preservados para cada uma delas.

As de serviço devem implementar todos os requisitos previstos nas normas que inspiram o projeto. São coleções de Unidades que, de imediato, deverão compor o CRB Agronegócio, representado pela Embrapa na proposta da Rede Brasileira. As coleções de quatro Unidades da Empresa já atendem a grande parte desses requisitos - as da Embrapa Agrobiologia, Embrapa Meio Ambiente, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Embrapa Soja.

Coleções institucionais são as que atendem a vários projetos de pesquisa e instituições. Têm curador responsável e são fiéis depositárias. Já as coleções de trabalho são menores, atendem a um projeto específico, não possuem curador, apenas um pesquisador responsável, e não precisam ser fiéis depositárias. Ambas não precisam implementar as três normas integralmente, e sim requisitos julgados importantes para que tenham gestão adequada.

apoio ao Programa Nacional de Biotecnologia. A partir de 2006, o projeto da Rede Brasileira de CRBs foi crescendo. Na época, o Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), com financiamento da Finep, elaborou um desenho da arquitetura de um sistema de informação. Foram enviadas cartas e questionários para diversas instituições do País referências no tema. Dentre 80 instituições consultadas, 26 responderam. O resultado foi uma pré-seleção das coleções que formariam um projeto-piloto de CRBs.

No final do processo, quatro coleções foram selecionadas – a Coleção de Leishmania do Instituto Oswaldo Cruz, que já fazia parte de um centro de referência da Organização Mundial de Saúde (OMS); a Coleção do Banco de Germoplasma de *Bacillus* para Controle Biológico da Embrapa; a Coleção Brasileira de Microrganismos de Ambiente e Indústria (CBMAI) da Unicamp e o Banco de Células do Rio de Janeiro, ligado à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Essas coleções representam o protótipo da Rede Brasileira de CRBs sonhada pelos pesquisadores. A partir desse protótipo é que se criou a proposta da Rede Brasileira de CRBs, que compreende três sub-redes: Agromercado, Saúde e Ambiente e Indústria, capitaneadas, respectivamente, pela Embrapa, Fiocruz e Unicamp.

As instituições, junto com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), esses últimos responsáveis por promover as atividades de avaliação de qualidade, conformidade e metrologia e de apoio a questões de propriedade intelectual, trabalharam normas para



auxiliar e orientar o credenciamento e a certificação de coleções candidatas a CRBs no Brasil. Elaboraram um termo de referência atendendo a encomenda do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). E apresentaram à Finep a proposta de projeto de pesquisa visando à consolidação dessa Rede Brasileira.

A inspiração veio também da OCDE, que reuniu, anos atrás, pesquisadores e instituições de vários países para a organização de diretrizes e normas que guiassem a criação, a gestão e a operacionalização de CRBs. Entre os pesquisadores, o brasileiro Vanderley Canhos, diretor-presidente do CRIA – entidade também envolvida na proposta apresentada à Finep –, participou da formulação daquelas diretrizes.

Quando da iniciativa da Organização, alguns países como a Alemanha optaram por ter um único CRB, nacional, interligado a uma rede global. Outros europeus decidiram por mais de um centro de referência, setorial, modelo pretendido pelo Brasil.

As instituições envolvidas no projeto aguardam, agora, decisões: a do financiamento necessário para a implementação da Rede e a definição do órgão que centralizará o processo de reconhecimento formal dos CRBs brasileiros. “O Inmetro não tem o poder de dizer que dada coleção ou instituição é um CRB. Ele tem a missão de avaliar se as normas estão sendo seguidas, avaliar a qualidade e a conformidade e acreditar ensaios”, lembra a pesquisadora da Embrapa

Clarissa Pires de Castro. É unânime entre os pesquisadores que o MCTI atua de forma mais transversal ao tema e, por isso, estaria mais credenciado a cumprir a tarefa. •



« navegue »

Sequenciamento de genoma de microrganismo da Antártica
<http://bit.ly/genomea>

Artigo do pesquisador Alexandre Amaral na 2ª Edição da **XXI** *Ciência para a Vida*
<http://bit.ly/artigoamaral>

Informações sobre as coleções de microrganismos no País e seus curadores
<http://bit.ly/microrganismos>

CONTROLE BIOLÓGICO:

QUANDO A SOLUÇÃO
ESTÁ NA PRÓPRIA NATUREZA



Harmonia axyrids (joaninha)
predando ovos da praga
Spodoptera frugiperda
(lagarta-do-cartucho)

Texto: Rose Lane César

Arte: Alexandre Esteves Neves

A agricultura brasileira é fortemente dependente do uso de defensivos químicos e aplica, por ano, cerca de 260 mil toneladas de agroquímicos nas lavouras. No entanto, uma maior conscientização sobre a preservação dos recursos naturais e a crescente busca por alimentos mais saudáveis têm incentivado a adoção do controle biológico de doenças, pragas e plantas daninhas. Entre as vantagens dessa prática estão a produção com custos mais baixos, a diminuição dos impactos ambientais, o aumento da segurança alimentar e a menor exposição dos trabalhadores rurais a substâncias tóxicas.

Atualmente o mercado brasileiro de biopesticidas ou dos agentes de biocontrole gira em torno de apenas 1 a 2 % do total de agrotóxicos comercializados. Segundo Wagner Bettiol, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, em 2011, havia somente 26 produtos à base de agentes de biocon-

trole registrados no Brasil, enquanto hoje existem 44, quase o dobro, e somente no ano de 2013 foram registrados dez novos produtos.

Bettiol estima que a comercialização desses produtos poderá chegar a cerca de 10% do mercado de agrotóxicos em 2020, no Brasil. Mais otimista, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) tem esse índice como meta para 2015. “Para atingir essa parcela, porém, um longo caminho deverá ser percorrido, especialmente no desenvolvimento de produtos com características que viabilizem seu uso comercial em maiores escalas”, explica o pesquisador, que afirma ainda ser possível reduzir em até 60% a aplicação de agrotóxicos, realizando-se o manejo ecológico adequado.

De grande importância para a agricultura sustentável, os inimigos naturais podem substituir ou reduzir a necessidade de utilização de agro-

tóxico. Daí o interesse de pesquisadores em estudar plantas e animais e suas interações.

Nesta edição vamos conhecer alguns exemplos desses trabalhos, como os que procuram controlar vespas, percevejos, besouros, lagartas e ácaros, algumas das pragas presentes em diferentes culturas no Brasil, como nos plantios florestais, na soja, no milho e na produção de hortaliças. E os resultados estão extrapolando o campo e atingindo também os centros urbanos, como é o caso do controle do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor da dengue.

No entanto, todos os pesquisadores são unânimes em afirmar que a tecnologia por si só não é a chave para a questão. É necessário um trabalho conjunto da pesquisa, da extensão rural e do produtor, que deve estar atento à sua lavoura e utilizar práticas sustentáveis como o Manejo Integrado de Pragas. »

TIPOS DE CONTROLE BIOLÓGICO APLICADOS A PRAGAS

Os agentes de controle biológico podem ser parasitoides (vespas), predadores (joaninhas e ácaros) ou entomopatógenos (fungos, bactérias e nematoides), sendo que a escolha depende da praga que se quer combater. Após a definição do melhor inimigo natural, é hora de escolher a melhor forma de aplicar. Além do controle biológico natural, existem procedimentos básicos de controle biológico (CB), são eles:

CB natural (conservação) - trata-se de uma população de inimigos que ocorre naturalmente, por isso, basta conservá-la e manipular o ambiente de forma favorável para preservar seu habitat e fontes de alimentação.

CB clássico (introdução) - medida de controle a longo prazo que se refere à importação e colonização de agentes, liberados em pequeno número por uma ou mais vezes no mesmo local.

CB aplicado (multiplicação) - preceitua a liberação de agentes após a criação massal em laboratório, visando reduzir rapidamente a população da praga para seu nível de equilíbrio.



PEQUENOS INSETOS QUE DEVASTAM FLORESTAS

Por Katia Pichelli

Um inseto de 1 a 3 cm de comprimento seria capaz de matar árvores de até 25 metros de altura? Pode parecer uma cena improvável, mas determinados insetos são pragas com potencial devastador, destruindo centenas de hectares de plantios florestais. A vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*), natural

sário conhecer melhor o inseto, saber como monitorar e detectar sua presença além, é claro, do controle”, explica. A aplicação de produtos químicos não era viável economicamente nem sustentável do ponto de vista ambiental.

Pesquisas realizadas na Austrália apontavam um nematoide e três parasitoides como possíveis inimigos naturais da vespa-da-madeira, mas era neces-

ladas árvores já atacadas. O nematoide se multiplica no interior da árvore. Quando uma fêmea do nematoide, já acasalada, encontra uma larva do inseto, penetra nesta larva e libera centenas de nematoides juvenis, que por sua vez se dirigem para o aparelho reprodutor de machos e fêmeas, esterilizando as fêmeas. Dessa forma, uma fêmea parasitada vai fazer posturas



da Europa, Ásia e Norte da África, foi registrada pela primeira vez no País em 1988 e rapidamente se instalou em plantios de pinus na região Sul, causando grandes prejuízos.

O desafio da pesquisa era entender a ecologia da praga, seus hábitos, forma de ação para, então, propor uma forma de controle. “Como é uma praga exótica, a vespa-da-madeira foi introduzida sem seu complexo de inimigos naturais, portanto, o trabalho de pesquisa foi realizado em diversas frentes, afirma o pesquisador Edson Tadeu Iede, do Laboratório de Entomologia Florestal da Embrapa Florestas (Curitiba, PR). “Era neces-

sário testar sua adaptação e efetividade para as condições brasileiras. A Embrapa Florestas trabalhou, então, em estreita parceria com a Organização de Pesquisa da Comunidade Científica e Industrial (CSIRO) da Austrália, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA Forest Service), e CABI, da Inglaterra.

Se a pequena vespa pode acabar com um plantio inteiro de pinus, por sua vez o microscópico nematoide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola* conseguiu se mostrar eficiente no controle do inseto. Por meio de um preparo à base de gelatina onde são colocados os nematoides, são inocu-

de ovos inférteis, que podem conter até 200 nematoides em seu interior. “Assim, além da fêmea não se reproduzir mais, também vai ajudar a disseminar o nematoide para outras árvores e até para outros locais, auxiliando na efetividade do controle”, explica a pesquisadora Susete Chiarello Penteado, da Embrapa Florestas.

Atualmente, o nematoide é o principal agente de controle da praga, com eficiência média de 70%, podendo chegar a 100% em algumas regiões. O inimigo natural, *Ibalia leucospoides*, que foi introduzido no Brasil junto com seu hospedeiro, apresenta uma eficiência média de 25% e auxilia no

controle da praga. As espécies *Rhyssa persuasoria* e *Megarhyssa nortoni*, introduzidas da Tasmânia, reproduzidas em laboratório e liberadas em áreas atacadas pela praga, ainda não apresentaram resultados efetivos no combate à vespa-da-madeira, embora estudos ainda estejam sendo feitos.

MANEJO PARA PREVENÇÃO

Além do controle biológico com o nematoíde, resultados de pesquisa indicam que a principal forma de prevenção da praga é a adoção de um rigoroso manejo florestal. Grande parte dos plantios atacados quando a praga chegou ao Brasil foram implantados com um número restrito de espécies e com alta densidade de plantas, utilizando-se regimes inadequados de manejo florestal.

Essas características proporcionaram as condições ideais para o estabelecimento da praga, pois a vespa-da-madeira é uma praga oportunista que ataca árvores estressadas e a má condução dos plantios é a situação ideal para seu ataque. Quando a praga foi detectada no Brasil, empresas de base florestal se uniram à Embrapa

para estudar as melhores formas de ação, o que culminou com a criação do Fundo Nacional de Controle da Vespa-da-madeira (Funcema), que subsidiou, com áreas de estudo e recursos financeiros, o desenvolvimento de pesquisas.

A junção de controle biológico, uso de árvores-armadilha para detecção precoce da praga, melhorias no manejo e um amplo programa de transferência de tecnologia junto a essas empresas e demais produtores de pínus atingidos pela praga, resultou no sucesso do controle da vespa-da-madeira no Brasil. Em 2012, foram distribuídas cerca de cinco mil doses do nematoíde em mais de 500 mil hectares de plantios, que estão hoje com a praga sob controle.

Segundo Carlos Mendes, secretário-executivo da Associação Paranaense das Empresas de Base Florestal (APRE), “na maioria das regiões de ocorrência, a vespa é uma praga controlada, mas o monitoramento constante e os cuidados silviculturais com a floresta fazem parte dos trabalhos das empresas em campo. É preciso estar ciente de que a falta dessas atividades pode levar a um

novo surto da praga”. O sucesso do programa brasileiro hoje é modelo para outros países e garantiu ao País protagonismo em discussões internacionais sobre a vespa-da-madeira, com a Embrapa Florestas sendo considerada pelo Comitê de Sanidade Vegetal do Cone Sul (COSAVE), como centro de referência para os países do Cone Sul no monitoramento e controle da praga.

PERCEVEJO-BRONZEADO

Se para a vespa-da-madeira o caminho para o controle já está traçado e sendo aplicado, no que se refere a uma praga de eucalipto o caminho está apenas começando. O percevejo-bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*) foi detectado pela primeira vez no Brasil em 2008. É um inseto sugador que, com sua alimentação, reduz a capacidade de a árvore realizar fotossíntese. Dependendo da densidade populacional, pode desfolhar de forma parcial ou total a árvore, com a possibilidade de levá-la à morte. As folhas ficam com aspecto bronzeado e, progressivamente, o sintoma afeta toda a copa.

Os mesmos passos dados para a vespa também são necessários para esta



Copa amarelada, respingos de resina no tronco e orifícios de emergência dos adultos são os principais sintomas que comprovam que a árvore está atacada.

A fêmea da vespa-da-madeira, depois de fecundada, deposita ovos no tronco da árvore adulta. Junto com os ovos, são colocados uma muco-secreção e um fungo, o *Amylostereum areolatum*, que serve de alimento para as larvas durante seu desenvolvimento no interior do tronco. Tanto o muco quanto o fungo são tóxicos e provocam a morte da planta. Além disso, o fungo se espalha pelo interior da árvore, causando seu apodrecimento. Já a larva da vespa constrói galerias para alcançar o fungo, o que inutiliza comercialmente a madeira. Após o estágio de larva, que dura cerca de dez meses, a vespa passa para o estágio de pupa, já perto da casca da árvore. Ali ela completa o seu desenvolvimento e constrói um orifício para sair do tronco.

A TÉCNICA DO FIO DE OURO

Uma outra praga de impacto econômico em plantios florestais é o pulgão-gigante-do-pínus. Hoje já com o controle biológico definido e aplicado com sucesso, o estudo desta praga trouxe uma nova forma de pesquisar insetos: a técnica conhecida como monitoramento eletrônico - EPG (Electrical Penetration Graph), que analisa o comportamento alimentar de insetos sugadores e, com isso, pode fornecer pistas sobre sua sistemática de ataque às plantas.

O trabalho é feito dentro de uma gaiola Faraday, para isolamento elétrico. Com auxílio de uma lupa, fios de ouro são colocados no dorso dos insetos e conectados a um aparelho que faz a leitura dos eletrodos. Os insetos são colocados em folhas ou ramos do seu hospedeiro, que podem ser diversas espécies de plantas, e o aparelho vai fazer a leitura. Essa leitura é transferida para um computador que transforma a informação em “ondas”, as quais são previamente determinadas para cada grupo de inseto sugador. Por exemplo, há uma onda específica para quando o inseto está somente inserindo o estilete na planta (como se estivesse provando o alimento), outra quando atinge o floema (que é quando efetivamente suga a seiva). Também são registrados o tempo de duração de cada procedimento.

A técnica tem sido amplamente utilizada para estudar o comportamento de insetos sugadores, com distintos propósitos, como em hospedeiros resistentes, com a finalidade de localizar os fatores de resistência; nas avaliações das alterações do comportamento devido a determinados componentes da planta; em avaliações da ação de inseticidas e em estudos de correlação entre o comportamento dos pulgões e os mecanismos de transmissão de vírus.

Essas informações subsidiam novas pesquisas com o objetivo de entender a diferença entre as espécies cultivadas e que ações podem ser tomadas para evitar a praga, como por exemplo, o melhoramento genético, clonagem ou mesmo alterações na forma de manejar os cultivos.

praga: conhecer sua dinâmica, forma de ação, controle biológico e manejo integrado. Em 2012 foi introduzido o parasitoide *Cleruchoides noackae*, uma vespinha inimiga natural do percevejo-bronzeado. O trabalho é cooperativo e faz parte do Programa de Proteção de Pragas Florestais PROTEF, do Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, IPEF, com a participação da Universidade Estadual Paulista/UNESP (campus Botucatu), Esalq/USP, Embrapa Florestas e Embrapa Meio Ambiente.

Assim como o percevejo-bronzeado é uma praga nova e precisa ser conhecida, também é necessário entender melhor os aspectos biológicos do parasitoide, uma espécie também desconhecida. Um dos desafios é a criação massal desse inimigo natural em laboratório, com a definição de protocolos de trabalho. Esta tarefa tem sido realizada

com sucesso no Laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas. “A viabilização da multiplicação massal deste inimigo natural em laboratório é uma das chaves para o controle da praga. Em paralelo, estamos também estudando métodos para liberação do parasitoide em campo e avaliando sua dispersão e eficácia”, informa o pesquisador Leonardo Barbosa. “Até o momento já liberamos o parasitoide em mais de 10 empresas e também já enviamos para o Instituto Nacional de Investigação Agropecuária (INIA), no Uruguai”, completa o pesquisador.

Um nematoide para a vespa-da-madeira, uma vespinha para o percevejo-bronzeado. A diversidade de agentes utilizados no controle biológico é grande. Para a principal praga da erva-mate, o besouro-corintiano, também conhecido como broca-da-

erva-mate (*Hedypathes betulinus*), um fungo entomopatogênico, que causa danos somente a insetos, foi a solução encontrada. O *Beauveria bassiana* deu origem ao inseticida biológico Bovemax®, um óleo que, quando aplicado nas plantas de erva-mate, contamina os adultos da praga, que morrem após cerca de um mês.

Para chegar à formulação final, foram realizados bioensaios para seleção do isolado do fungo mais promissor para o controle. Em seguida, testes em campo avaliaram a eficácia deste isolado, bem como as diferentes formulações e concentrações adequadas para o controle do inseto. As estratégias de aplicação (forma e quantidade) também passaram pelo crivo dos pesquisadores da Embrapa Florestas e da empresa parceira neste projeto, a Novozymes.

MANTENHA OS INIMIGOS POR PERTO!

Por Paula Rodrigues

A preservação de populações de inimigos naturais no campo é uma das principais estratégias de controle biológico de ácaros-praga no cultivo do morangueiro. Assim, a estratégia de promover condições ideais para o desempenho dos inimigos naturais preexistentes no campo assegura que a população da praga fique aquém dos níveis de dano econômico.

O produtor rural Cloilton Brahin, da Coopgrande - Cooperativa Agrícola de Campo Grande (MS), optou pela adoção do controle biológico em cultivo de hortaliças. “Quando o agricultor utiliza o produto químico em excesso, a praga pode adquirir resistência. Neste caso, o controle biológico acaba sendo uma alternativa bastante eficiente”, observa.

Contudo, para assegurar a eficiência do método, é preciso conciliar o monitoramento das lavouras com o controle preventivo, a fim de saber qual inimigo natural deve ser utilizado. “A escolha do agente de controle biológico varia em virtude da praga que se quer combater e, antes de liberá-lo no ambiente, é preciso averiguar se não haverá impactos, por isso a importância de consultar órgãos de extensão rural ou institutos de pesquisa”, assinala o entomologista Alexandre Pinho de Moura, pesquisador da Embrapa Hortaliças.

O controle biológico integra as alternativas de controle previstas no Manejo Integrado de Pragas (MIP) e, para que seja eficiente, é preciso considerar sua compatibilização com

o controle químico, a partir do uso de agrotóxicos seletivos, capazes de afetar o inseto-praga sem, entretanto, comprometer a sobrevivência dos inimigos naturais ou impactar negativamente o ambiente.

Uma pesquisa conduzida pela Embrapa Hortaliças aponta o uso excessivo de acaricidas sintéticos não seletivos em cultivos de morango no Distrito Federal. Com isso, os ácaros benéficos da família *Phytoseiidae*, predadores do ácaro-praga *Tetranychus urticae*, também denominado ácaro-rajado, têm os níveis populacionais reduzidos, dando margem para maior disseminação da praga nas lavouras.

Devido aos surtos populacionais, que podem reduzir em até 80% a produção de morangos, o ácaro-rajado é tido como praga-chave da cultura, principalmente no período seco, compreendido entre os meses de junho e agosto. Ele injeta toxinas na planta, causando manchas nas folhas e reduzindo a capacidade de fotossíntese, o que ocasiona enfraquecimento e queda prematura da folhagem.

Em áreas de sistema convencional foi observada a incidência de duas espécies de ácaros-predadores, sendo o dobro de espécies encontradas sob cultivo orgânico. Assim, independentemente do sistema de produção, o controle biológico

natural ou conservativo mostrou-se uma boa opção para o manejo desta praga do morango.

“Como a população de inimigos naturais ocorre espontaneamente, sugere-se a utilização de estratégias que promovam a sobrevivência e melhor desempenho dos ácaros predadores no campo”, assinala o entomologista Miguel Michereff Filho. Dessa forma, com o manejo adequado o agricultor cria condições ideais ao desenvolvimento dos ácaros predadores que irão regular a população do ácaro-rajado e mantê-la abaixo dos níveis de dano econômico. »



Foto: SXC

INFORMAÇÃO É A SOLUÇÃO PARA CONTROLE DO PERCEVEJO NA SOJA

Por Carina Gomes

Preocupada com o crescimento dos casos de resistência de percevejos a inseticidas na cultura da soja, a Embrapa Soja (Londrina, PR) vem desenvolvendo pesquisas para compreender as práticas de manejo de praga em campo. “Têm sido cada vez mais comuns relatos de 5, 6 e até 7 aplicações para o controle de percevejos em soja, o que nos mostra uma situação preocupante do ponto de vista ambiental e econômico. Há um certo descontrole, mas, por outro lado, há muita informação disponível para se reverter esse quadro”, explica a entomologista Clara Beatriz Hoffmann Campo.

Uma pesquisa inédita, desenvolvida em áreas de produtores da Coamo, uma das

maiores cooperativas agrícolas brasileiras, mostrou que é preciso retomar com urgência as práticas de Manejo Integrado de Pragas. De acordo com o pesquisador Samuel Roggia, um dos autores do estudo, é cada vez mais comum se deparar com situações como densidades elevadas de percevejos, resistência a inseticidas, falhas de controle e desequilíbrio ambiental, fatores que potencializam o ataque de outras pragas como ácaros e lagartas que atacam vagens.

O estudo contemplou 189 lavouras de agricultores, onde se testou o controle de percevejos de acordo com o programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), comparando-o com o sistema de controle utilizado pelos produtores e com uma área testemunha sem controle da praga. O estudo foi desenvolvido no contexto de novos

e modernos sistemas produtivos de soja, e a maior parte das unidades foi implantada em áreas com cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado (72,75%), de ciclo precoce (51,3%) e semiprecoce (27,8%), nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina, abrangendo regiões com diferentes pressões populacionais da praga.

Ao comparar o sistema adotado pelo produtor e as áreas conduzidas segundo as estratégias do MIP, constatou-se que o número médio de aplicações de inseticidas foi aproximadamente duas vezes menor nas áreas que seguiram o MIP, ou seja, menos da metade do que foi utilizado habitualmente pelo produtor. De modo geral, o sistema do produtor usou de 1,3 a 7,8 vezes mais aplicações de inseticidas do que seria necessário a partir das recomendações do MIP, que usa o pano de batida como ferramenta de monitoramento. “É importante destacar que, com a utilização do MIP é possível reduzir o uso de inseticidas sem perdas de produtividade e qualidade da produção. É uma situação comparável aos resultados obtidos há 35 anos, antes da implantação do MIP no Brasil”, explica a pesquisadora Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira.

O estudo constatou também os malefícios de uma prática muito comum no campo: a aplicação preventiva de inseticidas. Nas áreas que não seguiram o MIP, 64,4% das aplicações para percevejo foram realizadas de forma preventiva, sendo, 29,8% delas realizadas antes do aparecimento das primeiras vagens, portanto fora do período crítico para o dano do percevejo. “Esta situação reflete práticas atualmente adotadas por muitos sojiculto-

tores em todo o Brasil e, em especial, indica o baixo uso de técnicas de monitoramento das lavouras para a tomada de decisão”, explica Samuel Roggia, pesquisador da Embrapa Soja. “Estas aplicações realizadas preventivamente, antes do surgimento das primeiras vagens, não resultaram em benefícios para a produtividade ou qualidade dos grãos, e não reduzem a intensidade de ataque da praga na fase crítica da soja ao dano por percevejos”, acrescenta o pesquisador.

“Além da eliminação precoce dos inimigos naturais, a aplicação antes do período crítico eleva o custo de produção e favorece o desenvolvimento de populações de percevejos resistentes, pois os mesmos princípios ativos são aplicados novamente em outras fases da cultura”, explica Daniel Ricardo Sosa-Gomez, da Embrapa Soja. O manejo inadequado traz também outros problemas, como surtos de pragas que antes eram consideradas secundárias, como lagartas e ácaros. Estudos têm mostrado que nas áreas onde se faz o MIP, os riscos de ocorrência, assim como a intensidade, de ataques de pragas secundárias são reduzidos.

O momento correto para a aplicação foi outro ponto analisado na pesquisa. O acompanhamento das lavouras mostrou situações em que as aplicações foram realizadas muito cedo, ou seja, com níveis abaixo do nível de controle ou em períodos não críticos ao ataque e que, em muitas vezes, acabou se deixando de fazer o controle mais tarde, quando a soja está na fase reprodutiva, quando a planta é mais suscetível aos danos da praga. “Os resultados reforçam a necessidade de uso das amostragens para o posicionamento

correto das aplicações, explica Roggia. É preciso retomar a consciência de que o monitoramento das lavouras é subsídio básico para as decisões de controle”, acrescenta.

SITUAÇÃO COMPARÁVEL À DÉCADA DE 1980

O estudo procurou levantar dados em lavouras comerciais, em áreas abrangentes e com diferentes pressões populacionais de percevejo, que comprovaram a importância de se aplicar as técnicas de Manejo Integrado de Praga, por meio das quais o País já foi exemplo na década de 1980. Naquele período, as médias de aplicações foram reduzidas de cinco para duas por safra. Contudo, recentemente houve uma redução substancial na adoção do MIP-Soja. Em consequência, o número de aplicações voltou a atingir a média de quatro a seis aplicações por safra, e já não é tão incomum encontrar casos de sete aplicações ou mais.

“É um trabalho técnico-científico que validou, de maneira definitiva, dúvidas sobre os parâmetros fixados pela pesquisa visando à aplicação no manejo de percevejos na cultura da soja no Brasil”, avalia Joaquim Mariano Costa, chefe da fazenda experimental da Coamo Agroindustrial Cooperativa.

O estudo comprovou que o MIP-Soja é viável para os modernos sistemas produtivos de soja. O MIP-Soja protege a lavoura de perdas causadas por pragas, utilizando inseticidas de forma racional, com menor risco de contaminação do agricultor, alimentos e ambiente. Além disso, a preservação de inimigos naturais presentes na lavoura reduz os riscos de ocorrência de surtos de pragas como ácaros e lagartas que atacam vagens. »



BACULOVÍRUS CONTROLA COM EFICÁCIA A LAGARTA-DO-CARTUCHO

Por **Guilherme Viana**

O método de produção em larga escala de bioinseticida desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG) do *Baculovirus spodoptera* (sigla comercial ‘SfNPV’), tipo de vírus que controla com eficácia a lagarta-do-cartucho, uma das principais pragas da cultura do milho, será explorado comercialmente pelo Grupo Vitae Rural, empresa mineira especializada no desenvolvimento de produtos homeopáticos para o agronegócio.

Segundo o empresário Paulo Bittar, do Grupo Vitae Rural, a meta

é disponibilizar a tecnologia em 140 mil hectares de milho no País em um período de cinco anos. O uso do bioinseticida à base de Baculovirus é ideal para ser usado em culturas *Bt* e em áreas de refúgio.

De acordo com Bittar, um dos desafios para a produção comercial do Baculovirus é o desenvolvimento de uma formulação que ofereça proteção ultravioleta ao bioinseticida, de forma que ele possa ser aplicado em qualquer hora do dia nas lavouras de milho. “Devemos intensificar esforços também no desenvolvimento de propriedades que permitam que o bioinseticida tenha maior aderência

às folhas das culturas, aumentando a eficiência desse biopesticida”, revela.

Uma das grandes vantagens do Baculovirus, segundo o pesquisador Fernando Hercos Valicente, do Núcleo de Biologia Aplicada da Embrapa Milho e Sorgo, é a segurança que o produto proporciona tanto para o homem quanto para a natureza, já que pode reduzir drasticamente o uso de inseticidas, que chega a 15 aplicações durante o ciclo da cultura em algumas regiões do Brasil.

O bioinseticida age especificamente contra a lagarta-do-cartucho, preservando outros insetos na lavoura.

“O Baculovírus contamina a lagarta por via oral, quando ela ingere as folhas da planta que foram pulverizadas pelo produto, provocando sua morte em até oito dias após a ingestão”, afirma o pesquisador.

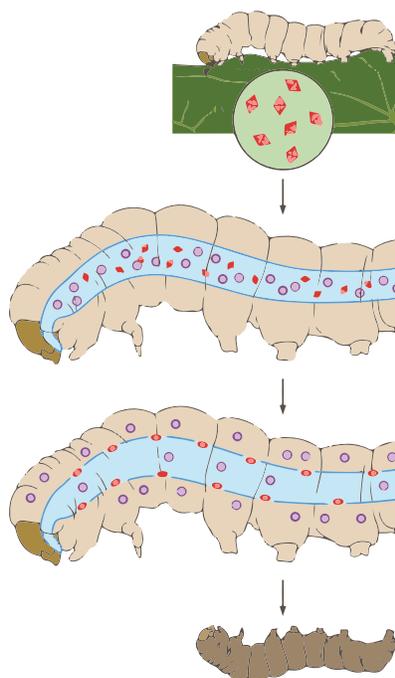
CENÁRIO

A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é uma das principais pragas do milho no Brasil, podendo reduzir a produção de grãos em mais de 50%. No início ela apenas raspa a folha, mas, quando desenvolvida, perfura a folha, danificando-a por completo e destruindo o cartucho (caule da planta). O inseto ataca a planta desde sua emergência, cortando-a rente ao solo, até a fase produtiva, destruindo as espigas em formação. O período crítico é o próximo ao florescimento. No milho, ocorre tanto nos cultivos de verão como nos de segunda safra.

HELICOVERPA ARMIGERA

Em relação à mais nova ameaça à agricultura brasileira, que tem surpreendido produtores e pesquisadores pelo seu poder de destruição, causando prejuízos, principalmente, às lavouras de milho, soja e algodão, a Embrapa identificou cepas eficientes de Baculovírus e de *Bt*. O pesquisador Fernando Hercos Valicente, da Embrapa Milho e Sorgo, é um dos responsáveis pela pesquisa. “Fizemos coletas da *H. armigera* em Luís Eduardo Magalhães e identificamos isolados de Baculovírus que estão sendo multiplicados em lagartas saudáveis da criação artificial. Encontramos também quatro cepas da nossa coleção de *Bacillus thuringiensis* que controlaram eficientemente essa praga. No momento, estamos na fase de identificação de meio básico para a produção de biopesticidas”, revela Valicente.

O Laboratório de Micologia de Invertebrados (LMI), da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, realiza pesquisas que contribuem para o desenvolvimento de produtos à base de fungos, os chamados micoinseticidas, destinados ao controle de insetos-praga. Nos últimos anos a indústria de micoinseticidas cresceu e passou a ocupar alguns nichos de mercado, como é o caso do fungo *Metarhizium anisopliae* utilizado em lavouras de cana-de-açúcar para o controle de cigarrinhas. Avanços na qualidade desses produtos não têm ocorrido em ritmo que atenda às expectativas dos produtores rurais. Aspectos industriais pós-produção explicam, em parte, a variabilidade dos resultados de campo e a ainda limitada inserção mercadológica. Dentre esses fatores, destacam-se os processos de extração e secagem de ingredientes ativos, formulações, métodos de empacotamento para aumento do tempo de estocagem sob condições tropicais, metodologias para avaliação da qualidade dos ingredientes ativos produzidos, além de estratégias de liberação dos patógenos em campo visando maior contato com o alvo e persistência no ambiente. Para o pesquisador Marcos Faria, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, “sem pesquisas desta natureza, atualmente conduzidas no LMI, a participação dos micoinseticidas no mercado de agrotóxicos poderá ficar comprometida nos anos vindouros”.



1 Larvas ingerem Bt

2 A toxina se une a receptores do intestino, a larva deixa de se alimentar e perde a mobilidade

3 O intestino se rompe e os esporos penetram no corpo do inseto

4 A larva morre de septicemia e os esporos germinam no corpo do inseto

MENSAGENS ALIADAS

Por Marita Cardillo e Fernanda Diniz

Outra linha de pesquisa, diferente do controle biológico, mas também forte aliada do manejo e controle de pragas e doenças, tem sua base na Ecologia Química, ciência voltada ao estudo de substâncias - os chamados semioquímicos - mediadoras da interação entre plantas, insetos e patógenos. Esses organismos trocam mensagens químicas entre si, gerando reações como a atração e repulsão.

No caso de indivíduos da mesma espécie, essa comunicação se expressa através de substâncias químicas denominadas feromônios, que podem ser usados para demarcar território, avisar sobre a presença de um inimigo, detectar alimentos e encontrar o parceiro para acasalar. A comunicação química nos insetos é primordial para o sucesso do acasalamento, mas outros meios de comunicação também são explorados por estes como a comunicação vibracional e visual.

Através da observação dessas interações é possível avaliar o comportamento de determinado inseto-praga e identificar o feromônio liberado que, transportado pela atmosfera, ao ser detectado, por exemplo, por outro indivíduo da mesma espécie é usado por este para encontrar o parceiro sexual, ao mesmo tempo também pode ser detectado por seus inimigos naturais.

Pesquisadores da Embrapa têm se debruçado sobre o estudo de diferentes insetos-praga – mariposas do milho, broca-do-fruto-do-cupuaçu, coleópteros de algodão e percevejos que atacam culturas como arroz, algodão, milho, feijão e soja. Reproduzem em laboratório as condições encontradas na natureza, extraem feromônios de interesse e os colocam em armadilhas que vão ajudar a controlar os insetos-praga.

As pesquisas conduzidas no laboratório de Semioquímicos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia geraram um produto comercial do feromônio sexual do percevejo *Euschistus heros*, em fase de comercialização, que irá auxiliar produtores a combater essa praga nas plantações de soja, que causa atrofia nos grãos, diminuindo seu valor de mercado.

“As armadilhas feromonais funcionam como um método eficiente e limpo de monitoramento da população de percevejos no campo. A ideia é que o produtor coloque as armadilhas nas culturas e faça inspeções semanais em busca de percevejos. Sempre que o número de insetos nas armadilhas alcançar uma quantidade determinada a aplicação de inseticida será recomendada, aumentando a efetividade do controle e diminuindo o número de aplicações de pesticidas”, afirma o pesquisador Miguel Borges, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Segundo ele, os semioquímicos ocupam hoje cerca de 30% do mercado de biopesticidas no mundo, perdendo apenas para os inseticidas bacterianos e os botânicos. No Brasil, o mercado de semioquímicos está em franca expansão, com mais de 15 produtos registrados e outros em fase de registro.

Novos resultados de sucesso nos laboratórios e ensaios da Embrapa, segundo Borges, estão em fase de patenteamento pela equipe do laboratório de Semioquímicos, como os feromônios que controlam o cascudinho da cama de frango (*Alphitobius diaperinus*) e a broca-do-mogno (*Hypsipyla grandella*), praga que tira o sono de cientistas e produtores de todo o mundo.

Os semioquímicos proporcionam a redução de aplicação de inseticidas, permitindo um melhor equilíbrio ambiental no sistema agrícola. Os pesquisadores lembram trabalhos que contemplam a manipulação do comportamento dos insetos benéficos. É o caso das vespíngas que parasitam os ovos de percevejos e mariposas, por exemplo. Em outra vertente, esses semioquímicos podem agir indiretamente e benéficamente sobre as abelhas, importantes agentes de polinização.

O tema tem sido amplamente debatido na programação de pesquisa da Empresa. Recentemente, foi proposta a organização de um portfólio de projetos em Ecologia Química. A ideia é identificar novas substâncias derivadas de insetos, patógenos, plantas, animais e microrganismos para uso no manejo integrado de pragas e na defesa de uma agricultura mais sustentável.

ALÉM DOS LABORATÓRIOS

Por Marita Cardillo

Nas lavouras, o trabalho é também de convencimento. O produto de controle biológico age de forma diferente se comparado ao controle químico. Nesse último caso, se o produtor aplica em um dia, no outro já vê, por exemplo, lagartas mortas. No caso do controle biológico, primeiro a lagarta para de comer e, portanto, não age mais nocivamente sobre a planta, mesmo que se apresente ainda viva no dia seguinte, até morrer. “É preciso paciência”, diz a pesquisadora Rose Monnerat.

A hora da aplicação também deve ser observada. Os raios ultravioletas podem fazer com que a ação do produto de controle biológico seja reduzida, pela sensibilidade da toxina ao sol. Como as lagartas, por exemplo, continuam comendo durante a noite, a chance de elas ingerirem um produto com sua ação maximizada se torna maior, caso a aplicação tenha sido feita a partir das 16 horas. De qualquer forma, avanços da nanotecnologia já preveem o encapsulamento da toxina, de modo que ela fique protegida dos raios do sol.

Há casos de insetos resistentes às toxinas produzidas por microrganismos do controle biológico, o que faz com que o monitoramento da sua eficiência seja um trabalho constante. No caso do controle do *Aedes aegypti*, a bactéria que mata a larva do mosquito tem quatro toxinas que agem de forma sinérgica. Os produtos à base desta bactéria estão sendo usados desde a década de 1990 e não foi ainda detectada população resistente, nem mesmo em laboratório. Veja matéria “Eficiência também no meio urbano”.

Rose conta o caso de uma ação de combate ao mosquito transmissor da malária em tanques de piscicultura. A Embrapa optou pelo produto líquido. O concorrente, pela sua forma granulada. Os granulados foram ingeridos por patos e não pelos mosquitos, que, sim, eram o alvo. Outro caso ocorreu na Alemanha. Precisava-se combater mosquitos que se instalavam na borda de rios, rodeada por árvores. A opção de veículo para aplicação do produto de controle biológico era o avião. O risco de o produto em sua forma líquida não chegar ao solo, por causa da evaporação, foi considerado. A saída foi congelar o produto. A bactéria chegou ao solo em cubos de gelo, que, mais pesados, foram direto ao chão. Mais tarde derretidos, permitiram a ação do microrganismo.

São casos que mostram que o sucesso da pesquisa depende de observações que vão muito além dos laboratórios.

»

EFICIÊNCIA TAMBÉM NO MEIO URBANO

Por Marita Cardillo e Fernanda Diniz

Se a eficiência do controle biológico de pragas e doenças, como alternativa ou em associação a outras formas de manejo, se comprova nas lavouras, o mesmo ocorre nas áreas urbanas. Bioinseticidas lançados pela Embrapa em parceria com a Bthek Biotecnologia, do Distrito Federal, prometem combater agentes transmissores de doenças como malária ou dengue, e foram testados com sucesso em alguns municípios brasileiros.

O mais recente é o inseticida biológico “Fim da Picada”, cujo alvo são os borrachudos, responsáveis por picadas doloridas e por alergias em humanos e animais, inclusive nos de interesse para a agropecuária, como ovinos e bovinos. Ainda não está no mercado. Lançados antes dele, já são comercializados o *Sphaerus SC*, para controle do mosquito da malária, e o *Bt-horus*, eficaz contra o mosquito da dengue. Um terceiro, o “Ponto.Final”, foi lançado em 2008 e soma-se aos agentes de controle de lagartas que atacam culturas agrícolas, como a soja, o milho e as hortaliças. No caso de bioinseticidas, novos produtos foram desenvolvidos pela Embrapa, que recentemente repassou para a ICB Bioagritec uma bactéria do seu banco, um meio de cultura, um processo de fermentação e uma formulação destinada ao controle de larvas do *Aedes aegypti*.

As bactérias que tornaram possível o desenvolvimento de produtos como os bioinseticidas saíram do Banco de Bactérias de Invertebrados da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. A

coleção é respeitável e atende a outras vertentes do controle biológico. Pesquisadores vêm se dedicando à busca de novos produtos para o combate a lagartas, em parceria com o Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA), e à identificação e ao patenteamento de genes produtores de proteínas tóxicas a lepidópteros (borboletas e mariposas) e a coleópteros (besouros). Outro foco de pesquisas, de acordo com Rose Monnerat, está dirigido ao controle do vetor do greening, que afeta os citros, em parceria com outras Unidades da Empresa. São apenas exemplos de um trabalho amplo.

O Banco e outras coleções micro-

bianas da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia estão contribuindo para fazer da Unidade referência na coleta, isolamento, caracterização e estocagem de vírus, fungos e bactérias destinados ao controle de insetos-praga da agricultura e vetores de doenças (saiba mais na matéria sobre microrganismos, também nesta edição da **XXI** *Ciência para a vida*). São, ao todo, contando as cepas de microrganismos existentes nos vários bancos da Unidade, 2.500 estirpes de bactérias, 1.500 de fungos e 70 de vírus que formam apenas a coleção de agentes de controle biológico.



Foto: Thinkstock/Embrapa

QUALIDADE DOS PRODUTOS À BASE DE AGENTES DE BIOCONTROLE

Por **Maria Cristina Tordin**

Um dos problemas constantemente verificados pelos agricultores em relação ao controle biológico é quanto à qualidade dos produtos disponíveis no mercado. Muitas vezes os produtos não apresentam as concentrações indicadas no rótulo, nem a viabilidade esperada das estruturas do agente de biocontrole. Associado a isso, existe o problema relacionado com as metodologias para avaliar a qualidade dos produtos. Assim, a Embrapa Meio Ambiente, associada ao Instituto Biológico de São Paulo, Universidade Federal de Pelotas, Empresa de Pesquisa Agropecuária de

Minas Gerais, Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira e Embrapa Arroz Feijão elaboraram o projeto Desenvolvimento de Metodologia Analítica e Amostral para Avaliação de Conformidade e da Inocuidade de Produtos Comerciais formulados à base de Agentes Microbianos de Biocontrole, coordenados por Wagner Bettiol e Marcelo Morandi, da Embrapa Meio Ambiente. Como resultado, foram padronizadas metodologias para avaliar a qualidade de diversos produtos à base de agentes de biocontrole para o controle de doenças de plantas e treinados mais de 150 profissionais, direta ou indiretamente envolvidos com o setor. •



Foto: Cláudio Bezerra/Embrapa

LABORATÓRIO DE QUARENTENA

O Laboratório de Quarentena “Costa Lima”, situado na Embrapa Meio Ambiente, é o único no Brasil credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para introduzir inimigos naturais e outros benéficos para o controle de pragas e outros fins científicos. Este laboratório interage com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) sobre processos de importação e exportação de agentes para controle biológico de pragas e outros. Cooperar, também, com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio da Superintendência de Cooperação Internacional, Diretoria de Programas Especiais/CNPq, na consulta e parecer sobre a licença especial de coleta de material destinado para fins científicos em território nacional.

PEQUENOS SERES, GRANDES POSSIBILIDADES

Bactéria estudada na Embrapa mostra-se eficiente no controle de doenças em milho e em sorgo

Texto: Clênio Araújo
Arte: Bernardo Bhering

Processos de pesquisa muitas vezes surpreendem os próprios pesquisadores. Algo não esperado ocorre e suscita novas investigações. Foi o que aconteceu em meados de 2006 no Laboratório de Bioquímica Molecular da Embrapa Milho e Sorgo, quando de estudos para identificação da comunidade de fungos endofíticos (que se desenvolvem dentro) do milho.

Quem conta a história é o pesquisador José Edson Fontes Figueiredo: “a estudante Marta Aparecida Teixeira, da Escola Técnica de Sete Lagoas, veio me relatar que estava curiosa sobre um ‘buraquinho’ em uma das placas de crescimento de fungos que estávamos isolando no laboratório. Pedi que ela trouxesse a placa, o fungo havia crescido profusamente, ocupando toda a sua circunferência. Curiosamente, na lateral da cultura havia realmente um ‘buraquinho’ e, na base do meio de cultura, podia ser observada uma colônia de bactéria”.

A partir daí, foi feito o isolamento da bactéria e começaram vários experimentos envolvendo diversas espécies de fungos causadores de doenças

em milho e em sorgo. E qual não foi a surpresa da equipe ao constatar que ela inibiu o crescimento de, simplesmente, todos os fungos testados. Os nomes são complicados (*Acremonium strictum*, *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Exserohilum turcicum*, *Colletotrichum graminicola*, *Colletotrichum sublineolum* e *Pero-nosclerospora sorghi*), mas os danos causados por esses fungos são fáceis de entender e de ver no campo. Os experimentos foram repetidos e ampliados, agora incluindo o tratamento de sementes. Novamente, não houve crescimento e desenvolvimento dos fungos. Ou seja, a bactéria, de fato, tem ação efetiva contra tais organismos.

Os testes continuaram ainda em laboratório, mas agora com microbiolização, que é o uso de microrganismos para proteção de sementes. Utilizando uma mistura de amido e sacarose a 50% e secando as sementes por 24h em estufa à temperatura de 30 °C, foram comparadas as sementes inoculadas com a bactéria e as que foram tratadas com fungicidas. Na primeira situação, o controle foi novamente total, prin-

cipalmente sobre *Aspergillus* e *Penicillium*. José Edson explica que “esses resultados são significativos, pois geralmente a atividade antagonista é observada em alguns casos apenas ou a inibição, muitas vezes, é parcial. Com a bactéria estudada, os resultados eram sempre de 100% de inibição contra diferentes espécies de fungos, pertencentes a diferentes gêneros”.

Com os sucessivos bons resultados, havia chegado a hora de testar a atividade biofungicida da bactéria em casa de vegetação. Em outro experimento, este em parceria com os pesquisadores Rodrigo Veras da Costa, Dagma Dionízia da Silva e Luciano Viana Cota, daquela Unidade, e com o estudante de doutorado da Universidade Federal de Viçosa (UFV) Fabrício Eustáquio Lanza, os resultados também foram positivos. A bactéria conferiu proteção às plantas de milho em solo artificialmente infestado com *Fusarium verticillioides*. Já as plantas tratadas com fungicidas e as chamadas plantas-controle ou testemunhas, que não receberam tratamento de sementes, tiveram desempenho pior



no mesmo solo saturado pelo fungo. Ou seja, novo sucesso!

O PORQUÊ DE ESTUDAR FUNGOS

José Edson explica que, hoje, as perdas na agricultura podem variar de 30% a 100% da produtividade se não forem aplicados agroquímicos. Mas, como se sabe, isso tem um alto preço: “o uso inadequado de pesticidas sintéticos causa sérios problemas, como toxicidade não seletiva, acúmulo de compostos tóxicos, desenvolvimento de resistência aos pesticidas, contaminação ambiental, animal e humana com surgimento de doenças por intoxicação ou alterações fisiopatológicas e até mesmo câncer. Nas últimas décadas, índices de contaminação alarmantes sinalizaram para a comunidade científica, órgãos governamentais de Saúde e Meio Ambiente e a população em geral a necessidade de se buscar alternativas menos impactantes”, detalha o pesquisador.

No caso das doenças causadas por fungos, que afetam todas as partes da planta de milho, a queda na produtividade chega a mais de 60%, podendo,

inclusive, inviabilizar a utilização do grão para consumo direto e para consumo de produtos processados. Segundo o pesquisador, os fungos podem atacar grãos de milho tanto na fase pré-colheita (quando há podridões de espigas) quanto na pós-colheita, que envolve o beneficiamento, o armazenamento e o transporte (quando aparecem grãos mofados ou embolorados). Quando o milho está estocado, conforme as condições em que isso é feito, as doenças causadas por fungos podem diminuir a germinação das sementes e ocasionar acúmulo de substâncias tóxicas.

“Frequentemente, metabólitos de fungos detectados nas podridões de espiga e designados genericamente como ‘fungos de campo’ causam a patologia conhecida como grãos ardidos, e fungos que crescem em condições de armazenamento de grãos são designados como ‘fungos de armazenamento’ ou fungos toxigênicos. No processo de colonização dos grãos, muitas espécies de fungos toxigênicos, podem, além dos danos físicos (descolorações dos grãos, reduções nos conte-

údos de carboidratos, de proteínas e de açúcares totais), produzir substâncias tóxicas denominadas micotoxinas”, explica José Edson. E hoje as micotoxinas são um dos principais desafios para os produtores brasileiros de milho, pois provocam sérios danos à saúde humana e à animal.

As apostas no uso da bactéria estudada pelos pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo no controle de doenças fúngicas

estão lançadas. Reduzir o uso intenso de fungicidas, os riscos iminentes de contaminação do meio ambiente, possíveis intoxicações e doenças em seres humanos e em outros animais, bem como prejuízos econômicos causados pela presença de grãos ardidos e de micotoxinas são objetivos a alcançar.

De acordo com Joice Machado Bariani, que trabalha com propriedade intelectual na Embrapa Milho e Sorgo, “os passos exigidos perante os órgãos que regulam este tipo de pesquisa e produtos estão sendo seguidos, à medida que a pesquisa está se desenvolvendo”.

Resultados de pesquisas já realizadas apontam para o sucesso da empreitada. Falta, agora, transformar esse sucesso conseguido em laboratório e em casa de vegetação em produtos de fácil acesso ao produtor. A transição da pesquisa para o mercado é essencial e potencializará os benefícios de atuação da bactéria.

TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Por Waldyr Stumpf Jr.



Foto: Orlando Brito

Waldyr Stumpf Jr.

Diretor-Executivo de Transferência de Tecnologia da Embrapa

Campos de atuação: Ciências Agrícolas, Zootecnia, Transferência de Tecnologia, Tecnologias Sociais, Gestão.

Desde os primeiros ensaios sobre a mudança estrutural da pesquisa agropecuária no Brasil, que se consumou com a criação da Embrapa em 1973, a preocupação com a utilização dos resultados e os seus impactos junto aos agricultores e à sociedade em geral esteve sempre presente. Isso foi expresso claramente na primeira Missão da Empresa. Lá está, num mesmo alinhamento, que o dever da Embrapa é o de gerar e difundir conhecimentos, de tal forma que uma ação só existe em consonância com a outra. Nesses 40 anos de existência, esse tem sido um exercício constante e hoje a instituição tem uma diretoria e um departamento dedicados exclusivamente à transferência de tecnologia.

Mais do que exercitar “transferência” dos resultados, levando a informação de um lugar para outro, esta ação compreende uma operação complexa, de interação com a sociedade. Temos consciência da grandeza do esforço e da responsabilidade que nos cabe. Trabalhamos no limiar entre a ciência e a sociedade e não há como entender de conhecimento sem entender de gente, de pessoas e seus contextos sociais, econômicos, culturais e comportamentais.

A análise detalhada das necessidades e demandas, considerando aspectos ligados à realidade local, às realidades regionais, às questões culturais, políticas e de mercados, precisa ser exercitada. Novos e complexos desafios reconfiguram a todo tempo as questões de pesquisa, pois a realidade social é dinâmica. E resultado bom é o que serve à sociedade. Esses desafios exigem uma relação cada vez mais próxima entre as áreas de pesquisa e de transferência de tecnologia. Exigem, ainda, esforços para tornar mais claros os conceitos e, nessa dimensão, inserir conhecimentos de outras áreas na pesquisa agropecuária, não apenas aqueles relacionados às ciências naturais.

No Brasil, o processo de desenvolvimento agrícola sofreu forte impacto com a extinção da Embrater no início dos anos 1990. A partir daquele momento observou-se uma desestruturação na conexão entre a assistência técnica e extensão rural (Ater) a pesquisa e os agricultores, principalmente os mais vulneráveis. A assistência técnica privada ganhou força e as empresas de insumos estruturaram redes de venda e assistência que fortaleceram o apoio aos clientes, fornecendo não apenas produtos, mas também serviços de orientação técnica.

Agricultores com pouca capacidade de organização e de recursos para sua manutenção e reprodução, e com limitadas oportunidades de se relacionar com instituições de Ater e de pesquisa e de incorporar seus resultados, acabaram desvinculados do processo, o que ampliou seu grau de vulnerabilidade.

Mas, nos últimos tempos, boas notícias começaram a chegar. Uma das contribuições recentes mais impactantes está na formulação da Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater), estrutura que coordenará a extensão rural no Brasil e que deverá estimular o desenvolvimento no campo, priorizando pequenos e médios agricultores, organizações associativistas, e o sistema nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater).

Serão criados novos canais de articulação e aperfeiçoados os existentes. O processo terá que ser mais dinâmico, de aproximação e colaboração entre as instituições que compõem o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, do Sistema de Ater e demais parceiros que formam essa grande rede nacional envolvida com o desenvolvimento rural sustentável. A pesquisa, ao longo dos últimos 40 anos, aperfeiçoou muito seus processos de geração de conhecimento e agora é preciso valorizar ainda mais a identificação e priorização das demandas e as respostas rápidas ao campo. •



Acesso à
Informação

Acesso à informação um direito de todos

O Serviço de Informação ao Cidadão (SIC) da Embrapa está disponível.
É o compromisso com a transparência pública.

Por meio do SIC você tem acesso às informações das ações e programas desenvolvidos pela Embrapa e tem conhecimento também dos processos de auditoria, demonstrações contábeis, convênios realizados, despesas executadas e muito mais.

Para acompanhar a gestão pública na Embrapa

- *acesse hotsites.sct.embrapa.br/acessoainformacao*
- *envie um e-mail para sic@embrapa.br*
- *ligue para (61) 3448-1960 / 3448-1961*
- *visite-nos na Embrapa Sede, Térreo*



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Coleção

• 500 Perguntas • 500 Respostas •

• Você pergunta, a Embrapa responde •

Mais de 500 respostas na palma da mão

Conheça os e-books da Coleção 500 Perguntas 500 Respostas. Baixe-os gratuitamente, de onde estiver, para ler no seu smartphone, tablet ou computador. No final do livro, você poderá fazer mais uma pergunta, que a Embrapa enviará a resposta para o seu e-mail.

Visite o site no endereço www.embrapa.br/mais500p500r, baixe os e-books e faça sua pergunta. Contamos com você!

