

# O AGRÔNÔMICO

Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônômico – Volume 67 – 2015 – Série Técnica APTA – ISSN 0365-2726

## A semente da vida está em nosso



2015 - Ano Internacional dos Solos

# Missão



Gerar e transferir ciência, **tecnologia** e produtos para otimização dos sistemas de produção **vegetal**, com responsabilidade ambiental, visando ao desenvolvimento **socioeconômico** e à segurança **alimentar**, por meio da pesquisa, da formação de recursos humanos e da preservação do **patrimônio**.



[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)

O Instituto Agrônomo é uma organização centenária e vem contribuindo para o desenvolvimento da agricultura brasileira ao longo de sua existência. Esta contribuição tem sido baseada nos resultados de suas pesquisas e também em constante busca de aderência de seus projetos à demanda do setor produtivo, os quais favorecem a inovação. As atividades institucionais do IAC são realizadas em alinhamento com políticas públicas, o que, com certeza, contribui para a melhoria de vida dos cidadãos brasileiros.

*Sérgio Augusto Morais Carbonell*  
Diretor Técnico de Departamento  
do Instituto Agrônomo



Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
Instituto Agrônomo  
Governador do Estado  
*Geraldo Alckmin*  
Secretário de Agricultura e Abastecimento  
*Arnaldo Jardim*  
Secretário-Adjunto de Agricultura e Abastecimento  
*Rubens Naman Rizek Júnior*  
Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
*Orlando Melo de Castro*  
Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônomo  
*Sérgio Augusto Morais Carbonell*

**O AGRONÔMICO**  
(Instituto Agrônomo)  
Campinas, SP  
1941-1; 1949-2011 1-63  
(Série Técnica Apta)

A partir do v. 52, n. 1, faz parte da Série Técnica Apta da SAA/APTA.  
A eventual citação de produtos e marcas comerciais não expressa, necessariamente, recomendação de seu uso pela Instituição.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte. A reprodução total depende de anuência expressa do Instituto Agrônomo.

**O AGRONÔMICO**  
Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo  
Volume 67 – 2015  
Série Técnica APTA  
ISSN 0365-2726  
[oagronomico@iac.sp.gov.br](mailto:oagronomico@iac.sp.gov.br)

Editores  
*Charleston Gonçalves*  
*Luiza M. Capanema*

Editoração e arte final eletrônica  
*Intermedia Serviços de Propaganda Ltda.*

Revisão  
*Maria Angela Manzi da Silva*

Capa  
*Impulsa Comunicação*

Fotos  
*Arquivo IAC | Shutterstock*



Av. Barão de Itapura, 1.481 - Caixa Postal 28 - 13020-902 Campinas (SP)  
Fone: (19) 2137-0600 - Fax: (19) 2137-0706

O Agrônômico v. 67 | 2015

O IAC tem fundamentado o planejamento e a gestão de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em quatro pilares, norteadores de seus resultados institucionais. Esses pilares são:

- Essencialidade - demonstração de que os resultados de P&D são importantes para o desenvolvimento das diversas cadeias produtivas da agricultura brasileira e outras áreas afins;
- Pesquisa responsável - aderência dos projetos e seus resultados à demanda do setor produtivo;
- Credibilidade e legitimidade - demonstração de que os resultados contribuem para o desenvolvimento da agricultura brasileira e, por isso, a organização é reconhecida pela sociedade;
- Competitividade - manutenção e ampliação de seu papel no Sistema Nacional de Inovação.

Os resultados da P&D do IAC são também

fundamentados na missão e nos valores institucionais, os quais demonstram que a contribuição do Instituto vai muito além do patrimônio físico e histórico presente em todas as suas unidades de pesquisa.

O Boletim Informativo O Agrônômico, volume 67, 2015, seguindo seu papel de divulgar resultados da atividade institucional do IAC, destaca artigos relacionados ao tema solos na seção Informações Técnicas, em comemoração ao Ano Internacional dos Solos e tema do aniversário do IAC de 128 anos. Em outros, é relatada também a questão da escassez hídrica e seus reflexos no setor agrícola - tema importante e bastante discutido no último biênio.

Trazemos nas Páginas Azuis entrevista com Dr. Heitor Cantarella, pesquisador do IAC, liderança reconhecida nacionalmente em pesquisa em Solos. Neste volume, Cantarella salienta as contribuições do IAC na área de Solos, bem como as ações de transferência de tecnologia do Instituto.

A seção de Trajetória de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia traz artigo que apresenta a evolução e as contribuições do IAC, em 2015, em pesquisa com Floricultura e Plantas Ornamentais. Por fim, mantendo a tradição, o volume 67 destaca as cultivares registradas e o Balanço Hídrico para os meses de 2015.

Charleston Gonçalves  
Luiza M. Capanema  
Editores - O Agrônômico



|    |                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b>EDITORIAL</b><br>O Agrônômico<br>V. 67   2015                                                                                                                                  |
| 2  | <b>PÁGINAS AZUIS</b><br>Entrevista com<br>Heitor Cantarella                                                                                                                       |
| 6  | <b>TRAJETÓRIA DE PESQUISA,<br/>DESENVOLVIMENTO E TRANSFERÊNCIA<br/>DE TECNOLOGIA</b><br>Pesquisa e transferência de<br>tecnologia em floricultura e<br>plantas ornamentais no IAC |
| 10 | <b>CULTIVARES IAC</b><br>Cultivares IAC 2015                                                                                                                                      |
| 13 | <b>INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b><br>Eficiência Agronômica do fósforo<br>proveniente de lodo de suinocultura                                                                            |
| 18 | Microbiota do solo: agente da<br>produção agrícola e qualidade<br>ambiental                                                                                                       |
| 22 | Estratégia Agronômica para a crise<br>hídrica no Estado de São Paulo                                                                                                              |
| 36 | Atividade enzimática como<br>parâmetro de qualidade do solo                                                                                                                       |
| 40 | Zoneamento agroambiental<br>de bacias hidrográficas: Um<br>instrumento de gestão dos<br>recursos hídricos                                                                         |
| 48 | Biocarvão na retenção de metais<br>pesados em solos contaminados                                                                                                                  |
| 52 | Sistemas conservacionistas de<br>manejo do solo agrícola:<br>Importância da palha na superfície                                                                                   |
| 58 | Levantamento da agricultura<br>irrigada no Estado de São Paulo                                                                                                                    |
| 65 | Quarentenário IAC: Atuação na<br>Defesa Fitossanitária no Brasil                                                                                                                  |
| 66 | <b>BALANÇO HÍDRICO</b><br>Balanço hídrico (2015)                                                                                                                                  |
| 70 | <b>INSTITUCIONAL</b><br>Programa de Pós-Graduação do<br>Instituto Agrônômico (PPG-IAC):<br>Inovação na formação de recursos<br>humanos em agricultura tropical e<br>subtropical   |
| 71 | Laboratório de Fertilizantes e<br>Resíduos - Instituto Agrônômico<br>(IAC)                                                                                                        |



# Uma sólida experiência

Entrevista com Heitor Cantarella, pesquisador, IAC.



A frase escolhida pelo IAC para comemorar o Ano Internacional dos Solos **“A semente da vida está em nosso solo”** não poderia ser mais apropriada para demonstrar a importância do solo para todo o processo produtivo na agricultura.

Carla Gomes<sup>1</sup> (MTb 28156)

<sup>1</sup> Jornalista científica, Assessora de Imprensa do Instituto Agrônomo (IAC).

O ano de 2015 foi escolhido pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) como o Ano Internacional dos Solos. Em atendimento à proposta da FAO, o Instituto Agrônomo (IAC), de Campinas, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, adotou essa temática para marcar o seu 128º aniversário, comemorado em junho de 2015.

Com a frase “A semente da vida está em nosso solo”, o IAC divulgou sua campanha comemorativa e atraiu olhares para este recurso natural, que acolhe as plantações responsáveis por alimentar a humanidade e abastecer a agroindústria com matérias-primas. Estima-se que 95% de todo o alimento consumido no mundo venha do solo, que também recebe a instalação de toda a construção civil, de estradas e ferrovias. São as suas camadas que filtram a água das chuvas, determinando a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. É nele que a vida se apoia.

Pioneiro em análises de solos e referência no Brasil nessa prestação de serviços para agricultores e laboratórios privados, o IAC, ligado à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, gera informações e pacotes tecnológicos sobre como usar bem o solo, analisá-lo para identificar suas necessidades e conservar suas características produtivas.

Para relatar as contribuições do IAC, os avanços e desafios nessa área, o pesquisador do Instituto, Heitor Cantarella, é o entrevistado desta edição de O Agrônomo.

Cantarella é engenheiro agrônomo, formado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP-Botucatu), em 1974. Ingressou no IAC em 1975. Três anos depois, afastou-se para fazer mestrado e Ph.D, em Iowa, nos Estados Unidos, retornando ao IAC em 1983. Na maior parte de sua carreira, tem trabalhado diretamente em pesquisas com fertilidade do solo. Atuou em funções administrativas ou assessorias no IAC e outras entidades

ligadas à pesquisa. Atualmente, é coordenador do Ensaio de Proficiência de Laboratórios do IAC, diretor do Centro de Solos e membro da Coordenação do Programa de Bioenergia da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Dentre os reconhecimentos na carreira estão o Prêmio IAC 2005, como pesquisador científico, o Prêmio Capes Vale-Capes de Sustentabilidade 2013, como orientador, e o Prêmio Heróis da Revolução Verde Brasileira, conferido, em 2015, pela FAO, ANDEF, ABAG e EMBRAPA a dez personalidades que ajudaram a transformar a produção agropecuária do Brasil.

## 1. Na sua visão, no IAC, como é feita a relação da pesquisa em solos com transferência de tecnologia e inovação?

No IAC, as pesquisas com solos são amplas e as estratégias para a transferência de tecnologias e contribuições para a agricultura variam. Pesquisas básicas podem não gerar produtos, mas geram informações, instruções técnicas e recomendações, que permitem ganhos incrementais, melhorias de processos produtivos, redução de perdas de solos e nutrientes, maior eficiência, preservação ambiental, etc.

Por exemplo, as pesquisas em conservação do solo permitiram a definição e recomendação de práticas como terraceamento para diferentes solos e declividades, importantes para a sustentabilidade de toda a produção agrícola. Essas tecnologias são transferidas por meio de publicações técnicas e ações realizadas em conjunto com o serviço de extensão.

*Um caso de inovação com grande impacto foi o desenvolvimento do método de análise de solo da resina, o qual permite melhor diagnóstico da fertilidade de solos tropicais, em especial com relação ao fósforo.*

Atualmente, há mais de cem laboratórios de análise de solo que prestam serviço a agricultores que empregam essa tecnologia. Para o produtor, essa inovação, com um diagnóstico mais preciso da fertilidade, implica o melhor uso de adubos com consequências no aumento da produtividade e lucratividade.

## 2. A pesquisa em solos no IAC envolve quais áreas e enfoques?

O Centro de Solos do IAC tem ampla gama de pesquisas. Iniciamos com o conhecimento do meio físico, que envolve trabalhos sobre levantamento e classificação de solos, com o emprego de técnicas convencionais e ferramentas de georreferenciamento para conhecimento não só dos solos, mas de outros recursos naturais. As pesquisas se estendem para física e conservação de solos e da água, essenciais para a preservação do ambiente e do potencial produtivo das propriedades agrícolas. Uma área em que o Centro de Solos tem intensa atuação é a de fertilizantes, fertilidade do solo e nutrição de plantas, a qual envolve estudos de campo e laboratórios capacitados e bem equipados para elaborar muitos tipos de análises de interesse do agricultor. Um produto especialmente importante dessas pesquisas são as recomendações de adubação e calagem.

*Nos últimos anos, os estudos de química do solo passaram a focar também em qualidade de solo, pois, além da agricultura, o solo pode ser o destino de resíduos e subprodutos agrícolas, urbanos e industriais e questões como poluição dos solos entram definitivamente na agenda.*

Outros aspectos ambientais relativos ao uso de solos, como emissão de gases

de efeito estufa, são objetos de estudo. Por fim, o entendimento dos processos que ocorrem no solo depende de pesquisas em microbiologia do solo. Além disso, práticas agrícolas saudáveis estão estreitamente relacionadas à ação da microbiota do solo, incluindo as micorrizas – importantes para melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas – e os organismos fixadores de nitrogênio, que ajudam a diminuir a dependência de fertilizantes para suprir as plantas desse nutriente.

## 3. Como os resultados gerados chegam ao campo e impactam o sistema de produção agrícola?

Os resultados de pesquisas em solos chegam ao campo de diversas maneiras, ou seja, por meio de serviços, publicações, dias de campo, palestras, cursos, recomendações técnicas e, em alguns casos, produtos. Neste último caso, por exemplo, estirpes de microrganismos selecionadas podem ser comercializadas por empresas especializadas na produção de inoculantes. Recomendações de adubação chegam diretamente aos agricultores que utilizam os laboratórios de análise de solo e planta do IAC.

Essas informações também circulam pela rede de laboratórios públicos e privados e por meio de consultores que adotam o já famoso Boletim 100, que contém recomendações técnicas de adubação e calagem para mais de 200 culturas agrícolas. Quase 30 mil exemplares desse boletim, em versão impressa e eletrônica, foram produzidos nos últimos 15 anos, um *best seller*. Mapas de solo e de outros recursos do meio físico também estão disponíveis em versões impressa e digital e podem ser utilizados em situações de locação de áreas agrícolas, abertura de estradas e construções, além de orientar o manejo de solos. Recomendações técnicas para o uso de resíduos e subprodutos, tais como adubos orgânicos de várias origens, lodos de esgoto, vinhaça, entre outros, também foram elaboradas com base em pesquisas rea-

lizadas no Centro de Solos. Esse também é o caso das orientações para medidas de conservação de solo, inclusive o sistema de plantio direto. Os pesquisadores do Centro de Solos realizam dezenas de palestras e participam de inúmeros eventos todos os anos nos quais, além de transmitir conhecimentos, recebem a necessária retroalimentação de demandas do setor produtivo.

## 4. No IAC, como as pesquisas sobre solos se relacionam com empresas do setor agrícola?

Trabalhos em conjunto com o setor produtivo são de grande interesse para o Centro de Solos, que mantém dezenas de projetos em parceria com empresas produtoras de insumos, como fertilizantes, corretivos e inoculantes, e também com propriedades agrícolas, onde parte da experimentação é realizada. Nos primeiros casos, os resultados das pesquisas auxiliam as empresas a melhorar ou reposicionar seus produtos para melhor atender aos agricultores. Nas propriedades, a transferência de tecnologia ocorre imediatamente, pois os agricultores e as empresas agrícolas parceiras têm acesso direto às informações geradas.

É importante salientar que as parcerias também são firmadas com outras instituições públicas, como prefeituras, órgãos públicos diversos e instituições congêneres, no Brasil e no exterior. Atualmente, boa parte das pesquisas realizadas conta com colaborações externas, importantes para acelerar os avanços no conhecimento e aproveitar sinergias. Um exemplo de parceria focada em resultados para o setor produtivo são as recomendações de adubação e calagem: as novas tabelas de recomendações são produzidas com a colaboração de pesquisadores de praticamente todas as universidades e instituições de pesquisa agrícola do Estado de São Paulo e, em alguns casos, até de outros Estados.



Premiação em 1904, em St. Louis (EUA). Medalha de Prata do Laboratório de Análise de Solos.

#### 5. Como se relacionam com órgãos fiscalizadores?

Vários serviços de análise para terceiros prestados pelo Centro de Solos contam com certificação ISO. Essas certificações são necessárias para atender as exigências de órgãos como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e também para empresas privadas, que exigem análises certificadas.

O Centro de Solos organiza, desde 1984, um Programa Interlaboratorial ou Ensaio de Proficiência para Laboratórios de Análise de Solo para Fins Agrícolas (<http://lab.iac.sp.gov.br>). Atualmente, cerca de 130 laboratórios do Brasil e de alguns países da América Latina e África participam do Programa Interlaboratorial. O principal objetivo dessa atividade é dar elementos para os laboratórios ajustarem os procedimentos analíticos de forma a prestar bom serviço aos seus usuários. Além disso, a participação em programas como esse é uma exigência para laboratórios que buscam certificação ISO.

#### 6. Entre os profissionais do setor agrícola, como é a consciência sobre a importância dos cuidados do solo, para que este possa dar sustentação às plantas, mantendo-as nutridas para o enfrentamento de pragas e doenças, com produtividade e qualidade desejadas?

De modo geral, os técnicos e agricultores brasileiros valorizam os cuidados com o solo, como evidencia o fato de termos mais de 30 milhões de hectares em sistema de plantio direto no Brasil. Essa consciência advém da percepção de que solos agrícolas, em regiões tropicais, com chuvas intensas e altas temperaturas durante praticamente o ano todo, ficam mais fragilizados se não forem adequadamente protegidos o tempo todo com cobertura morta (resíduos de plantas) ou viva (culturas anuais ou perenes). Ao longo dos últimos 30 anos, houve um trabalho importante de desenvolvimento de técnicas de manejo de solos tropicais, com características diferentes daquelas usadas em regiões temperadas nas quais se baseava nossa agricultura. Pesquisadores do Centro de Solos sempre estiveram envolvidos nos trabalhos para a adequação do manejo de solos, tanto do ponto de vista físico como

químico, para nossas condições de clima.

Há, porém, desafios. Por exemplo, as alterações recentes no sistema de colheita de cana-de-açúcar, que vem sendo feita com máquinas, requer, por razões operacionais, linhas de plantas de cana mais longas. Esse processo, muitas vezes, causa conflitos com as técnicas de conservação de solo, baseadas em terraços em nível com curtas distâncias entre eles, especialmente em áreas mais declivosas. Uma pesquisadora do Centro de Solos coordena um grupo multi-institucional que procura a melhor solução para compatibilizar as necessidades da indústria canaveira e a exigência de preservar os solos.

*A crise de falta de água que afeta principalmente a Região Sudeste trouxe à sociedade a questão da preservação do solo e das matas, a fim de garantir os serviços ecossistêmicos do solo para a produção de água com qualidade.*

De fato, um dos objetivos da FAO ter decretado 2015 como o Ano Internacional dos Solos foi chamar a atenção do público urbano para a importância dos solos.

#### 7. É prevista alguma análise dos impactos do Ano Internacional dos Solos? Isto é, como este tema durante 2015 foi abordado, trabalhado e quais benefícios trouxe para o setor?

O Ano Internacional dos Solos está sendo amplamente comemorado por universidades, instituições de pesquisa e outros órgãos envolvidos com as várias áreas associadas com solos no mundo todo. Eventos estão sendo organizados em vá-

rios países e, espera-se que venham trazer para a sociedade em geral, nova percepção do papel na vida de todos deste importante recurso natural.

#### 8. Quantas instituições no Brasil pesquisam solos?

O IAC foi, provavelmente, a primeira instituição a pesquisar sistematicamente solos no Brasil. Na Exposição Internacional de 1904, em St. Louis, nos Estados Unidos, o laboratório de análises de solos do IAC ganhou medalha de prata. Posteriormente, as instituições que trabalham com pesquisa ou ensino agrícola foram surgindo no Brasil e praticamente todas têm trabalhos com solos em algum grau. A Embrapa tem um centro inteiro, localizado no Rio de Janeiro, voltado ao assunto e é responsável pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o que dá uma ideia da relevância do tema para a agricultura.

#### 9. Como é a relação do Centro de Solos com o agricultor, diretamente?

O Centro de Solos presta serviços diretamente aos agricultores por meio dos laboratórios de análise química e física. Além disso, os pesquisadores do Centro de Solos participam ativamente de dias de campo, palestras e cursos por meio dos quais transmitem conhecimento e informações e, ao mesmo tempo, levantam demandas para novas pesquisas.

A internet também é um canal de atendimento aos agricultores. Na página do IAC há instruções de natureza diversa que interessam aos agricultores, tais como modos de coletar amostras, lista de laboratórios que prestam serviço e participam do Programa de Qualidade, publicações e outras.

#### 10. O Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análise de Solo para fins Agrícolas é um grande exemplo de inovação no IAC. Considerando o Ensaio, quais as expectativas para este trabalho? Quais os desafios para a próxima década?

Após o lançamento dos métodos IAC, em 1984, foi feito um trabalho de divulgação e apoio à adoção dos métodos por meio de palestras, cursos e, especialmente, a constituição do Programa Interlaboratorial. Nos primeiros anos, apenas seis laboratórios passaram a adotar os métodos, e hoje são cerca de 130 laboratórios participando do Programa. Esse número é fruto do trabalho ininterrupto, desde 1984. Nesses anos, várias melhorias e novidades foram sendo acrescentadas, tais como as análises para micronutrientes, análises físicas e de elementos não cobertos anteriormente, como o sódio e o silício. Atualmente, todo o processo é informatizado e realizado por meio da internet.

Os desafios para o futuro incluem a expansão do número de análises ou ensaios, pois a agricultura moderna necessita de maior diversidade de análises. Do lado do trabalho no laboratório, há a necessidade de pesquisar técnicas de automação analítica para a redução dos custos e a melhoria da precisão. Para isso, parcerias com empresas que desenvolvem equipamentos são fundamentais.

Nos últimos anos, tem havido interesse de laboratórios de outros países nos métodos do IAC, especialmente o da resina.

*Realmente, as pesquisas com métodos de análise de solo têm tido enorme impacto. O IAC tem grande tradição na área e realizou e realiza trabalhos com métodos de análise que trazem consequências práticas para a agricultura paulista e brasileira.*

# Pesquisa e transferência de tecnologia em floricultura e plantas ornamentais no IAC



As atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no ramo da Floricultura, no Instituto Agrônomo, iniciaram-se oficialmente em 1942, na então Seção de Olericultura, posteriormente denominada Olericultura e Floricultura. Contudo, anteriormente, alguns trabalhos já tinham sido desenvolvidos no IAC, como o estudo da resistência de rainha margarida à murcha causada pelo *Fusarium*. Estes trabalhos atendiam à tendência internacional de pesquisas determinadas pela crescente importância econômica da floricultura e plantas ornamentais. O relatório de atividades da Seção de Olericultura, de 1942, descreve com riqueza o contexto da decisão de se realizar pesquisas em Floricultura no IAC e tinha como justificativa a necessidade de se acompanhar o avanço do desenvolvimento científico e tecnológico desta área em outros países. Esse fato fundamenta que a pesquisa nessa área nasce com uma visão de atendimento ao setor produtivo em busca por inovações.

Em seu início, os trabalhos foram desenvolvidos avaliando a adaptação e a produção de 60 variedades de rainha margarida (flor de corte) importadas da Europa e dos Estados Unidos, entre 1938 e 1941. Em sequência foram expandidos para outras espécies como roseiras, dalias, glaxínias, gladiolos e lírios, entre outras. Pode-se afirmar que esses estudos foram o marco inicial do melhoramento genético de flores e ornamentais no IAC.

Dessa primeira fase, entre os resultados publicados pelo IAC na forma de Boletins Técnicos, destaca-se a indicação de variedades de rosa e de rainha margarida

para as condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. Esse vetor da pesquisa - a geração de produtos adaptados à diversidade regional - ainda é objetivo do melhoramento genético em flores e plantas ornamentais do IAC.

No início da década de 1950, deu-se início à implantação de coleções *ex situ* de plantas ornamentais nativas e exóticas em área da Fazenda Santa Elisa (Centro Experimental Central do IAC), em local tradicionalmente conhecido como Monjolinho, em Campinas (SP). Essa coleção, ao longo do tempo, permitiu avanço no conhecimento do valor ornamental de floras regional, nacional e mundial. Também possibilitou a diversificação da arborização urbana e a seleção de espécies arbóreas mais adequadas ao uso em vias públicas e em parques e jardins.

Entre o fim da década de 1960 e meados dos anos 70, atendendo a demanda de produtores do Vale do Ribeira (SP), que buscavam uma alternativa ao cultivo do chá, então em declínio, o IAC institucionaliza, o primeiro programa de melhoramento com espécies ornamentais do Brasil, com antúrio (*Anthurium andraeanum* Lindl.). Com essa espécie, foram realizadas a hibridação entre plantas diversas existentes na coleção e a seleção de cultivares com características superiores, àquelas até então cultivadas com objetivo comercial. Fruto deste trabalho foi o lançamento em 1995 e o registro, em 2005, da primeira cultivar de planta ornamental gerada no Brasil - o antúrio Astral, adaptado às condições edafoclimáticas regionais.

As décadas de 1980 e 1990 alavancaram o avanço da P&D em flores e orna-

mentais no IAC. É nesse período que foi incorporada nos trabalhos institucionais com flores e plantas ornamentais, a técnica da propagação *in vitro* e desenvolveram-se tecnologias para conservação pós-colheita para algumas flores de corte. O desenvolvimento e a divulgação de protocolos de micropropagação pela Instituição possibilitaram a rápida transferência de mudas de qualidade para o setor produtivo, a capacitação de recursos humanos no segmento e estimularam a implantação de laboratórios privados de cultivo *in vitro* na região de Campinas. Os resultados com o desenvolvimento e uso de soluções conservantes para prolongar a durabilidade pós-colheita de flores de corte foram apropriados pelo setor produtivo e hoje o uso dessa prática é rotineiro para o armazenamento que precede a comercialização.

No início dos anos 2000, começou a ser organizada a coleção *Zingiberales* ornamentais, envolvendo diversas famílias, como *Heliconiaceae*, *Costaceae* e *Zingiberaceae* e que vêm subsidiando o programa de melhoramento de plantas ornamentais tropicais. Essa coleção reveste-se de extrema importância quando se considera a inclusão no mercado nacional de novas alternativas ao mercado consumidor de flores de corte ou plantas para jardins. Para se ter ideia, quando do início da coleção não existia no país nenhum produtor de helicônias, sendo apenas reconhecidos dois colecionamentos de algumas espécies - uma no próprio Sítio Burle Marx (RJ) e outro em Cotia (SP), na Roselândia Agrícola.

A coleção de germoplasma de Zingiberales Ornamentais do IAC tem subsidiado,

no transcorrer das duas últimas décadas, inúmeros trabalhos científicos multi-institucionais e multidisciplinares e teses de mestrado e doutorado. De uma das teses elaboradas, foram selecionadas espécies adequadas para a produção de flor de corte. Outros estudos permitiram dimensionar cultivos adequados, de tal forma que a cultura das espécies do gênero passou a ser implementada em vários Estados brasileiros, de Santa Catarina ao Amazonas, sendo cultivada por diversos tipos de produtores que englobam os empresariais (Ceará e Alagoas), os familiares (Sergipe, Alagoas, Bahia, Amazonas, Pará), as comunidades indígenas (São Paulo e Rio de Janeiro) e as populações ribeirinhas (Amazonas, Pará). Recentemente, foram registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) quatro cultivares de bastão-do-imperador e uma de gengibre ornamental.

Destaca-se no Programa de Melhoramento Floricultura e Plantas Ornamentais a opção pelo modelo de pesquisa e transferência de tecnologia conhecido como colaborativo, principalmente com o antúrio e agora com o bastão-do-imperador e gengibre ornamental. Esse procedimento teve como resultado considerável economia de tempo para o lançamento de novas cultivares bem como maior eficiência no processo de adoção e difusão das tecnologias, contribuindo para o favorecimento da inovação no setor de flores e plantas ornamentais.

Diversas cultivares foram disponibilizadas ao setor produtivo, somando no fim de 2015, 41 cultivares registradas no Ministério de Agricultura e Abastecimento (MAPA) (Tabela 1).



Carlos Eduardo Ferreira de Castro<sup>1</sup>  
Charleston Gonçalves<sup>1</sup>  
Luiza M. Capanema<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo, Centro de Horticultura.  
ccastro@iac.sp.gov.br  
charleston@iac.sp.gov.br  
luiza@iac.sp.gov.br



Foto: Henrique Grandi



Tabela 1. Cultivares IAC de flores e plantas ornamentais registradas, 2002-2015

| Número | Nome da Cultivar  | Nome popular        | Ano do registro | RNC <sup>1</sup> |
|--------|-------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| 1      | IAC Paranapanema  | Gladiolo            | 2002            | 11312            |
| 2      | IAC Ômega         | Antúrio             | 2002            | 11311            |
| 3      | IAC Eidibel       | Antúrio             | 2002            | 11309            |
| 4      | IAC Carmim        | Gladiolo            | 2002            | 11313            |
| 5      | IAC Cananéia      | Antúrio             | 2002            | 11310            |
| 6      | IAC Neblina       | Amarílis            | 2005            | 20286            |
| 7      | IAC Luau          | Antúrio             | 2005            | 20231            |
| 8      | IAC Juréia        | Antúrio             | 2005            | 20233            |
| 9      | IAC Jaraguá       | Amarílis            | 2005            | 20287            |
| 10     | IAC Itatiaia      | Amarílis            | 2005            | 20288            |
| 11     | IAC Isla          | Antúrio             | 2005            | 20234            |
| 12     | IAC Iguape        | Antúrio             | 2005            | 20232            |
| 13     | IAC Astral        | Antúrio             | 2005            | 19518            |
| 14     | IAC Olga Ulmann   | Hemerocale          | 2007            | 21765            |
| 15     | IAC Neusa         | Hemerocale          | 2007            | 21763            |
| 16     | IAC Jundiá        | Hemerocale          | 2007            | 21767            |
| 17     | IAC Guaratiba     | Hemerocale          | 2007            | 21768            |
| 18     | IAC Estrela       | Hemerocale          | 2007            | 21762            |
| 19     | IAC Canário       | Hemerocale          | 2007            | 21766            |
| 20     | IAC Barbara       | Hemerocale          | 2007            | 21764            |
| 21     | Sebastian         | Hemerocale          | 2008            | 25005            |
| 22     | IAC Santa Elisa   | Hemerocale          | 2008            | 25004            |
| 23     | IAC Primavera     | Hemerocale          | 2008            | 25003            |
| 24     | IAC Maria Bonita  | Hemerocale          | 2008            | 25002            |
| 25     | IAC Florianópolis | Hemerocale          | 2008            | 25001            |
| 26     | IAC Amanda        | Hemerocale          | 2008            | 25000            |
| 27     | IAC Alessandra    | Hemerocale          | 2008            | 24999            |
| 28     | IAC Rubi          | Antúrio             | 2013            | 29818            |
| 29     | IAC Rainha Silvia | Hemerocale          | 2013            | 29883            |
| 30     | IAC Olimpo        | Amarílis            | 2013            | 29833            |
| 31     | IAC Netuno        | Antúrio             | 2013            | 29819            |
| 32     | IAC Marins        | Amarílis            | 2013            | 29834            |
| 33     | IAC Longhi        | Hemerocale          | 2013            | 29885            |
| 34     | IAC Joinville     | Hemerocale          | 2013            | 29817            |
| 35     | IAC Dorinha       | Hemerocale          | 2013            | 29884            |
| 36     | IAC Cora Coralina | Hemerocale          | 2013            | 29882            |
| 37     | IAC Suano         | Genbibre ornamenal  | 2015            | 34128            |
| 38     | IAC Prumirim      | Bastão-do-imperador | 2015            | 33988            |
| 39     | IAC Itamambuca    | Bastão-do-imperador | 2015            | 33987            |
| 40     | IAC Camburi       | Bastão-do-imperador | 2015            | 33986            |
| 41     | IAC Cacheffo      | Bastão-do-imperador | 2015            | 33985            |

<sup>1</sup> RNC – Registro Nacional de Cultivares.  
Fonte: RNC, MAPA (2015).

O Programa de Melhoramento Floricultura e Plantas Ornamentais sempre pautou suas atividades pela busca de diversificação de espécies, adaptação às diversas condições regionais e aspectos mercadológicos. Atualmente, tem-se agregado importantes aspectos de qualidade como maior durabilidade pós-colheita, facilidades de colheita, manuseio, embalagem, armazenamento e transporte. Esses esforços são concentrados em flores tropicais com forte apelo para os mercados nacional e internacional. A síntese da evolução das atividades de P&D em Floricultura e Plantas Ornamentais pode ser observada na figura 1.

Reflexo dessa orientação é o registro de cinco cultivares de flores de corte tropicais em 2015 (vide descrição na seção Cultivares IAC).

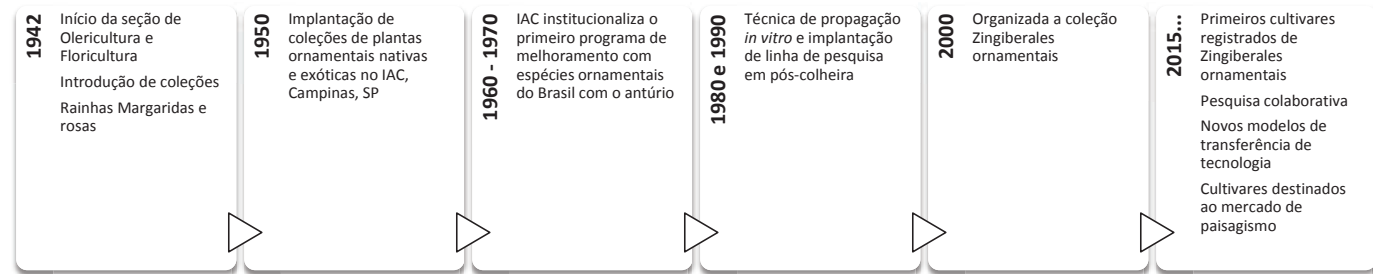
Resultados

- 41 cultivares disponibilizados ao setor produtivo atendendo o mercado de corte e paisagismo.
- Definição de protocolos de micropropagação que permitiram a popularização de técnica para a produção de mudas homogêneas de qualidade.
- Incentivo à instalação de laboratórios privados para a produção de mudas *in vitro*.

- Capacitação de recursos humanos.
- Técnicas de pós-colheita com uso de soluções conservantes atóxicas que possibilitam maior longevidade das plantas.
- Recomendações para conservação pós-colheita de margarida, cravo, rosa, crisântemo, alstroemeria, alpínia, helicônia, bastão-do-imperador, gengibre ornamental, costus e antúrio, entre outras.

Perspectivas da pesquisa e da transferência de tecnologia em floricultura e plantas ornamentais no IAC

O programa de melhoramento não para nunca. Os últimos produtos atendem o mercado de flores de corte, caso das cultivares de bastão-do-imperador (com formatos e cores diferenciados, maior durabilidade de pós-colheita, menor porte e massa e coloração diferenciada), e gengibre ornamental com inflorescências diferenciadas na cor, formato e durabilidade. Para o futuro, as novas seleções, em processo final, vão atender demandas do mercado de paisagismo.



41 cultivares, técnicas e recomendações de cultivo disponibilizados ao setor produtivo.  
Figura 1. Resultados de P&D IAC, Floricultura e Plantas ornamentais, de 1940 a 2015.

# Cultivares IAC



O Instituto Agrônomo, em 2015, disponibilizou 16 cultivares, algumas já disponíveis comercialmente, atendendo as diversas cadeias produtivas do agronegócio, com características inovadoras, e outras relacionadas à produtividade, à resistência/tolerância, às doenças e pragas e longevidade pós-colheita.

## Milho-pipoca IAC 138 1 2 3

IAC 138 1 2 3 é um Parental para a síntese do híbrido IAC 367. De florescimento masculino e feminino em torno de 55 dias; altura média de planta de 1,50 metros; altura média de espigas de 0,60 metro; peso médio de 1000 sementes de 145 gramas e peso hectolítrico de 84 kg/ 100L. Possui grão tipo duro de coloração alaranjada, e resistência moderada à ferrugem comum, à mancha de *Phaeosphaeria* (pinta branca) e ao complexo de enfezamento.

## Milho-pipoca IAC 138 8 30

Parental para a síntese do híbrido IAC 268. De florescimento masculino e feminino em torno de 56 dias; altura média de planta de 1,50 metros; altura média de espigas de 0,70 metro; peso médio de 1000 sementes de 105 gramas e peso hectolítrico de 83 kg/ 100L. Possui grão tipo duro de coloração alaranjada, e resistência moderada à ferrugem comum, à mancha de *Phaeosphaeria* (pinta branca) e ao complexo de enfezamento.

## Milho-pipoca IAC 9614

IAC 9614 é um Parental para a síntese dos híbridos IAC 268 e IAC 367. De florescimento masculino e feminino em torno de 60 dias; altura média de planta de 1,79 me-

tros; altura média de espigas de 1,06 metro; peso médio de 1000 sementes de 102 gramas e peso hectolítrico de 85,6 kg/ 100L. Possui grão tipo duro de coloração amarela, e resistência moderada à ferrugem comum, à mancha de *Phaeosphaeria* (pinta branca) e ao complexo de enfezamento. É tolerante ao herbicida Tembotrione.

## Milho IAC 46

Parental para a síntese do híbrido IAC 8046. Possui grãos do tipo dentado, de cor alaranjada; florescimento masculino e feminino de 61 dias; altura de planta com 2,15 metros, altura de espiga 1,2 metros, peso de 1000 sementes de 348 gramas e peso hectolítrico de 78,3 kg/100L. Possui resistência moderada à ferrugem, à mancha de *Phaeosphaeria* (pinta branca) e à cercospora.

## Milho IAC 73

IAC 73 é um Parental para a síntese do híbrido IAC 8077. Possui grãos do tipo semidentado, de cor alaranjada; florescimento masculino e feminino de 60 dias; altura de planta com 2,35 metros, altura de espiga 1,29 metros, peso de 1000 sementes de 328 gramas e peso hectolítrico de 81 kg/100L. É tolerante à seca e ao herbicida Tembotrione; resistência moderada à ferrugem, à mancha foliar, à pinta branca, ao complexo de enfezamento e à cercospora.

## Milho IAC 81

Parental para a síntese do híbrido IAC 8046. Possui grãos do tipo semiduro, de cor alaranjada; florescimento masculino e feminino de 62 dias; altura de planta com 2,05 metros, altura de espiga 1,19 metros,

peso de 1000 sementes de 300 gramas e peso hectolítrico de 82,2 kg/100L. É tolerante à seca, ao herbicida Tembotrione, e de resistência moderada à lagarta do cartucho, à ferrugem, à pinta branca, à *Diplo-dia maydis* e à cercospora.

## Milho IAC 88

Parental para a síntese do híbrido IAC 8077. Possui grãos do tipo semiduro, de cor alaranjada; florescimento masculino e feminino de 63 dias; altura de planta com 2,24 metros, altura de espiga 1,25 metros, peso de 1000 sementes de 351 gramas e peso hectolítrico de 81 kg/100L. É tolerante à seca e ao herbicida Tembotrione, e de resistência moderada à ferrugem, à pinta branca, ao complexo de enfezamento e à cercospora.

## Sorgo-vassoura IAC 10V50

Cultivar de porte médio, com altura média de 2,92m. Suas panículas são de tamanho médio. É resistente ao acamamento (25,8%), e de resistência moderada ao ataque da *Spodoptera frugiperda*. Possui tolerância à seca e ao herbicida atrazina em pré-emergência. Material com elevada produtividade, adaptando-se bem quando plantado adensado. De boa adaptação em regiões de 480 a 670 m de altitude do Estado de São Paulo, em plantios de outubro a fevereiro. Floresce com 74 dias e seu ciclo total é de 115 dias.

## Sorgo-vassoura IAC 10V60 Tietê

A IAC 10V60 Tietê foi a primeira cultivar a ser desenvolvida. É um material de porte alto, com altura média de 3,78 m, e 47,9% das plantas acamadas. Possui tolerância à seca e ao herbicida atrazina em pré-emer-

gência. É altamente produtiva, com florescimento em 68 dias e ciclo total de 110 dias.

## Sorgo-vassoura IAC 10V70 Saltinho

A cultivar IAC 10V70 Saltinho possui porte alto, com média de 3,46 m e 32,3% de plantas acamadas. Suas panículas são de comprimento maior, sendo adequada para produtores de vassouras tipo colonial, onde só se utiliza a fibra. Nos demais tipos de vassoura, utilizam-se a fibra e parte do colmo para fabricação de vassouras. É tolerante ao herbicida atrazina em pré-emergência. Seu ciclo de florescimento é de 74 dias e o total é de 115 dias.

## Bastão-do-Imperador IAC Cacheffo

Possui comprimento médio da haste floral de 70 cm, brácteas de coloração vermelha, formato de taça e massa da inflorescência de 180 gramas. As inflorescências são de diâmetro médio de 8 cm, e haste floral é de coloração vinho esverdeado a rosa esverdeado. A durabilidade média pós-colheita é de 12 dias. Cultivar com características diferenciadas das demais no mercado como cor, forma e elevada durabilidade pós-colheita.

## Bastão-do-Imperador IAC Camburi

Possui comprimento médio da haste floral de 115 cm, brácteas de coloração rosa-claro e massa da inflorescência padronizada a 80 cm, de 205 gramas. As inflorescências são de diâmetro médio de 15 cm e a haste floral é de coloração verde. A durabilidade média pós-colheita, sem uso de soluções conservantes, é de 8 dias. Como característica diferencial destaca-se o tamanho

Charleston Gonçalves<sup>1</sup>  
Adriano T. E. Aguiar<sup>2</sup>  
Luiza M. Capanema<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo, Centro de Horticulura.  
charleston@iac.sp.gov.br

<sup>2</sup> Instituto Agrônomo, Centro de Horticulura.  
luiza@iac.sp.gov.br

<sup>3</sup> Instituto Agrônomo, Centro de Café.  
aguiar@iac.sp.gov.br



reduzido da inflorescência (205 gramas) em comparação com as cultivares no mercado, possibilitando maior eficiência no transporte e na comercialização. Seguindo a tendência atual de mercado, esta redução amplia a aceitação do produto pelo consumidor.

**Bastão-do-Imperador IAC Itamambuca**

Possui comprimento médio da haste floral de 115 cm, brácteas de coloração vermelho intenso e massa da inflorescência padronizada a 80 cm, de 235 gramas. Suas inflorescências são de diâmetro médio de 16 cm e a haste floral é de coloração vinho. A durabilidade média pós-colheita, sem o uso de soluções conservantes, é de 8 dias. Como característica diferencial destaca-se o tamanho reduzido da inflorescência (235 gramas) em comparação com as cultivares no mercado, possibilitando maior eficiência no transporte e na comercialização. Seguindo a tendência atual de mercado, esta redução amplia a aceitação do produto pelo consumidor.

**Bastão-do-imperador IAC Prumirim**

Possui comprimento médio da haste floral de 110 cm, brácteas de coloração vermelho médio e massa da inflorescência padronizada a 80 cm, de 175 gramas. As inflorescências são de diâmetro médio de 15 cm e a haste floral é de coloração vinho. A durabilidade média pós-colheita, sem o uso de soluções conservantes, é de 8 dias. Como característica diferencial destaca-se o tamanho reduzido da inflorescência (175 gramas) em comparação com as cultivares no mercado, possibilitando maior eficiência no transporte e na

comercialização. Seguindo a tendência atual de mercado, esta redução amplia a aceitação do produto pelo consumidor.

**Gengibre ornamental IAC Suanno**

Planta herbácea, rizomatosa, perene e robusta. Caracteres morfológicos: hastes vegetativas mais ou menos eretas, medindo em média 2,70 m. Folhas alongadas, lanceoladas em formato elíptico com a presença de folíolos intermediários, de coloração verde. As inflorescências terminais são de forma cilíndrica (cônica), compostas de brácteas imbricadas de coloração amarelo brilhante quando novas, tornando-se vermelhas quando maduras, principalmente, se cultivadas a pleno sol. As inflorescências possuem em média comprimento de 40 cm, com diâmetro médio de 7,0 cm. A massa média das inflorescências é de 270 g. Suas flores são do tipo labeliforme, medindo em média 7 cm de comprimento e 2 cm de largura, de coloração branca e lilás.

**Café IAC Piratã**

Cultivar muito vigorosa, com ciclo de maturação dos frutos entre médio e tardio. O rendimento médio, ou seja, a relação entre a massa de café beneficiado e a massa de café em coco é de 48,2%, semelhante ao rendimento da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99. A porcentagem de grãos do tipo chato varia entre 90% e 92,7% e a incidência de grãos do tipo concha é inferior a 5%, como recomendado para cultivares comerciais da espécie. Possui elevada produção de frutos por planta e resistência a todas as raças de ferrugem atualmente identificadas no país. Possui tolerância ao estresse hídrico, assim como características tecnológicas e sensoriais excelentes.

# Eficiência Agronômica do fósforo proveniente de lodo de suinocultura

## O lodo de suinocultura tem aptidão em fornecer fósforo assim como o fertilizante mineral?

A carne de porco é considerada a proteína animal mais consumida no mundo, tornando a suinocultura um mercado econômico de grande importância em diversos países. Dados de 2012 confirmam este fato, indicando que mundialmente existem 797 milhões de cabeças com uma produção anual de 104 milhões de toneladas de carne, dividida principalmente entre China, União Europeia e Estados Unidos. O Brasil participa com apenas 3,1% desta produção, porém este valor tende a aumentar, visto que a produção mundial de carne suína possui projeção de crescer mais em países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, que possui vantagens ambientais como maior disponibilidade hídrica e menores problemas de zoonoses, além de baixo custo de produção quando comparado a outros países. Entretanto, ainda em 2011, o Brasil aumentou seu rebanho em 12%, totalizando 39,3 milhões de cabeças (SEAB, 2013; ROPPA, 2015).

Contudo, este incremento na suinocultura reflete no volume de dejetos gerado pelas granjas suínas, sendo objeto de estudo de diversos grupos de pesquisa. Estima-se que um animal com peso de até 100 kg produza em média 7 litros por dia de dejetos, considerando fezes e urina, e o processo diário de lavagem das baias. As

técnicas de produção por confinamento aumentam o volume de dejetos gerados dentro de uma mesma área, agravando os problemas relacionados às questões ambientais, aos custos de tratamento e à destinação (OLIVEIRA, 1993; BERTONCINI, 2008).

Uma alternativa para reciclagem deste resíduo orgânico é o uso na agricultura como fertilizante, uma vez que, após o tratamento, o dejetos gerados nas granjas suínas pode retornar ao solo como fonte de nutrientes, possibilitando assim incrementar a produção de alimentos, reduzir os custos e promover maior sustentabilidade econômica à propriedade que passa a ser encarada como uma unidade integrada de lavoura e pecuária (BASSO et al., 2005).

Os dejetos suínos possuem elementos químicos que são nutrientes importantes para as plantas e, embora não possuam uma formulação única, alguns elementos são mais frequentemente encontrados em quantidades que são interessantes do ponto de vista agrônomo, motivando seu uso como fertilizante, sendo eles nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu) e zinco (Zn). As quantidades médias encontradas em cinco amostras diferentes de dejetos líquidos suínos podem ser verificadas na tabela 1.



**Tabela 1.** Composição química de diferentes amostras de dejetos líquidos suínos, em teores totais.

| Amostra | Nutriente         |     |     |     |     |                    |      |    |
|---------|-------------------|-----|-----|-----|-----|--------------------|------|----|
|         | Ca                | Mg  | P   | K   | N   | Cu                 | Zn   | Mn |
|         | g L <sup>-1</sup> |     |     |     |     | mg L <sup>-1</sup> |      |    |
| A       | 2,2               | 0,7 | 1,8 | 0,6 | 3,4 | 35                 | 119  | 25 |
| B       | 2,5               | 0,7 | 1,8 | 0,4 | 3,4 | 36                 | 120  | 30 |
| C       | 3,3               | 1,3 | 3,2 | 0,9 | 5,9 | 32                 | 159  | 39 |
| D       | 2,2               | 0,8 | 1,9 | 0,6 | 3,1 | 43                 | 134  | 23 |
| E       | 5,7               | 1,0 | 2,5 | 1,2 | 6   | 12                 | 72,4 | 49 |

Fonte: SEGANFREDO, 2007.

Letícia Rossini Arantes<sup>1</sup>  
Ronaldo Severiano Berton<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PG – IAC. rossini.le@gmail.com  
<sup>2</sup> Instituto Agrônomo, Centro de Solos e Recursos Ambientais. berton@iac.sp.gov.br



Lodo de suinocultura - APTA Polo Regional Centro Sul, Unidade de Pesquisa de Tanquinho. Fonte: ARANTES, 2015.

Dentre estes elementos, o P ganha atenção da área de nutrição vegetal em função de características que o torna menos disponível às plantas, como a adsorção aos colóides do solo e seu baixo coeficiente de difusão, que resultam em uma concentração na solução do solo muito baixa, variando de 0,1 a 10  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Além disso, as fontes de P para fabricação de fertilizantes são consideradas não renováveis, fortalecendo a importância do seu uso como fontes alternativas deste nutriente (MANLIO, 2006).

Estudos apontam que o uso de dejetos suínos como fertilizante pode aumentar a disponibilidade de P inorgânico, no solo, em sua forma lábil após sucessivas aplicações (GATIBONI, 2008; CERETTA et al., 2010). Desta forma, é possível dizer que o aumento de P inorgânico no solo pode refletir em maior absorção deste elemento pela cultura, que é evidenciado pelo índice de eficiência agrônômica (IEA). Este índice

tem por objetivo determinar a aptidão do fertilizante em fornecer à planta os nutrientes necessários em quantidades comparadas aos fertilizantes minerais.

Com o objetivo de avaliar o IEA para P utilizando como resíduo orgânico o lodo de suinocultura, que corresponde à fase sólida sedimentada do dejetos maturado em esterqueiras, foi realizado um experimento no Instituto Agrônomo (IAC), em casa de vegetação, utilizando unidades experimentais (UE) de 3L no esquema fatorial de 2 tratamentos, 2 doses, 4 repetições mais 4 testemunhas, totalizando 20 UE. Os tratamentos adotados foram lodo de suinocultura (LS) e o padrão mineral (PM) fosfato monopotássico nas doses de 150 e 300 mg de P/UE, além da dose sem P referente à testemunha. A cultivar utilizada foi o milho da variedade AL34. A composição química do lodo de suinocultura utilizado pode ser verificada na tabela 2.

O experimento foi desenvolvido por aproximadamente 50 dias, entre março e maio de 2015, com o corte da parte aérea da planta ao término do período de avaliação. As variáveis analisadas foram massa seca (MS) em g/UE, teor do elemento (TE) na parte aérea da planta em g/kg e o teor absorvido (TA) na parte aérea em g/UE calculado por  $TA = (MS \times TE) / 1000$ . O IEA expresso em % representa a quantidade acumulada do elemento no material vegetal comparada com o padrão mineral e é calculado por  $IEA = (TALS - TATest) / (TAPM - TATest) \times 100$ , sendo, TALS o teor absorvido do elemento do lodo de suinocultura, TAPM o teor absorvido do elemento do padrão mineral e TATest o teor absorvido do elemento da testemunha.

O desenvolvimento das plantas em resposta aos tratamentos aplicados pode ser observado na figura 1.

Tabela 2. Composição química do lodo de suinocultura na base seca.

| Nutriente        | Unidade             | Quantidade |
|------------------|---------------------|------------|
| pH               | --                  | 6,2        |
| N Kjeldahl       | $\text{g kg}^{-1}$  | 17,5       |
| Fósforo          | $\text{g kg}^{-1}$  | 24         |
| Cálcio           | $\text{g kg}^{-1}$  | 28,5       |
| Carbono orgânico | $\text{g kg}^{-1}$  | 176        |
| Magnésio         | $\text{g kg}^{-1}$  | 3,7        |
| Potássio         | $\text{mg kg}^{-1}$ | 3341       |
| Cobre            | $\text{mg kg}^{-1}$ | 1039       |
| Sódio            | $\text{mg kg}^{-1}$ | 1321       |
| Manganês         | $\text{mg kg}^{-1}$ | 695        |
| Zinco            | $\text{mg kg}^{-1}$ | 3645       |

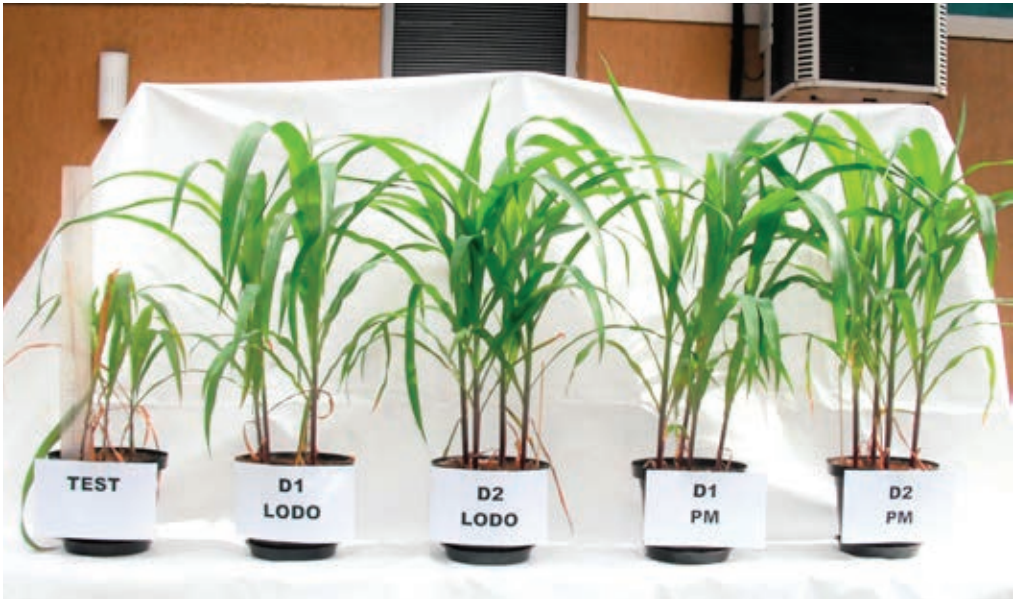


Figura 1. Ensaio de índice de eficiência agrônômica para fósforo em milho. Test=testemunha; Lodo=lodo de suinocultura; PM=padrão mineral nitrato de amônio e sulfato de amônio. D1=150 mg P/UE e D2=300 mg P/UE. Fonte: ARANTES, 2015

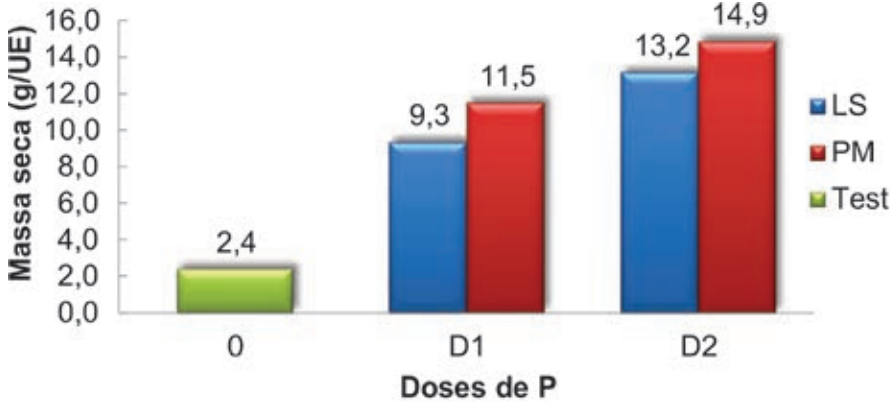


Figura 2. Massa seca da parte aérea do milho em g/UE por tratamento (Test = testemunha, LS = lodo de suinocultura e PM = padrão mineral) e dose (0 = dose sem P, D1=150 mgP/UE e D2= 300 mgP/UE), média de 4 repetições.

Tabela 3. Fósforo absorvido pela parte aérea do milho (Teor foliar) em mg/UE e índice de eficiência agrônômica (IEA) em %, por tratamento e dose (média de 4 repetições), sendo Test = testemunha, LS = lodo de suinocultura e PM = padrão mineral.

| Tratamento | Dose (mg/UE) | TeorFoliar (mg/UE) | IEA (%) |
|------------|--------------|--------------------|---------|
| Test       | 0            | 2,6                |         |
| LS         | 150          | 16,6               | 85      |
| PM         | 150          | 19,5               |         |
| LS         | 300          | 23,4               | 101     |
| PM         | 300          | 23,5               |         |

1 Preço médio do supersimples em São Paulo entre fevereiro/2012 e agosto/2015 (DEPEC, 2015).

Os valores de MS em g/UE são apresentados na figura 2. Pelos resultados observa-se aumento linear da MS, sendo significativo para o aumento da disponibilidade de P proporcionado pelos tratamentos adicionados ao solo. O tratamento PM obteve o maior valor de massa seca para as duas doses. Entretanto, quando os valores de MS dos dois tratamentos, LS e PM, são comparados, é possível dizer que a massa seca do LS na dose 1 atingiu aproximadamente 81% da massa seca do padrão mineral para a mesma dose. E para a dose 2 este valor chegou a 89%, mostrando que o lodo de suinocultura disponibiliza P de maneira semelhante ao padrão mineral.

O teor foliar de P absorvido pela parte aérea da planta com a adição dos tratamentos e o IEA é apresentado na tabela 3. É possível observar que os valores para os tratamentos LS e PM ficaram muito próximos, visto que a dose 1 do LS correspondeu a 85% do total absorvido pelo PM e não se observou diferença de absorção na dose 2 para os mesmos tratamentos. Assim, o IEA médio calculado do lodo foi de 93% quando comparado do padrão mineral, o qual pode ser considerado um excelente índice do LS em disponibilizar P para o milho.

Considerando que 1 tonelada do adubo supersimples (SS) com 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tem um custo aproximado de R\$ 1082,00<sup>1</sup>, e para uma aplicação de 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> seriam necessários aproximadamente 333 kg de SS ao custo de R\$360,00. O resíduo utilizado neste experimento possui 2,4% de P, que equivale a 5,11% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> disponível, de acordo com o IEA obtido de 93%. Nesse caso, serão necessários 1172 kg/ha do lodo

de suinocultura para a mesma aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que corresponde a uma quantidade viável do ponto de vista operacional.

Desta forma, é possível concluir que o lodo de suinocultura é uma alternativa ao uso dos fertilizantes minerais para nutrição de P pelos benefícios econômicos à cadeia suinícola e também ambientais pela possibilidade de reciclagem deste resíduo na agricultura. Porém, deve-se sempre considerar as necessidades nutricionais das culturas, a fim de se evitar perdas de P por escoamento superficial com consequente contaminação de corpos d'água.

REFERÊNCIAS

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; POLETO, N.; GIROTO, E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.6, p.1305-1312, nov-dez, 2005.

BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v.1, n.1, p.152-168, 2008.

CERETTA, C.A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTO, E.; GATIBONI, L.C.; LOURENZI, C.R.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suí-

nos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.6, p.593-602, 2010.

DEPEC. Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. Fertilizantes – Preço do Superfosfato Simples em São Paulo – 2005 a 2015. Bradesco. Disponível em [http://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_fertilizantes.pdf](http://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_fertilizantes.pdf). Acesso em 8 de outubro de 2015.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; CERETTA, C.E. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejeito líquido de suínos em pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.753-761, 2008.

MANLIO, S.F. Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

OLIVEIRA, P.A.V. Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27)

ROPPIA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2007 a 2015. *Informativo Técnico 15*. Disponível em <http://www.sossuinos.com.br/Mercado/info15.htm>. Acesso em 16 de setembro de 2015.

SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. Suinocultura: análise da conjuntura agropecuária. Fevereiro, 2013.

SEGANFREDO, M.A. Gestão Ambiental na Suinocultura. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 302 p.



# Microbiota do solo: agente da produção agrícola e qualidade ambiental



O solo é um ambiente muito propício ao desenvolvimento de enorme gama de micro-organismos, principalmente de bactérias e fungos, devido às suas características químicas e físicas. Tais características permitem a existência de inúmeros micro-habitats nos quais favorecem o crescimento e a atividade de comunidades microbianas distintas. Tais comunidades são formadas por grande diversidade de gêneros e espécies, que desempenham diferentes papéis no ambiente solo. É surpreendente que esses micro-organismos são bastante abundantes, podendo representar 0,5% da massa do solo, ou seja, 10 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, como se diz, o solo é uma estrutura viva, influenciando e sendo influenciado constantemente pela microbiota.

O papel dos micro-organismos do solo é diversificado, pois atuam em diferentes processos. Na ciclagem de nutrientes, são os responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, processos de transformação dos nutrientes, liberação de gases de efeito estufa, degradação de xenobióticos e outros. A biomassa microbiana e a atividade dos micro-organismos ligada à ciclagem dos nutrientes podem ser quantificadas, originando os indicadores microbianos, bastante sensíveis às alterações e formas de manejo e cultivo do solo. Tais indicadores microbianos, juntamente com os indicadores químicos e físicos, são ferramentas importantes para avaliar a qualidade do solo. Os Índices de Qualidade do Solo podem ajudar o agricultor a aferir o impacto que os manejos do solo e da cultura adotados na propriedade estão causando ao ambiente e orientar na correção e adequação do manejo, de forma a manter

a atividade agrícola mais sustentável, preservando a qualidade do ambiente.

Apesar de no solo existirem micro-organismos patogênicos, deletérios às plantas, animais e ao homem, a grande maioria da microbiota é constituída por micro-organismos benéficos, importantes para a agricultura. Essa microbiota atua no controle biológico de pragas e doenças contribuindo para a redução do uso de agrotóxicos. Além disso, a redução do emprego de fertilizantes pode ser obtida pelo processo da fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>), realizado por bactérias, ou ainda, pela associação de fungos com raízes de plantas, as micorrizas. Essa associação contribui para a absorção de nutrientes pela planta hospedeira e garante proteção a fatores adversos como patógenos, excesso de metal pesado no solo, deficiência hídrica, etc.

Do ponto de vista biotecnológico, o emprego de micro-organismos benéficos na forma de inoculantes microbianos tem se mostrado bastante promissor. Neste contexto, o setor de Microbiologia do Solo, do Centro de Solos e Recursos Ambientais, desenvolve pesquisa com diferentes micro-organismos e culturas, visando otimizar, principalmente, a fase de obtenção de mudas. O setor mantém uma coleção de aproximadamente 1200 isolados de bactérias benéficas e fungos micorrízicos arbusculares, obtidos de várias culturas de interesse agrícola e preservados desde a criação do setor.

Os efeitos das bactérias benéficas, as bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs), são observados em mudas pelo aumento do crescimento tanto da parte aérea como das raízes das plantas, o que resulta em diminuição do tempo de

cultivo, incremento na absorção de nutrientes, maior tolerância ao déficit hídrico e aos patógenos. Esses efeitos advêm de diversos mecanismos pelos quais essas bactérias podem atuar, como fixação biológica do N<sub>2</sub>, produção de fitormônios, sideróforos (substâncias que disponibilizam Fe para a planta), substâncias que inibem o desenvolvimento de patógenos; e outros processos. As BPCPs são divididas em dois grupos: as rizobactérias, que se estabelecem na região do solo sob influência das raízes (rizosfera), e as endofíticas que colonizam o interior dos tecidos vegetais.

As pesquisas do setor têm mostrado que isolados de rizobactérias, principalmente dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*, atuam como promotores de crescimento de diversas culturas, principalmente na fase de produção de mudas. A inoculação de isolados eficientes de *Pseudomonas* promove aumento de 30% no crescimento de alface, tanto na fase de muda (Figura 1) quanto no

campo (canteiro comercial); em condições de cultivo hidropônico de alface, reduz em até 50% a podridão radicular causada por *Pythium aphanidermatum*; na produção de mudas de crisântemo, variedade Zembla, resulta em crescimento similar ao obtido pela aplicação de fitormônio comercial e, em mudas de citrumeiro 'Swingle', causa aumento de 43% no crescimento, dispensando a adição de Fe no substrato. Já o emprego de isolados de *Bacillus* spp. promove incremento de até 120% no crescimento de plântulas de cana de açúcar micropropagadas (variedade IACSP97-6682) e, em mudas de tangerina 'Cleópatra', aumento ao redor de 32%.

Outro grupo de bactérias benéficas, alvo de pesquisas do setor, é o das endofíticas. Isolados dos gêneros *Burkholderia*, *Kosakonia*, *Herbaspirillum*, *Pseudomonas* e *Enterobacter* podem incrementar o crescimento de mudas micropropagadas ou obtidas por brotação de minirrebolos de

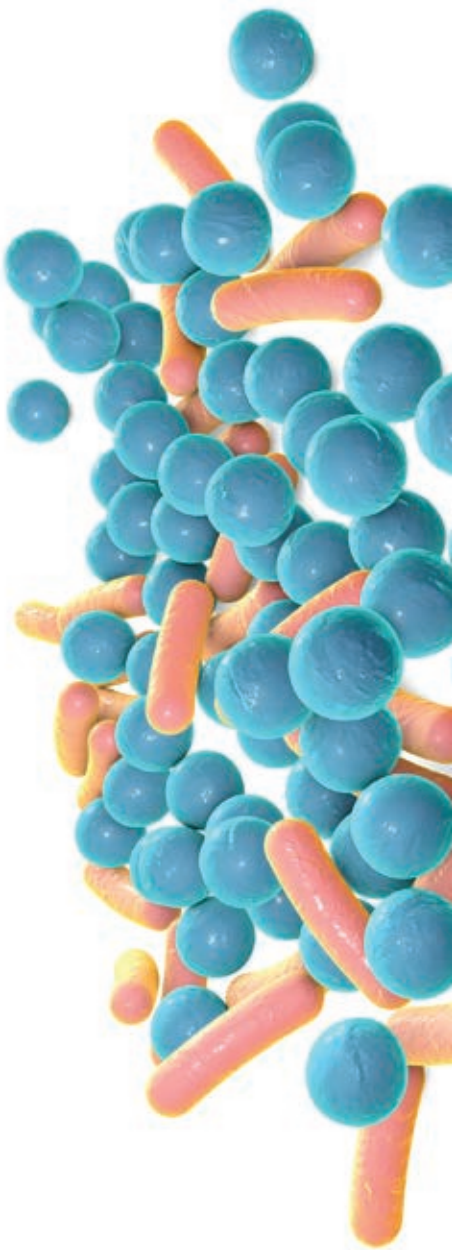


Figura 1. Mudas de alface sem rizobactérias (Controle) e tratadas com os isolados de rizobactérias IAC-RBcr6 e IAC-RBcr4 (*Pseudomonas putida*).

Adriana Parada Dias da Silveira<sup>1</sup>  
Matheus Aparecido Pereira Cipriano<sup>2</sup>

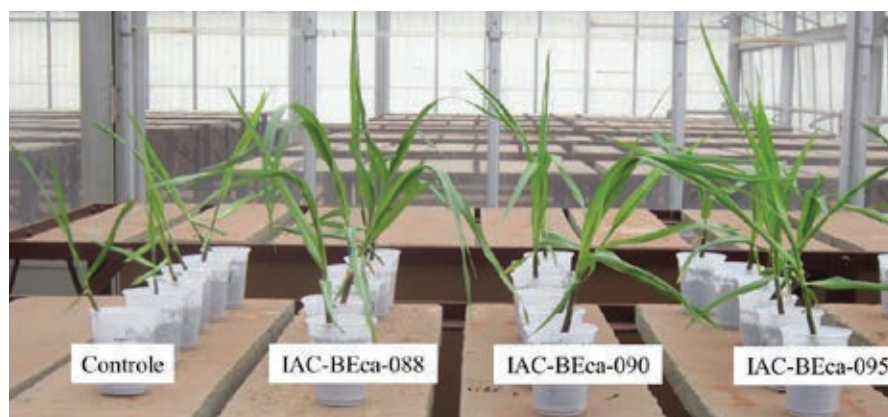
<sup>1</sup> Instituto Agrônomo (IAC), Centro de Solos e Recursos Ambientais. apdsil@iac.sp.gov.br  
<sup>2</sup> Instituto Agrônomo (IAC), Centro de Solos e Recursos Ambientais. mhpcipriano@gmail.com



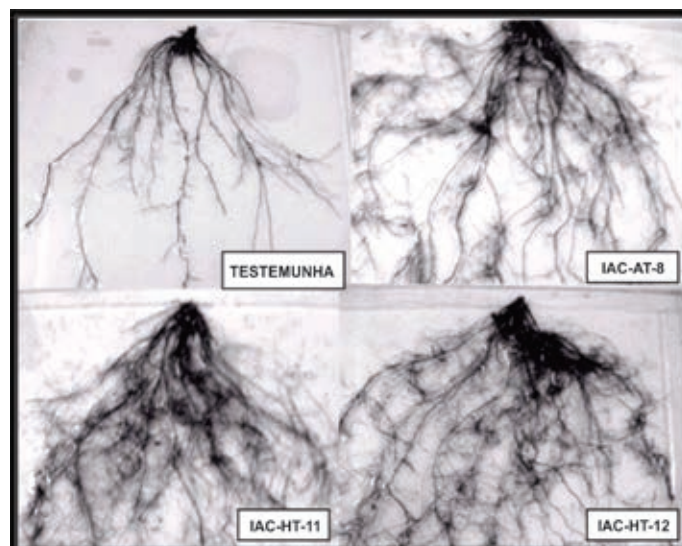
cana-de-açúcar (IAC 95-5000) em cerca de 50% (Figura 2). Essas bactérias também beneficiam a produção de mudas de porta-enxertos de citros (tangerina 'Sunki' e 'Cleópatra' e citrumelo 'Single'), promovendo

do de 30% a 60% de incremento no crescimento das plantas. Mesmo em culturas que não passam por fase de produção de mudas, a inoculação pode trazer ganhos de produtividade e ser lucrativa. Observações de campo, da inoculação de isolados de bactérias diazotróficas endofíticas (Figura 3) no cultivo de trigo, mostram ganhos de produtividade na faixa de 25% a 35%.

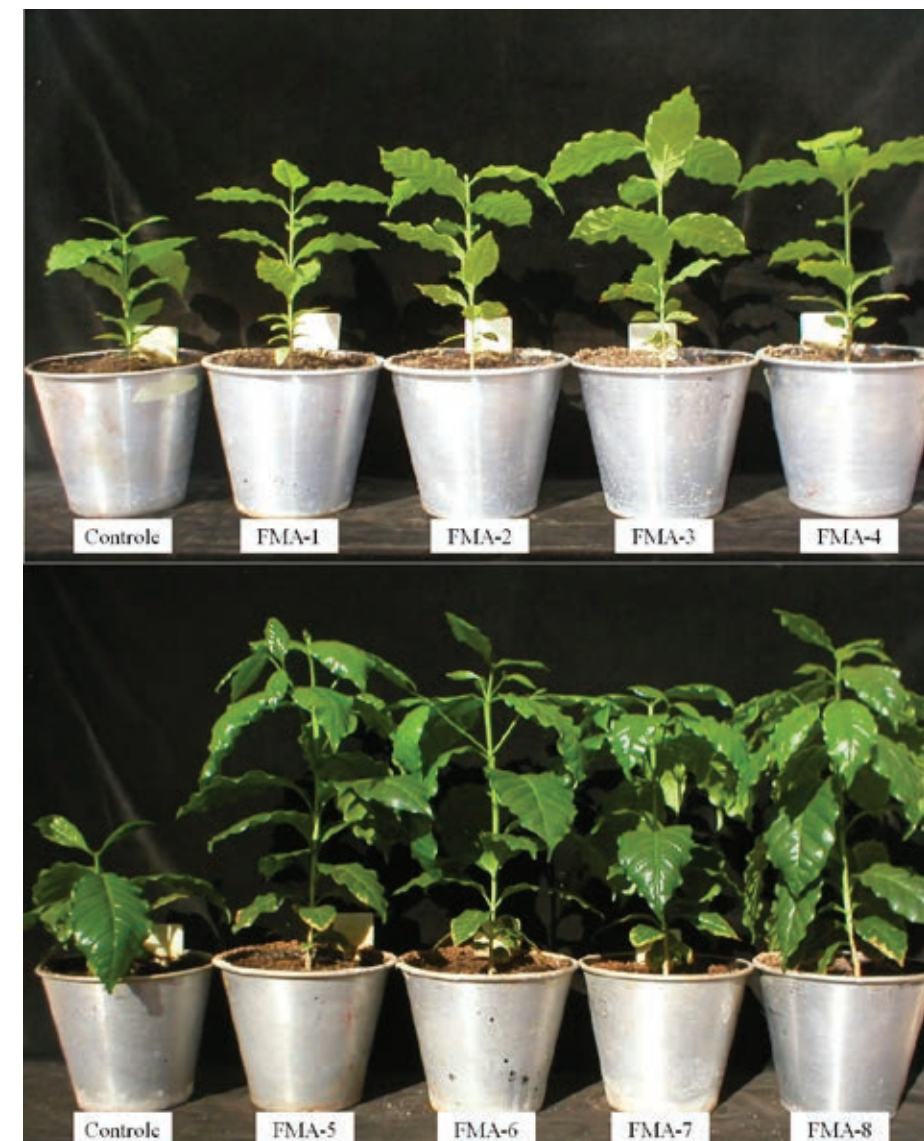
Da mesma forma, a associação micorrízica que se estabelece na grande maioria das plantas, principalmente nas de interesse agrícola, resulta em ganhos significativos no desenvolvimento da planta. A inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em substratos convencionais ou orgânicos comerciais, aliada ao manejo da fertilidade, garante incrementos no crescimento de mudas de café (Figura 4), plantas cítricas e ornamentais, como o antúrio, mostrando-se viável em cultivos protegidos, em viveiros.



**Figura 2.** Mudanças de cana-de-açúcar sem endofíticos (Controle) e tratadas com os isolados IAC-BEca-088 (*Burkholderia caribensis*), IAC-BEca-090 (*Kosakonia radicincitans*) e IAC-BEca-095 (*Kosakonia oryzae*).



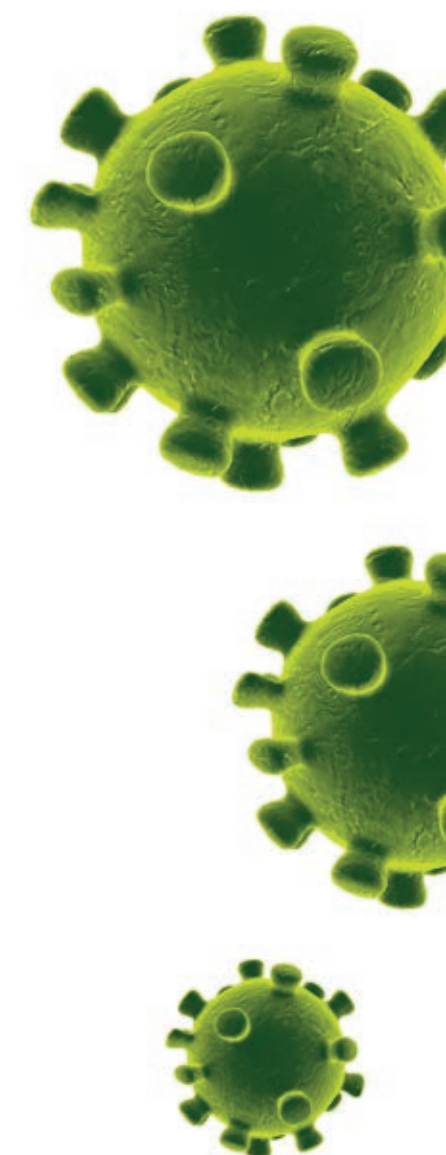
**Figura 3.** Raízes de trigo sob influência da inoculação de isolados de bactérias diazotróficas endofíticas: *Azospirillum brasilense* (IAC-AT-8), *Achromobacter insolitus* (IAC-HT-11) e *Zoogloea ramigera* (IAC-HT-12), e testemunha sem inoculação.



**Figura 4.** Mudanças de café produzidas em substrato convencional (solo + esterco de curral) submetidas à inoculação de diferentes espécies de fungo micorrízico arbuscular (FMA 1 ao 8) e sem inoculação (Controle).

Os trabalhos realizados com micro-organismos benéficos resultam de pesquisas de temas relevantes no mundo científico, mas que também visam atender à demanda de agricultores de diferentes segmentos. Os isolados que compõem a coleção de micro-organismos do setor de Microbiologia do Solo foram obtidos de plantas hospedeiras, em campos de cultivo, resultado da parceria mantida com agricultores. De acordo

com o avanço das pesquisas e os resultados promissores, procura-se cada vez mais aliar o conhecimento científico à necessidade do mercado por produtos voltados a uma agricultura mais sustentável, no qual se enquadram as BPCPs e os fungos micorrízicos. O acúmulo de informações e de resultados consistentes abrem possibilidades para, em etapas futuras, o desenvolvimento de formulações de inoculantes.



# Estratégia Agronômica para a crise hídrica no Estado de São Paulo



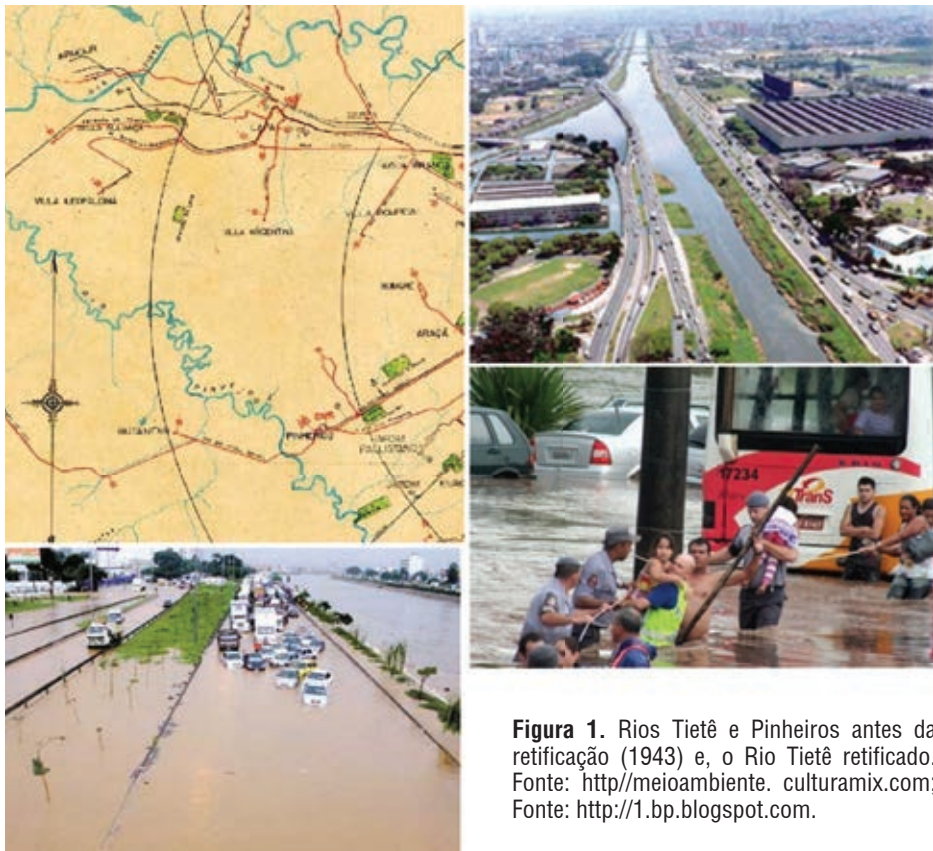
A presente crise hídrica no Estado de São Paulo está exigindo que a estratégia para seu enfrentamento passe por urgentes mudanças de alguns paradigmas e estratégias se quiser atingir a adequada disponibilidade hídrica para as populações.

Essas mudanças parecem ter uma similaridade muito grande com o processo evolutivo que ocorreu nas estratégias ocorridas na Engenharia de Drenagem Urbana nesses últimos anos.

Nela, as soluções para o descontro- le hidrológico adotavam, nos anos 70, a concepção de “Medidas Compensatórias”,

atuando nos locais de efeito, ou seja, onde ocorriam as anormalidades hídricas, como enchentes e outras (Figura 1). Surgiram, então, obras de mitigação de impactos, podendo citar, dentre as mais famosas, as da cidade de São Paulo: a supressão das várzeas (bolsões naturais de regularização de vazão) com a retificação e canalização do rio Tietê para a aceleração do fluxo de drenagem, enormes e custosos de sistemas de contenção de cheias, como os piscinões e outros (Figura 2).

O que se seguiu mostrou que essa estratégia não era das melhores.



**Figura 1.** Rios Tietê e Pinheiros antes da retificação (1943) e, o Rio Tietê retificado. Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com>; Fonte: <http://1.bp.blogspot.com>.

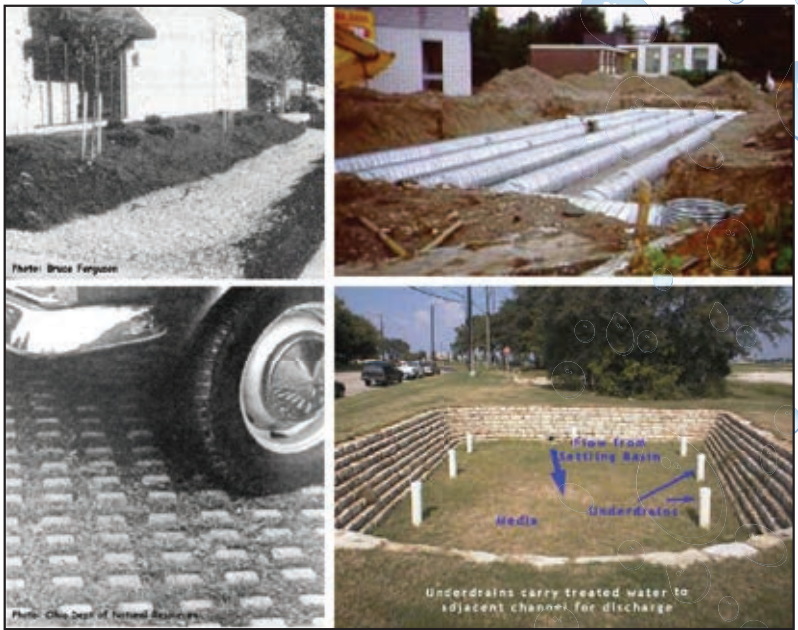


**Figura 2.** Piscinão de Mauá (SP), e piscinão entulhado de sujeira, exalando mau cheiro. Fonte: <http://noticias.r7.com/> / [/piscinoes-em-sp-sofrem-com-sujeira-19.html](http://piscinoes-em-sp-sofrem-com-sujeira-19.html); <http://saopaulourgente.blogspot.com.br>.

Esse processo mudou, a partir de 1980, quando se assumiu que as soluções mais eficientes eram aquelas que atuavam sobre as causas. Adotou-se, então o controle de fluxos na origem; caixas de infiltração para a redução de volumes escoados; sistema de armazenamento local e outros (Figura 3).

Finalmente, a partir de 1990, houve a introdução do conceito “Drenagem Urbana Sustentável” que passou a reconhecer a complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade. Passou-se, então, a considerar-se a Sustentabilidade Ecológica, a Sustentabilidade Econômica e a Sustentabilidade Social.

Remetendo-se ao problema de disponibilidade hídrica, no Brasil, os processos de regularização, armazenamento, captação e distribuição de água para abastecimento público, perante a contínua crescente demanda quase que exclusivamente, sempre tiveram enfoque na construção de estruturas de obras de engenharia civil visando



**Figura 3.** Tipos de sistemas de controle na origem: trincheira de infiltração, sistema de armazenamento local; pavimento poroso; sistema de filtração. Foto: Bruce Ferguson; Fonte: <http://docslide.com.br>.

Rinaldo de Oliveira Calheiros<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo, Centro de Ecofisiologia. rocalhei@iac.sp.gov.br



tanto ao armazenamento como à regularização de disponibilidade hídrica, a jusante. A partir daí, originaram construções de grandes represas, como a Represa Billings, na década de 20, originalmente com vistas para energia e depois, com seus 1,2 bilhão de m<sup>3</sup> de água, também para abastecimento público, o Sistema Cantareira, com 990 milhões de m<sup>3</sup>, obras de transposição de rios, em que o mais famoso é o do Rio São Francisco, e outros (Figura 4).



Figura 4. Sistema Cantareira. Fonte: <http://site.sabesp.com.br>.

Com a degradação por ação antrópica dos solos de utilização agropecuária, das matas de topo de morros, de elevada declividade, nas meias encostas e das florestas ripárias, a capacidade de infiltração, percolação e armazenamento da água nos aquíferos foi diminuindo, drasticamente resultando picos de escoamento, durante o período chuvoso e queda abrupta da vazão após e entre as precipitações pluviais.

Esse fato veio a condicionar a relativa ineficiência e não sustentabilidade das obras de represamento e regularização de fluxo, as quais, ainda hoje, reputa-se, em caráter emergencial, desesperadamente implementadas.

Em audiência pública em Nova Odessa (SP), em 2010, portanto, antes dos anos de crise hídrica e quando o município estava autossuficiente em água, revelava-se que as represas de abastecimento público tinham o volume represado e a vazão de recarga diminuída, atribuindo-se ao 'enfraquecimento' das nascentes e ao assoreamento das represas. Sobrevieram os anos secos e seus mananciais entraram em colapso acarretando restrições no abastecimento público.

Algum tempo depois, no projeto "Sustentabilidade Hídrica do Município de Nova Odessa", do Instituto Agrônomo, realizado por CALHEIROS (2015) verificou-se que as nascentes de contribuição dos mananciais estavam todas assoreadas pela falta ou ineficiência das práticas conservacionistas da área agrícola de contorno bem como da degradação das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Como consequência, as represas-mananciais que formam o Conjunto Recanto e responsáveis por 70% do abastecimento público do município estavam:

- a) Assoreadas, tendo, como consequência maior área de espelhamento da água e, assim, maior perda por evaporação, diminuindo a disponibilidade hídrica final para distribuição e consumo;
- b) Em processo crescente de eutrofização, resultando em, cada vez mais, difícil manejo da vegetação aquática com maior perda por transpiração diminuindo a disponibilidade hídrica final para distribuição e consumo bem como decréscimo na qualidade da água;

- c) Com sua vazão de alimentação em significativo processo de diminuição devido às degradações físico-hídricas da área de contorno que promovem a impermeabilização dos solos, resultando em menor recarga das águas subterrâneas com a consequente diminuição da vazão das nascentes bem como do fluxo de base (surgência direta na represa);
- d) Com provável diminuição da qualidade da água pelo aumento de elementos químicos resultante de possível manejo e de práticas agrícolas inadequados realizados no contorno, notadamente na área que correspon-

de à bacia de captação das nascentes potencializando maior custo no tratamento e aparecimento de elementos tóxicos à população;

- e) Com provável diminuição da qualidade da água causada pelo maior teor de sedimentos, sólidos gerais em suspensão e elevação do teor de matéria orgânica, potencializando maior custo no tratamento físico e químico e aumento da taxa de formação de trihalometanos tendendo a um aumento de incidência de câncer na população.

A figura 5 caracteriza a condição acima descrita.



Figura 5. Sistema hídrico da microbacia hidrográfica do Córrego do Recanto.



As imagens de algumas nascentes, nas figuras abaixo, dão uma idéia do grau de degradação de seu conjunto (Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13).

#### Situação de degradação da Nascente A.



**Figura 6.** Nascente brotando na estrada de contorno da nascente



**Figura 7.** Surgência também no meio do canal, adjacente à nascente. Cobertura vegetal pobre da APP da nascente, inclusive com exóticas.



**Figura 8.** Erosão pelo escoamento de água na estrada de contorno da nascente.

#### Situação de degradação da Nascente B.



**Figura 9.** Vegetação pobre da APP da nascente, incluindo exótica. Leito do carreador lavado pelo escoamento erosivo, escoando para a nascente.



**Figura 10.** Sulco de erosão na estrada. Leito do carreador lavado pelo escoamento erosivo e banco de areia resultado da erosão na estrada, tudo escoando para a nascente.

#### Situação de degradação da Nascente C.



**Figura 11.** Erosão da estrada e formação de banco de areia. Entrada da água de erosão da estrada na nascente.



**Figura 12.** Trilhas formadas dentro da APP da nascente. Nascente já transformada em voçoroca em razão da entrada da água erosiva vinda da estrada.

Através das pesquisas desenvolvidas pelo IAC, foi possível quantificar a necessidade de recomposição vegetal das APPs de todo o sistema hidrológico de cada nascente de cabeceira (Figura 13 e Tabela 1).



**Figura 13.** Dimensionamento da necessidade de recomposição vegetal das APPs do sistema hidrológico da Nascente X.

**Tabela 1.** Quantificação de recomposição vegetal do sistema hidrológico nascente X.

| Local        | Determinação            | Atual (m) | Comprimento (m) | Raio Lago | Recomposição |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------|-----------|--------------|
| Nascente     | 50 m de raio            | 5         | -               | -         | 0,78         |
| Córrego      | 50 m de largura/ Margem | 18        | 250             | -         | 1,6          |
| Lago         | 50 m de largura         | -         | -               | 100       | -            |
| <b>TOTAL</b> |                         |           |                 |           | <b>2,38</b>  |

Adianta-se que esse quadro de degradação da área agrícola de contorno e dos elementos hidrológicos é uma constante em todo o Estado de São Paulo.

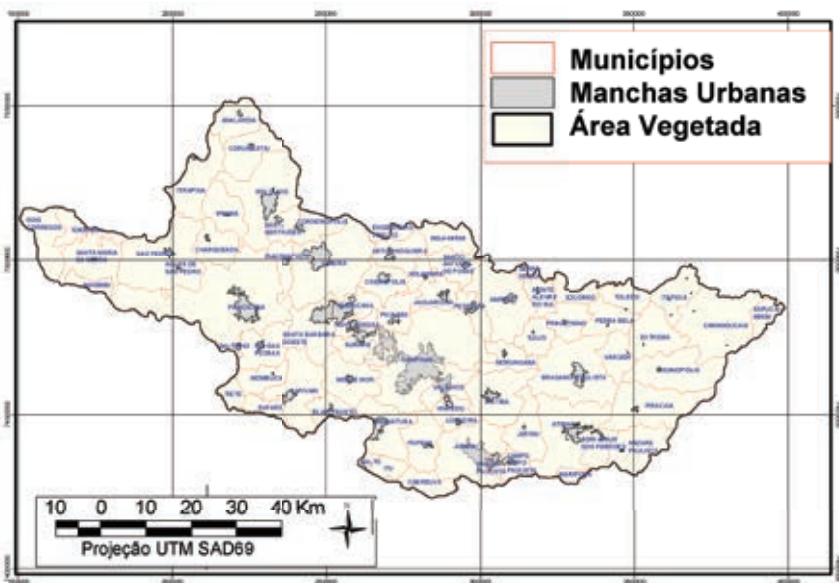
Pelo apresentado até aqui fica inquestionável que uma represa só é sustentável quando suas bacias hidrográficas de recarga, a montante, portanto, estão conservadas ou recuperadas na sua condição de produção de água.

O grau de importância da recuperação e preservação da área agrícola para produção de água pode ser inicialmente avaliado pela enorme proporção de área vegetada em relação à urbana nas Bacias Hidrográficas. Toma-se, por exemplo, as Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI 5), uma das mais urbanizadas do país (Figura 14).

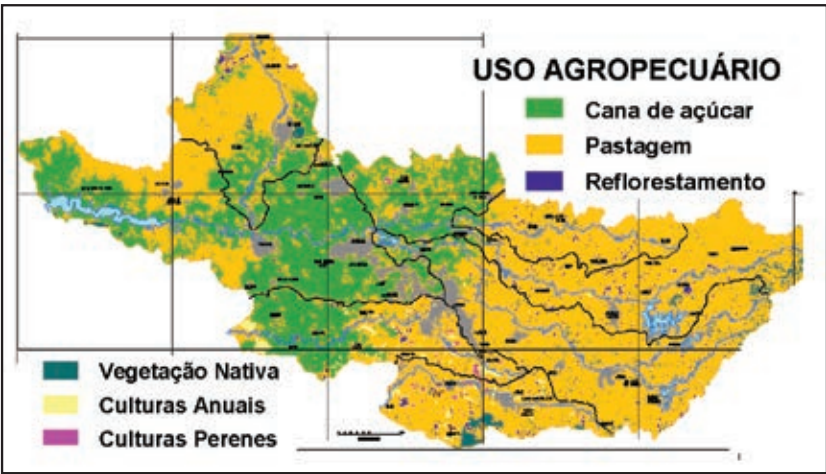
Nessa mesma bacia, só a área de pastagem degradada ocupa 39,6% e grande parte está posicionada em toda a metade superior da bacia, região hidrológicamente mais importante sob o ponto de vista de produção de água, pois, a água ali produzida beneficia toda a população da UGRHI 5 (Figura 15).

Infelizmente, nessa enorme área de pastagem pratica-se a pecuária extensiva, o que, quase sempre, resulta na compactação do solo e, em consequência, nos processos erosivos, além de estar muito pobremente suprida por práticas conservacionistas tornando-a seriamente comprometida na sua capacidade de produção de água.

Para se compreender o grau de degradação dessa área de pastagem na metade superior da UGRHI 5, pode-se recorrer ao trabalho de WHATELY et al. (2007), pois caracteriza e quantifica muito bem as alterações do uso do solo a que está sendo sujeita a região do Sistema Cantareira – localizada justamente nessa porção da UGRHI 5 de área de pastagem – e



**Figura 14.** Distribuição espacial da área vegetada e da urbana nas Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiá.



**Figura 15.** Distribuição espacial da área de pastagem nas Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiá.



identifica que esse uso tem resultado em impactos significativos sobre o potencial de produção de água das bacias hidrográficas que abastecem o sistema Cantareira (Figura 16).



Figura 16. Localização Espacial do Sistema Cantareira nas Bacias PCJ.

A figura 17 mostra a distribuição dos usos do solo dessas bacias, evidenciando a grande área classificada como Campo Antrópico.

O trabalho de caracterização físico-hidrológica do Sistema Cantareira, os autores calcularam o *Índice de Comprometimento da Produção Hídrica* (ICPH) do Sistema Cantareira, analisando o nível de degradação físico-hídrica dos solos e as áreas mais propensas à degradação ambiental nos próximos anos, caso se mantenham as atuais tendências de uso e ocupação do solo.

O ICPH é obtido através da análise integrada entre as características naturais das sub-bacias que compõem uma bacia hidrográfica, tais como relevo, formato, quantidade de nascentes, quantidade de cobertura vegetal e de ocupação por atividades humanas (urbanas ou não) e as alterações decorrentes de atividades humanas ocorridas em um determinado período de tempo. Assim, quanto maior o índice, maior o grau de comprometimento na produção de água. A figura 17 mostra a distribuição espacial do ICPH nas bacias de abastecimento do Sistema Cantareira.

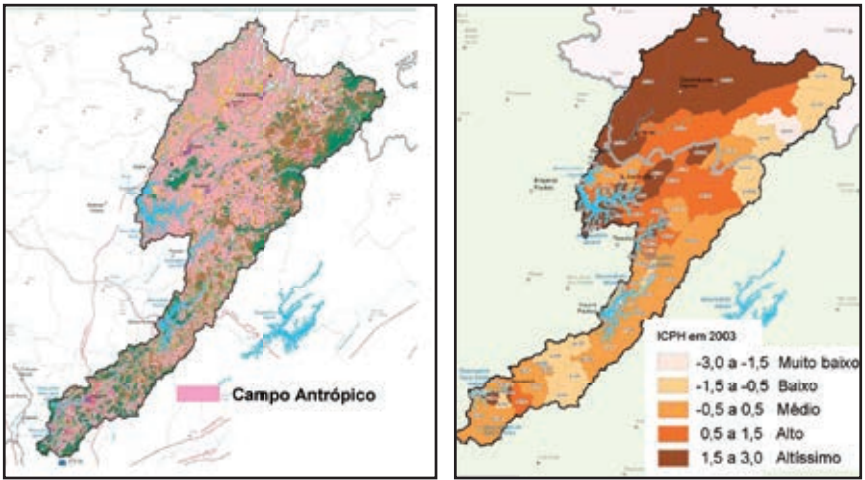


Figura 17. Predominância de Campo Antrópico na distribuição dos usos do solo e distribuição espacial do ICPH nas bacias de abastecimento do Sistema Cantareira.

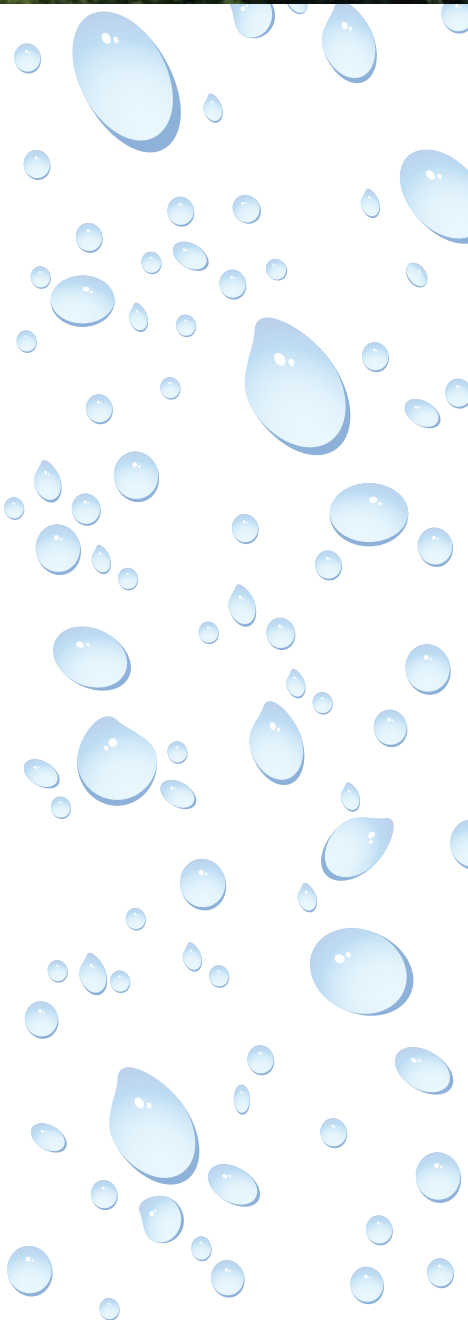
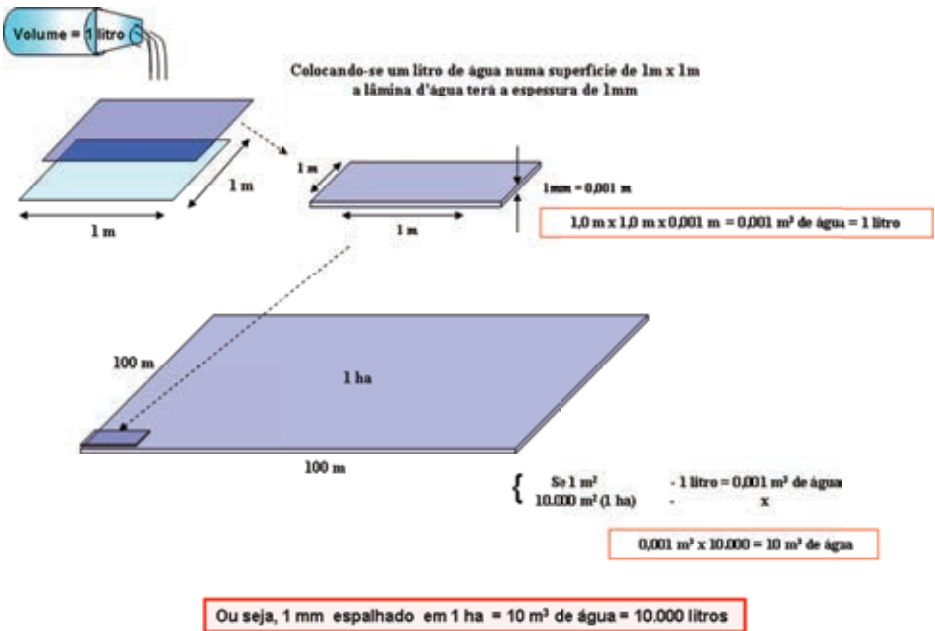
Observa-se uma expressiva área das bacias do Sistema Cantareira com elevado comprometimento na produção de água. E essa condição pode ser estendida para toda área de Pastagem Antrópica que cobre a metade superior das Bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

O método de estimativa empírica, porém racional, do potencial de produção de água apresentado por CALHEIROS (2013) pode ser utilizado para se ter uma noção de grandeza do benefício que significaria a recuperação físico-hídrica dessa área visando à produção de água. Trata-se da decomposição dos diferentes fluxos da água em uma área, a partir da precipitação pluvial.

Deve-se considerar, de antemão, que a

quantidade de água que sai na nascente é o reflexo da quantidade de água da chuva que se infiltra em uma unidade de área da sua bacia de captação. Essa água atinge e reabastece os lençóis subterrâneos e, aí sim, parte dela, sai na superfície do solo através de uma nascente ou abastece, diretamente, um corpo d'água - lago ou rio.

De antemão, didaticamente, deve ser lembrado que, segundo a figura abaixo, despejando-se um litro de água uniformemente em uma superfície de 1m x 1m de solo forma-se uma lâmina de água da espessura de 1mm. Se se fizer o mesmo em uma superfície de 1ha (100 m x 100 m) necessitaríamos de um volume de água de 10.000 litros o que corresponde a 10m³ de água, como demonstrado no esquema abaixo.



Passando-se para os fluxos que a água de uma chuva assume quando cai numa superfície de solo de uma meia encosta, teríamos o que se segue.

O destino e a distribuição teórica das águas em uma microbacia totalmente preservada sob uma precipitação pluvial de 100 mm, em 7 horas (100% da precipitação), podem ser assim apresentados: 10% de perda na superfície do solo, sendo 7% perda por interceptação/evaporação e 3% de escoamento superficial; 60% se perdem por evapotranspiração e 7% correspondem

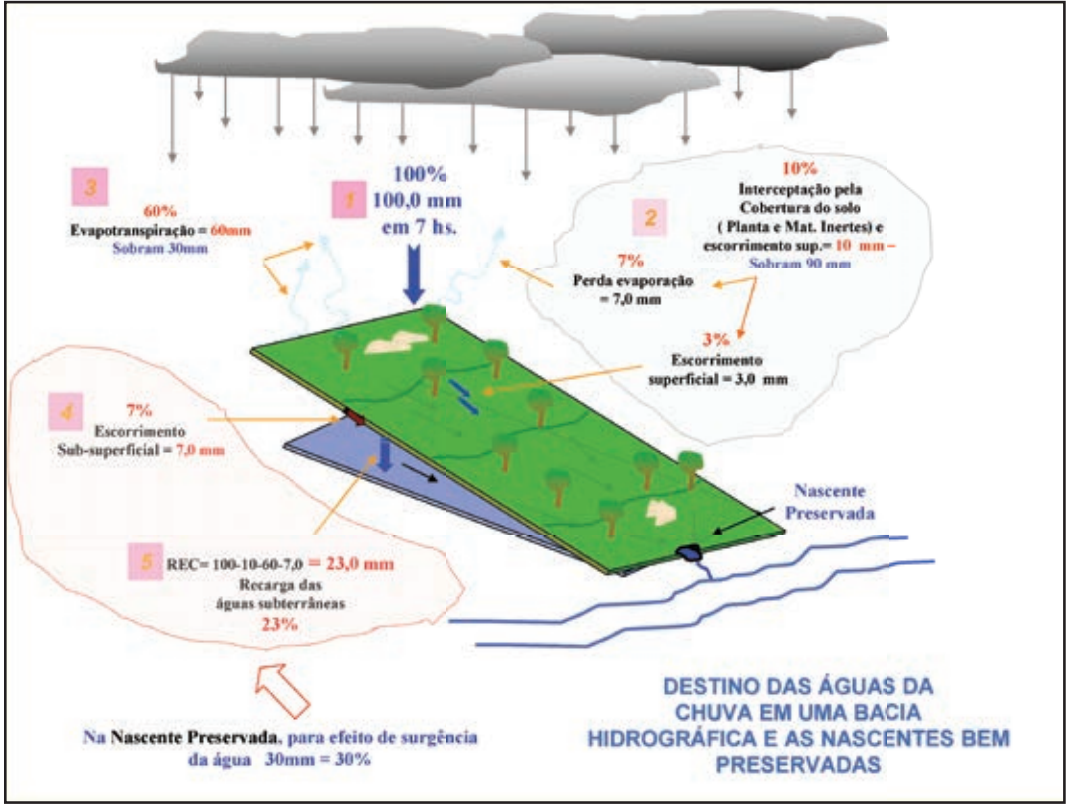
ao escoamento subsuperficial. Portanto, seriam 23% destinados à recarga das águas subterrâneas. Para efeito de vazão das nascentes e fluxo de base, pode-se considerar, também, o escoamento subsuperficial, totalizando 30% da precipitação de 100 mm. Evidentemente, é uma simplificação do processo, pois, dentre outros, nem toda a água presente nos aquíferos de uma microbacia, necessariamente torne-se superficial dentro da própria bacia.

A figura abaixo apresenta essa distribuição.

A condição teórica atual da área de pastagem, na UGRHI 5, em termos físico-hídricos é, majoritariamente, degradada, com escoamento superficial estimado de 25% e a perda por interceptação é de 5%, menor que na bacia preservada, uma vez que a vegetação, em vista da menor fertilidade do solo causada pela erosão, tem menor área foliar e, portanto, menor interceptação. Assim, a perda superficial é de 30%.

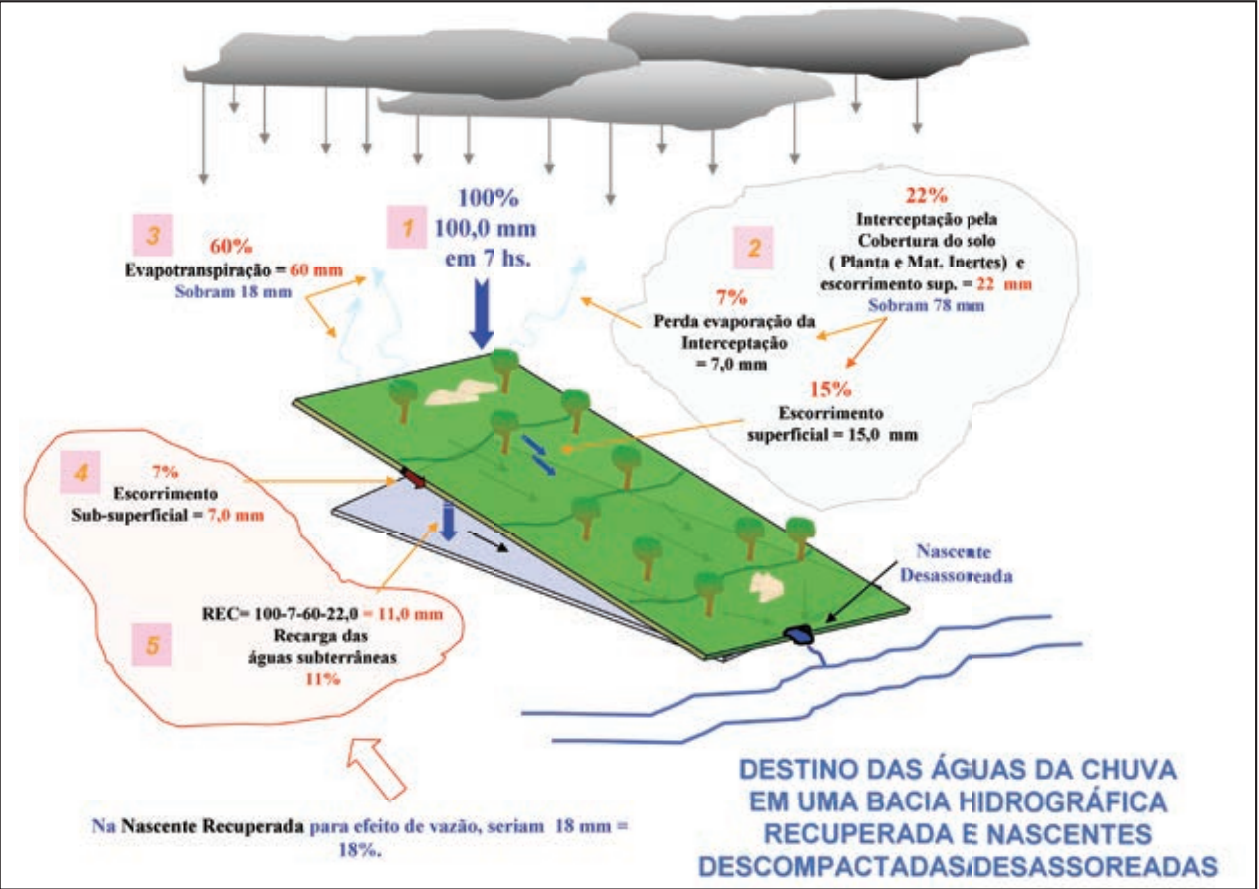
Na decomposição de fluxos considera-se a evapotranspiração de 55%, também menor que da bacia preservada, função da menor massa vegetal. Com o escoamento subsuperficial de 7%, na nascente, para efeito de vazão, seriam 15 mm = 15%. Porém, em uma nascente com a APP degradada e com a surgência compactada/obstruída pelos sedimentos vindos da erosão da meia encosta, pode-se estimar uma restrição física de 30%, resultando, para efeito de vazão, em 10,5 mm = 10,5%.

A figura abaixo apresenta essa distribuição.



Se, na área de pastagem for executado um trabalho mínimo de preservação e conservação dos solos, tais como terraceamento e construção de caixas de retenção (Barraginhas), pode-se esperar, de forma bem conservadora, no mínimo, 40% de melhoria na capacidade de infiltração da água, passando-se para um escoamento de 15%.

Considerando-se uma interceptação no valor anterior (7%), evapotranspiração de 60%, e escoamento subsuperficial de 7%, a recarga do lençol subterrâneo passaria de 10,5mm para 18,0mm ou 18% da precipitação pluvial de 100 mm, que sairia totalmente, uma vez que a nascente está desassoreada, como demonstra a figura abaixo.



Assim, passa-se de uma vazão das nascentes de 10,5% do total precipitado na condição de área degradada, para 18%, representando um acréscimo de 7,5% da precipitação pluvial.

Se esses números forem levados à área de Campo Antrópico (Pastagem), e considerando-se que 60% dos 588.625,73 ha está localizado no meio superior da UGRHI 5, essa área corresponderia a 353.175,44 ha.

Como na região do Sistema Cantareira a precipitação pluvial média anual é de 1.592 mm, tem-se que os 7,5% dessa precipitação equivale a 119,4 mm/ano, igual ao volume de 1.194 m³/ha/ano.

Na área de 353.175,44 ha esse volume equivaleria a 421.691.475,4 m³/ano ou 13,5 m³/s.

Para valorar esse montante e, portanto, a grandeza de importância que tem a recuperação físico-hídrica dos solos na questão de produção de água, esse valor é, quase, três vezes a vazão pleiteada pelos Comitês das Bacias do PCJ para a renovação da outorga do Sistema Cantareira.

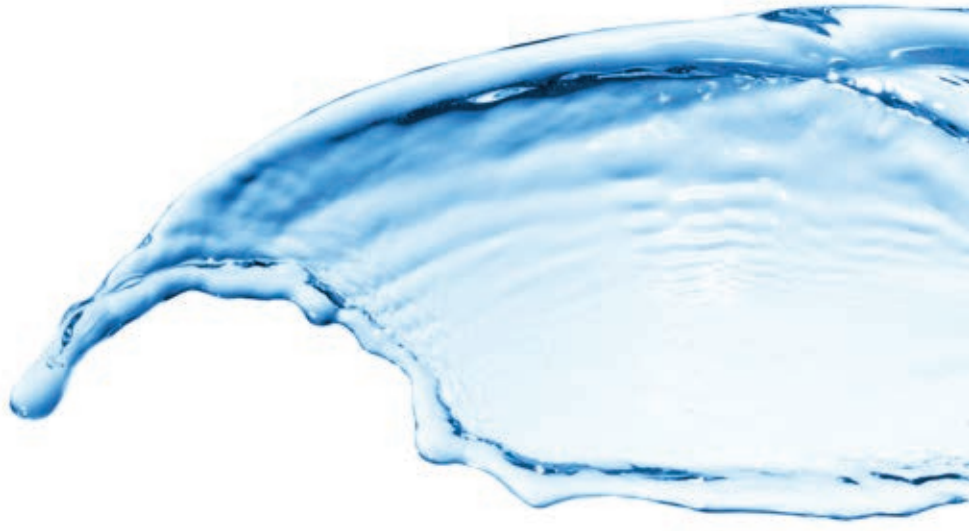
Também vale considerar que esse volume de água, 421.691.475,4 m³/ano adicionada aos aquíferos com uma simples conservação dos solos, diminuindo, apenas, em 40% do escoamento superficial e, ainda, só na área de pastagem da metade superior da UGHRI 5 equivalem quase 50% de um reservatório do porte do Sistema Cantareira ou 6,3 vezes a capacidade das Barragens de Pedreira e de Duas Pontes juntas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALHEIROS, R. de O. Cálculo teórico da promoção hidrológica de uma bacia hidrográfica como subsídio a tomada de decisão na implementação de PSA. CT-RN: Câmara Técnica de Recursos Naturais. 50ª Reunião Ordinária, abril /2013. Santa Barbara D'Oeste.

CALHEIROS, R. de O. Relatório Técnico Parcial de Atividades do Programa de Sustentabilidade Hídrica do Município de Nova Odessa, SP. Campinas, 2015. 24p.

WHATELY, M.; CUNHA, P. CANTAREIRA 2006: Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo - Resultados do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira. São Paulo: Instituto Socioambiental (ISA), 2007. 67 p.



# Atividade enzimática como parâmetro de qualidade do solo



Rodrigo Santos Moreira<sup>1</sup>  
Marcio Koiti Chiba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas.  
<sup>2</sup> Pesquisador Científico, Instituto Agronômico de Campinas. mkchiba@iac.sp.governo.br.

A preocupação com a qualidade do solo é um tema recente e tem como força motivadora a redução dos impactos causados pela agricultura. Historicamente, o manejo do solo tem sido efetuado em função apenas da análise de rotina para fins de fertilidade, que quantifica seus atributos químicos. O solo, por sua vez, é sede de uma intrincada rede de conexões cujo manejo, sem levar em consideração aspectos físicos, biológicos e ambientais, pode comprometer a sustentabilidade da produção agrícola.

Atualmente, devido à busca por uma agricultura conservacionista, estamos vivenciando uma mudança de paradigma. As práticas agrícolas devem aliar a produtividade das culturas com a conservação do ambiente, o que inclui a manutenção dos serviços ecossistêmicos do solo. Sob essa óptica, deixamos de focar exclusivamente em quilogramas por hectare e pensamos em qualidade da atividade agrícola.

Nesse contexto, cabe à pesquisa agrícola identificar parâmetros que possam estimar, de forma eficiente, a qualidade do solo em diferentes tipos de manejo. Esses parâmetros são chamados de indicadores de qualidade do solo, e podem ser utilizados de forma individual ou integrados na forma de um índice de qualidade.

A matéria orgânica do solo (MOS) é um indicador de qualidade devido à sua relação com vários atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Portanto, em muitas situações adicionar material orgânico ao solo é uma das formas de melhorar sua qualidade. Contudo, mudanças nos teores de MOS ocorrem de forma lenta, levando anos para que se possam quantificar seus efeitos. Assim, parâmetros de boa correlação com a matéria orgânica, porém mais sensíveis

a mudanças no uso do solo poderiam ser utilizados na avaliação da qualidade do solo.

Os parâmetros bioquímicos como a atividade enzimática são mais sensíveis a alterações no manejo do que atributos químicos e físicos e, portanto, possuem um grande potencial para serem usados como indicadores de qualidade. As enzimas são substâncias produzidas por micro-organismos que habitam o solo e afetam as reações químicas nas quais um substrato é transformado em outro produto. A celulase, por exemplo, compreende uma classe de enzimas que atuam na quebra da molécula de celulose em polissacarídeos mais simples (hemicelulose, lignina, etc). A celulase, portanto, possui um papel importante na transformação de material orgânico em MOS estabilizada e, consequentemente no ciclo biogeoquímico de nutrientes de planta como nitrogênio, fósforo e enxofre. Dessa forma, a atividade das enzimas do solo integram informações tanto do *status* microbiológico, quanto das condições físico-químicas do ambiente e podem fornecer informações mais precisas com relação ao impacto provocado pelo manejo agrícola na qualidade do solo.

A aplicação de resíduos orgânicos no solo visando melhorar suas propriedades químicas e físicas tem sido uma prática comum no decorrer da história da atividade agrícola. Atualmente, além de resíduos de origem animal (esterco) e vegetal (restos de culturas, palhada, etc.) o solo é o destino final de vários resíduos urbanos e industriais que trazem o duplo benefício econômico e ambiental de reintroduzir no solo os nutrientes exportados do campo juntamente com as colheitas e reciclar a matéria orgânica que seria perdida. Diferentemente dos esterco e restos de culturas, os resí-



duos orgânicos de origem urbana podem ter material orgânico parcialmente decomposto, com composição química diferente que o tornaria mais estável diante da ação dos micro-organismos. Um indicador de qualidade do solo, entretanto, deve ser eficiente em diferentes cenários, inclusive em uma situação na qual se fez uso de resíduos orgânicos. Em termos ambientais, a avaliação da qualidade de solos que receberam resíduos orgânicos de origem urbana seria ótima ferramenta de monitoramento. Para o desenvolvimento de um índice de qualidade do solo utilizando atributos bioquímicos, é importante conhecer a dinâmica desses

parâmetros e sua relação com os demais atributos do solo.

Buscando esse conhecimento, tem sido desenvolvida uma pesquisa no Instituto Agronômico, em Campinas (IAC), por pesquisadores do Centro de Solos e Recursos Ambientais. Esta pesquisa está avaliando a utilização de medições da atividade das enzimas celulase, fosfatase ácida, arilsulfatase e b-glicosidase como indicadores de qualidade do solo. Para tanto, foi estudado um cenário no qual um resíduo orgânico foi aplicado por longo tempo, o que poderia causar alterações relevantes na qualidade do solo em comparação com

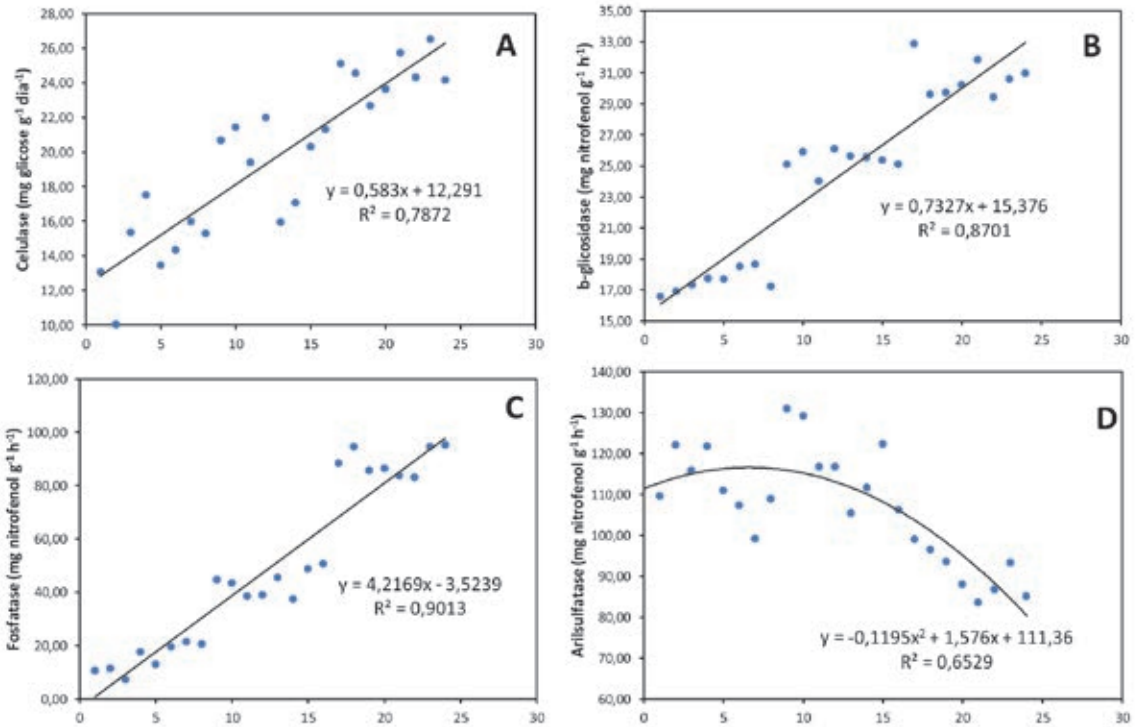
a adubação mineral convencional.

O estudo foi realizado com amostras de solo coletadas de um experimento de longa duração, no qual doses de 10 e 20 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto foram aplicadas anualmente, desde 2001, em parcelas com área de 100 m<sup>2</sup>. O lodo foi aplicado como fonte de nitrogênio para o milho e sua aplicação e o monitoramento do solo seguiram as normativas estabelecidas pelas agências ambientais. Um tratamento com aplicação de fertilizante mineral também foi testado como controle.

Foram coletadas amostras de solo na camada de 10 cm de profundidade para a análise das enzimas celulase, b-glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase.

A escolha dessas enzimas foi baseada no seu papel no ciclo de importantes nutrientes como o carbono (celulase e b-glicosidase), fósforo (fosfatase ácida) e enxofre (arilsulfatase). Também foram feitas análises de rotina para avaliação da fertilidade do solo. Os dados foram submetidos a teste estatístico para avaliar o efeito das doses de lodo de esgoto na atividade das enzimas no solo e na sua relação com as demais características do solo estudadas.

A aplicação do lodo de esgoto aumentou a atividade das enzimas celulase, b-glicosidase e fosfatase ácida e reduziu a atividade da arilsulfatase (Figura 1). A celulase é



LODO DE ESGOTO

Figura 1. Efeito dos tratamentos na atividade das enzimas celulase (A), b-glicosidase (B), fosfatase (C) e arilsulfatase (D).



a enzima responsável pela degradação da celulose em glicose, celubiose e outros oligossacarídeos que são fonte de energia para os micro-organismos do solo. Uma pequena parte da celulase é derivada do metabolismo de fungos e bactérias, porém a maior parte vem da incorporação de restos culturais ao solo. Da mesma forma, a b-glicosidase é responsável por acelerar a biodegradação de compostos orgânicos presente em restos vegetais em decomposição. Seu produto final é a glicose, importante fonte de energia para os micro-organismos. A maior atividade da celulase e b-glicosidase nos tratamentos com aplicação de lodo de esgoto provavelmente ocorreu devido aos maiores teores de carbono orgânico nesses tratamentos (Tabela 1), os quais resultaram da aplicação do lodo e da incorporação de biomassa vegetal no solo.

A fosfatase é responsável pela hidrólise e liberação de fosfato livre proveniente

de formas orgânicas de fósforo presente no solo, contribuindo para o fornecimento desse nutriente às plantas. A aplicação de lodo aumentou a atividade da fosfatase ácida no solo e consequentemente, os teores de fósforo (Tabela 1).

Houve correlação positiva dessas enzimas, com exceção da arilsulfatase, com os teores de carbono orgânico, capacidade de troca de cátions (CTC), fósforo (P) e enxofre (S) do solo (Tabela 2). Por esses resultados, verifica-se que a atividade de enzimas extracelulares se relaciona com atributos químicos que são diretamente ligados à fertilidade do solo e à produtividade de plantas. No entanto, as enzimas possuem a capacidade de dar respostas mais rápidas às mudanças na qualidade do solo e refletem o impacto do manejo agrícola em uma etapa anterior aos indicadores químicos e físicos.

Neste estudo, na fosfatase ácida observou-se a maior sensibilidade entre as enzi-

Tabela 1. Características químicas do solo após sucessivas aplicações dos tratamentos.

| Parâmetro                     | Tratamentos |          |          | CV%   | p      |
|-------------------------------|-------------|----------|----------|-------|--------|
|                               | L0          | L1       | L2       |       |        |
| Carbono (g dm <sup>-3</sup> ) | 13,98 a     | 20,38 b  | 25,15 c  | 9,99  | 0,0006 |
| pH                            | 5           | 5,1      | 4,8      | 3,83  | 0,1222 |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )      | 42,25 a     | 173,25 b | 225,75 b | 35,87 | 0,0068 |
| Ca (mmolc dm <sup>-3</sup> )  | 37 a        | 54,75 b  | 48 ab    | 13,44 | 0,0193 |
| K (mmolc dm <sup>-3</sup> )   | 2,78        | 3,32     | 2,60     | 22,47 | 0,3285 |
| S.B. mmolc dm <sup>-3</sup> ) | 62,28       | 81,58    | 69,85    | 12,96 | 0,656  |
| S (mg dm <sup>-3</sup> )      | 19,5 a      | 53 b     | 84 c     | 23,13 | 0,0009 |
| CTC (mmolc dm <sup>-3</sup> ) | 88,28 a     | 117,32 b | 131,1 b  | 9,70  | 0,0079 |
| V% (%)                        | 70,25 b     | 69,25 b  | 53,5 a   | 6,34  | 0,0019 |
| H <sup>+</sup>                | 26 a        | 35,75 a  | 61,25 b  | 14,93 | 0,0005 |

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). CV% = coeficiente de variação, em porcentagem. S.B.= soma de bases.



Tabela 2. Correlações lineares simples entre as características químicas e bioquímicas do solo.

| Variáveis     | COS    | Celulose | Fosfatase | Arils. | b-glicosidase | P      | S      | S.B.  | pH     |
|---------------|--------|----------|-----------|--------|---------------|--------|--------|-------|--------|
| COS           | 1,00   |          |           |        |               |        |        |       |        |
| Celulase      | 0,84*  | 1,00     |           |        |               |        |        |       |        |
| Fosfatase     | 0,92*  | 0,91*    | 1,00      |        |               |        |        |       |        |
| Arilsulfatase | -0,56* | -0,53*   | -0,70*    | 1,00   |               |        |        |       |        |
| b-glicosidase | 0,93*  | 0,92*    | 0,95*     | -0,57* | 1,00          |        |        |       |        |
| P             | 0,90*  | 0,74*    | 0,80*     | -0,45* | 0,88*         | 1,00   |        |       |        |
| S             | 0,93*  | 0,85*    | 0,90*     | -0,63* | 0,90*         | 0,82*  | 1,00   |       |        |
| S.B.          | 0,35   | 0,27     | 0,17      | 0,30   | 0,33          | 0,64*  | 0,51*  | 1,00  |        |
| pH            | -0,57* | -0,34    | -0,58*    | 0,75*  | -0,50*        | -0,50* | -0,66* | -0,29 | 1,00   |
| CTC           | 0,91*  | 0,80*    | 0,83*     | -0,47* | 0,89*         | 0,92*  | 0,89*  | 0,60* | -0,52* |

\* Correlação linear de Pearson significativa à p<0,05. COS = Carbono orgânico do solo. S.B. = soma de bases.

mas estudadas. Enquanto o carbono orgânico do solo variou cerca de 80% entre os tratamentos, na fosfatase foi em torno de 486%. Por esses resultados, observou-se que as enzimas podem ser utilizadas como indicadores sensíveis e predizer de forma precoce as mudanças nos processos da matéria orgânica e nutrientes no solo.

Ao contrário das demais enzimas estudadas houve uma redução na atividade da arilsulfatase com o aumento das doses de lodo (Figura 1d). Parte desse comportamento pode estar relacionada à correlação negativa com os teores de S no solo. Correlações negativas entre a atividade enzimática e a disponibilidade de nutrientes são consistentes com um mecanismo em que a atividade ou a produção da enzima é regulada pelo suprimento do nutriente que a enzima catalisa. Assim, os altos teores de S nos tratamentos com aplicação de lodo de esgoto podem ter provocado uma resposta negativa reduzindo a atividade da arilsulfatase no solo.

Para as condições experimentais, as enzimas celulase, b-glicosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida tinham potencial para serem utilizadas como indicadores bioquímicos e indicar diferenças de manejo do solo. Esse caso, em particular, discriminou áreas que receberam a aplicação de resíduos orgânicos como o lodo de esgoto.

A inclusão desses atributos em um índice de qualidade do solo, provavelmente, melhoraria o entendimento do sistema solo e o impacto de mudanças no manejo agrícola como a aplicação de resíduos orgânicos como o lodo de esgoto e serviria como suporte para a tomada de decisões. No entanto, mais estudos devem ser realizados em diferentes agroecossistemas para avaliar a melhor maneira de integrar a atividade enzimática do solo com atributos químicos e físicos em um índice de qualidade do solo.



# Zoneamento agroambiental de bacias hidrográficas: Um instrumento de gestão dos recursos hídricos



A preocupação cada vez maior com a preservação dos recursos hídricos, notadamente nas áreas agrícolas, deixou de ser uma questão pontual, principalmente com o cenário atual de redução das chuvas na Região Sudeste do Brasil, onde se concentra a maior parte da população e a demanda pela água, tanto para consumo humano como para irrigação é cada vez maior. Dentro desse contexto, torna-se necessária a adoção de tecnologias que contemplem sistemas mais eficientes de irrigação, minimizando perdas e aumentando a eficiência do consumo de água. Além desse aspecto, o emprego de práticas agrícolas, que reduzam o escoamento superficial da água e propiciem

maior infiltração no solo, associadas a um adequado planejamento de uso e ocupação das terras, são ações essenciais para a compatibilização da crescente demanda por alimentos com a preservação dos recursos naturais e, notadamente, da água. Hoje no Brasil, os recursos hídricos têm sua gestão organizada por bacias hidrográficas em todo o território nacional, seja em corpos hídricos de titularidade da União seja dos Estados. Há certamente dificuldades em se lidar com esse recorte geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros,

e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa certamente distinta da bacia hidrográfica. Em São Paulo, a pressão pelo uso da água levou o governo estadual a buscar soluções. O sistema começou a ser idealizado em 1987, quando o Conselho Estadual de Recursos Hídricos foi criado com funções semelhantes às do atual. Em 1991, foi aprovado o primeiro Plano Quadrienal Estadual. O Departamento de Água e Energia Elétrica introduziu a gestão descentralizada, por bacia hidrográfica, criando diretorias de bacias. O modelo paulista caracteriza-se pela divisão de todo o território em 22 bacias (Lei 9.034, de 27/12/1994, Figura 1), e a do Alto Tietê, por sua complexidade, foi subdividida em sub-bacias. Hoje existem 21 porque foram integradas às bacias do Aguapeí e do Peixe.

A Lei Estadual 9.866, de 28/11/1997, substituiu as Leis 898, de 18/12/1975, e 1.172, de 17/11/1976, estabelecendo as diretrizes e normas para o gerenciamento das áreas de mananciais do Estado de São Paulo e não mais somente da Região Metropolitana de São Paulo, como na legislação anterior. A nova Lei considera manancial de interesse regional “as águas interiores subterrâneas, superficiais, fluentes, emergentes ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para o abastecimento público” (Art. 1, parágrafo único). Define a “Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM) como uma ou mais sub-bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional para abastecimento público” (Art. 3 ). Nos moldes do desenvolvimento econômico atual, que deve compatibilizar a crescente demanda por alimentos com a preservação dos recursos hídricos, o uso

de pesquisas, planejamento e políticas, envolvendo o uso e a disponibilidade de recursos hídricos, é uma forma de promover a gestão das águas de rios e lagos (BRAGA et al., 2005). Nesse contexto, a abordagem para o desenvolvimento da gestão agroambiental deve ser baseada no espaço territorial delimitado pelas bacias hidrográficas. Vilaça et al. (2009) afirmam que a bacia hidrográfica pode ser considerada uma excelente unidade de gestão tanto de elementos naturais, quanto sociais, devido ao seu aspecto integrador, e ressaltam que se deve levar em consideração as relações que a sociedade e suas atividades têm com o meio em que se encontram, para que a gestão e o planejamento possam ser entendidos de forma integrada. O IAC desenvolve pesquisas de gestão agroambiental por bacias hidrográficas visando ao uso e à ocupação racional dos seus recursos naturais. Todas as ações humanas em uma bacia hidrográfica causam diferentes impactos, que terão reflexos no solo e nos seus recursos hídricos. Para um adequado gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica vários processos naturais devem ser considerados e analisados de forma integrada, de modo que se possa compatibilizar o uso e a ocupação do solo dentro de limites que permitam seu uso de forma racional, com sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico. Como uma unidade essencial para planejamento dos seus recursos naturais, as pesquisas que o IAC desenvolve nessa área abrangem o mapeamento e a análise integrada do relevo, solo, vegetação, clima, qualidade e quantidade da água. Para uma eficaz gestão e análise integrada de informações tão variadas, o IAC emprega



Figura 2. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a análise integrada de vários planos de informação.

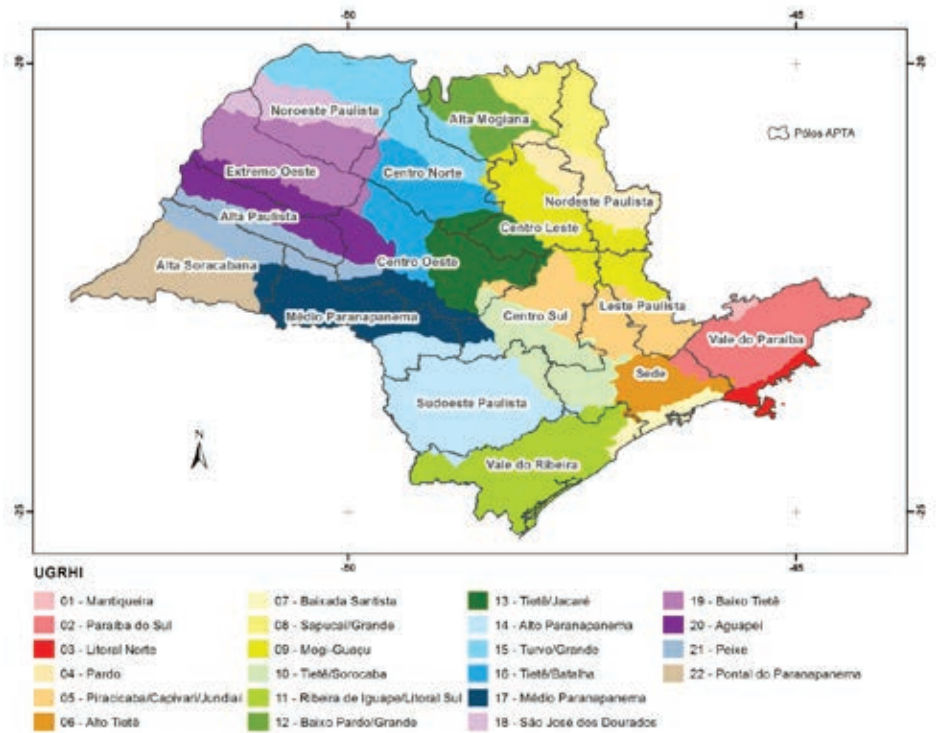


Figura 1. Limites dos Polos sobrepostos às bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.

Jener Fernando Leite de Moraes<sup>1</sup>  
Yara Maria Chagas de Carvalho<sup>2</sup>  
Afonso Peche Filho<sup>3</sup>  
João Paulo de Carvalho<sup>4</sup>

1 Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo (IAC), Campinas (SP). jfmoraes@iac.sp.gov.br  
2 Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Estudos Econômicos dos Agronegócios, Instituto de Economia Agrícola, São Paulo (SP). yacarvalho@iea.sp.gov.br  
3 Centro de Engenharia e Automação, Instituto Agrônomo (IAC). peche@iac.sp.gov.br,  
4 Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo (IAC). jotape@iac.sp.gov.br



os recursos das geotecnologias, que envolvem o uso de imagens de satélite e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que são programas de computador que possibilitam a análise integrada de dados georreferenciados do meio físico.

Associada a essas tecnologias, a simulação hidrológica é outra ferramenta empregada nas pesquisas desenvolvidas pelo IAC, que possibilitam analisar o impacto da agricultura e de outras formas de uso e ocupação do solo nos processos erosivos e na qualidade e quantidade das águas superficiais e com isso oferecer maiores subsídios às políticas públicas voltadas à gestão agroambiental.

O pacote tecnológico, desenvolvido pelo IAC, é parte de um detalhado levantamento do meio físico de uma área, sendo caracterizada sob o ponto de vista de

sua aptidão agrícola e identificando suas limitações e áreas de risco de erosão e de degradação ambiental. Nessa caracterização, o relevo, informações sobre o relevo, representado pelo Modelo Digital de Elevação (MDE), figura 3, é a base para o mapeamento das classes de declividade, que tem relação direta com o risco de erosão e restrições quanto à mecanização. O MDE é também fundamental para o entendimento dos fluxos de água e para a modelagem de outros parâmetros hidrológicos em uma bacia hidrográfica. O conhecimento dos solos existentes, sua distribuição espacial e suas características químicas e físicas é outro fator a ser considerado na elaboração de um zoneamento agroambiental. O solo desempenha um papel fundamental, não só para a sustentabilidade da produção agrícola como também para o armazenamento da água proveniente das chuvas. Infelizmente, os levantamentos pedológicos disponíveis para São Paulo e para o Brasil, na sua grande maioria não têm uma escala de mapeamento compatível com o nível de detalhe exigido para o zoneamento agroambiental de bacias hidrográficas. Neste contexto, o IAC adota um método de mapeamento, que contempla o mapeamento digital de solos, através de correlações entre classes de solo com variáveis de relevo e geologia e também o mapeamento convencional, através da análise e interpretação das relações solo-paisagem. São realizados trabalhos de campo para coleta de amostras de solo e descrição de perfis de solo (Figura 4), os quais possibilitam a geração de dados mais precisos sobre as características morfológicas, químicas e físicas dos solos, informações essenciais para a elaboração dos mapas pedológicos

e modelagem dos processos hidrológicos e erosivos. Dessa forma, consegue-se a obtenção de mapas pedológicos (Figura 5) específicos para uma determinada área, com nível de detalhe adequado ao trabalho de zoneamento agroambiental a ser proposto.

Outro dado essencial no zoneamento agroambiental é o mapeamento de uso e ocupação das terras (Figura 6). Nesse caso, o nível de detalhamento vai depender de uma série de fatores, como o próprio perfil da agricultura na região estudada, o relevo da área e o nível de detalhamento exigido pelo zoneamento a ser elaborado. Nesse caso, para uma proposta de zoneamento agroambiental, é de fundamental importância que se tenha um adequado levantamento e mapeamento das áreas agrícolas, dos fragmentos florestais remanescentes e, principalmente, da vegetação existente nos limites das áreas de preservação permanente e da necessidade de recomposição dessas áreas, demonstrando inclusive diferentes prioridades de recomposição florestal dessas áreas, conforme ilustrado na figura 7. Tanto o levantamento das áreas de vegetação nativa, remanescentes como a situação das Áreas de Preservação Permanente (APP), são fatores considerados no Programa Município Verde-Azul, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente.

Já a integração dos levantamentos básicos de relevo, solo, uso e ocupação das terras e dados meteorológicos, por meio de modelos de simulação hidrológica, oferecem aos pesquisadores e gestores públicos, subsídios para a compreensão dos possíveis impactos da agricultura e urbanização no assoreamento de cursos d'água e na produção de água em uma

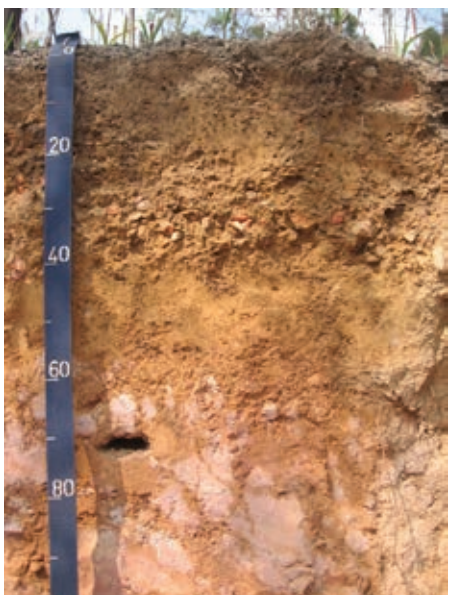


Figura 4. Perfil de solo mostrando suas diferentes camadas.

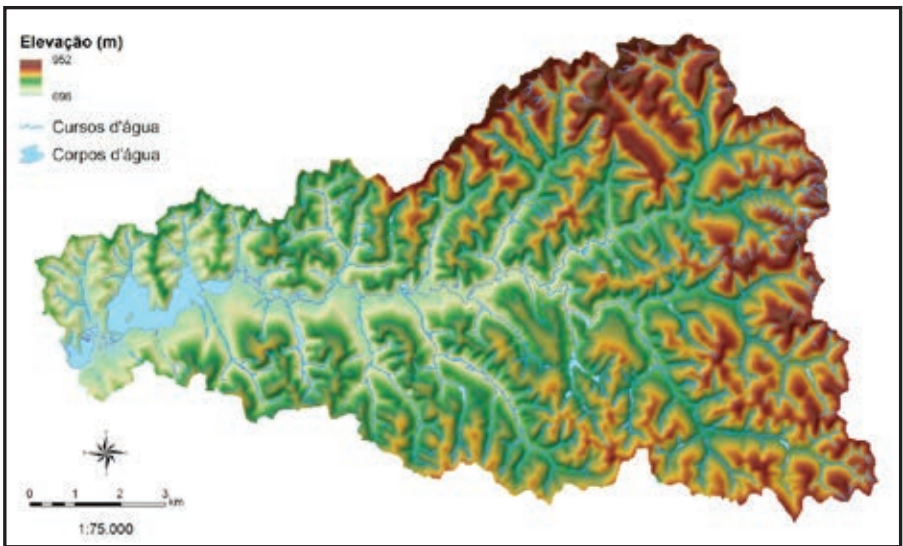


Figura 3. Modelo Digital de Elevação (MDE).

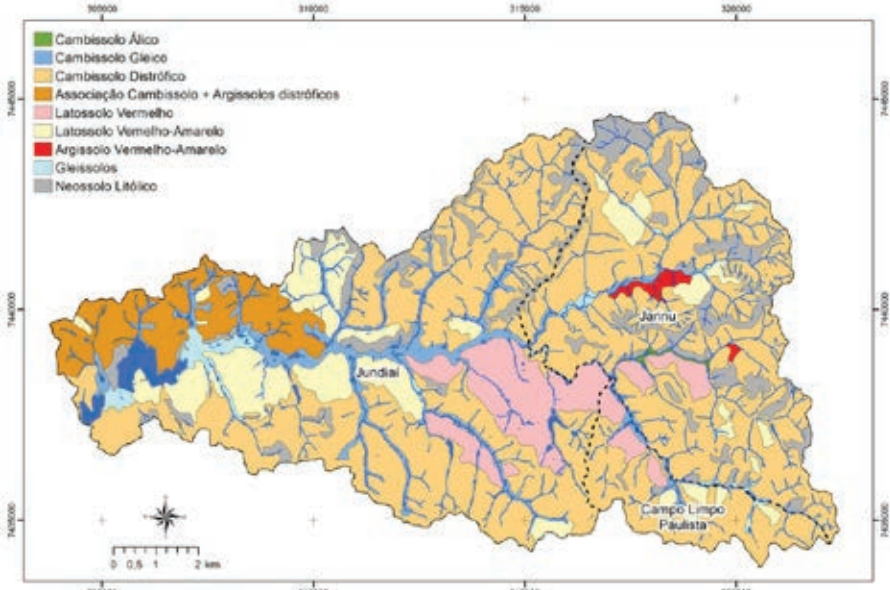


Figura 5. Mapa pedológico detalhado da APRM de Jundiá (SP).



bacia hidrográfica. Uma grande vantagem desses modelos hidrológicos é a integração com os Sistemas de Informação Geográfica, que permite a definição de cenários de uso e ocupação dos solos, de práticas de conservação do solo, e com isso prever as consequências ambientais em uma área de manancial de abastecimento público. Na figura 8, tem-se a estimativa de produção de sedimentos que chegam aos cursos d'água, em uma bacia hidrográfica, simulada pelo modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tools). A figu-

ra 8A representa a quantidade de sedimentos que chegam aos cursos d'água, em função do uso e manejo atual das terras. Quando se simula a recuperação de toda a vegetação das APPs (Figura 8B), nota-se sensível redução na quantidade de sedimentos que chegam aos cursos d'água. Nessa simulação, considerou-se apenas o efeito da recuperação das APPs dos recursos hídricos, como recomenda a atual Lei Florestal Brasileira, Lei 12.651/12. Já a o cenário de expansão em 30% da urbanização e agricultura, sem a adequada adoção de

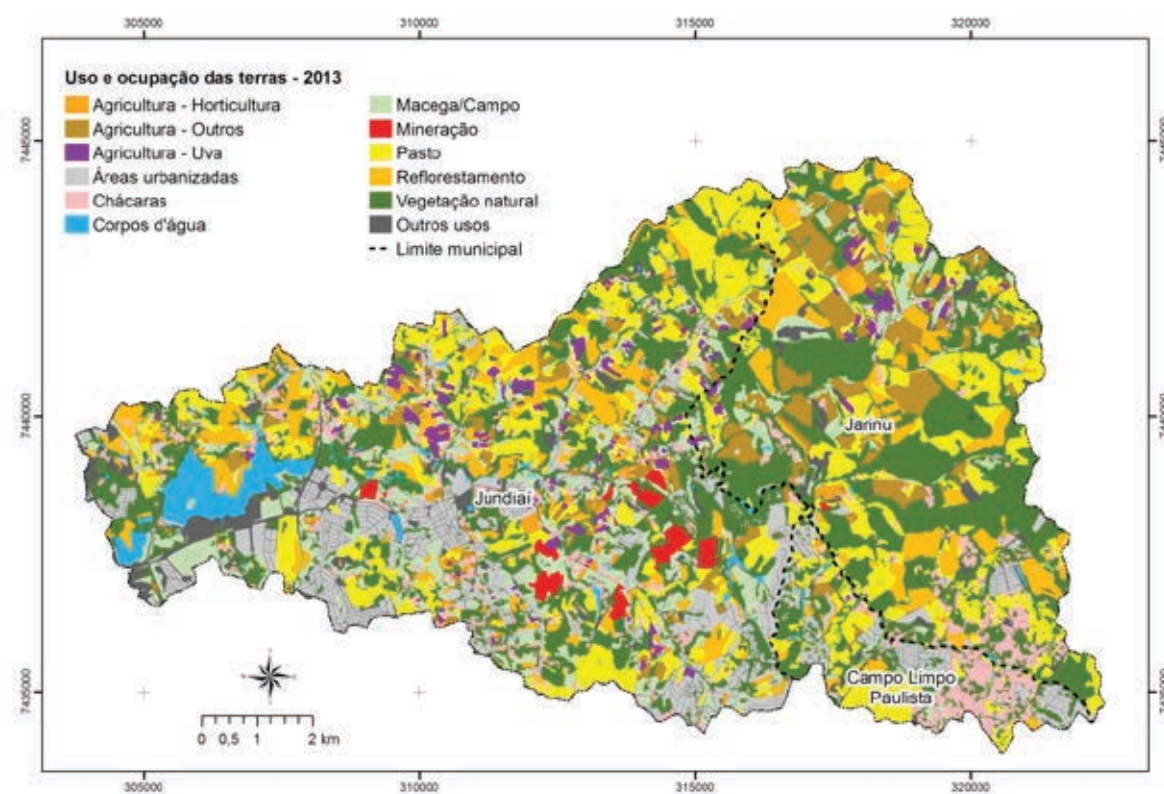


Figura 6. Mapa de uso e ocupação das terras da APRM de Jundiá (SP).

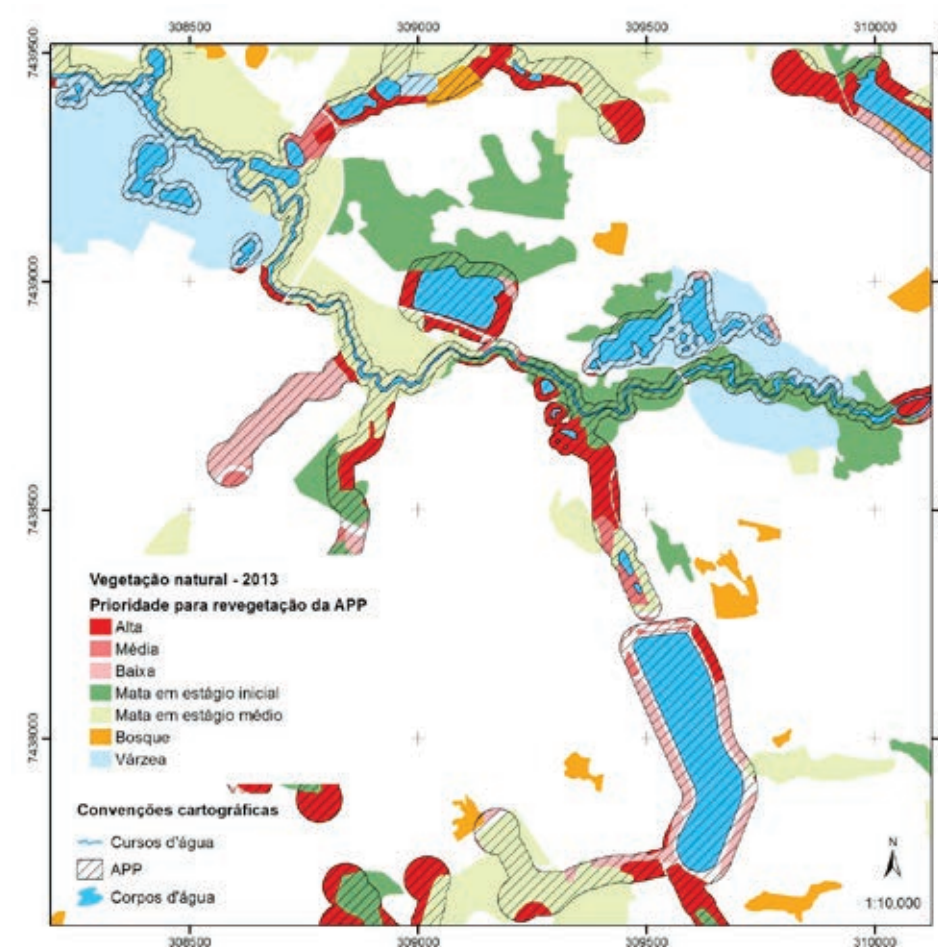
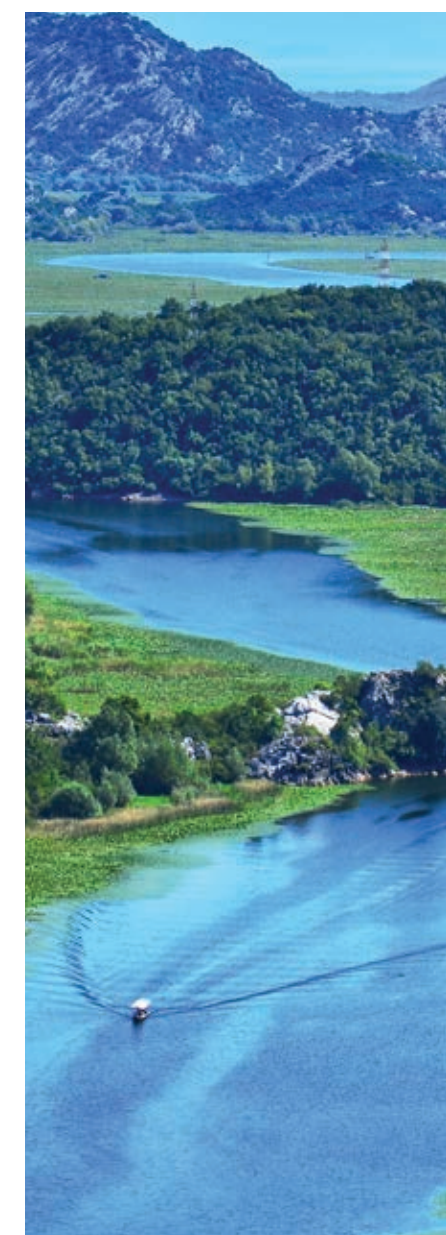


Figura 7. Priorização de áreas para recomposição vegetal da APP.

práticas conservacionistas, revelou um cenário de aumento da produção de sedimentos que chegam aos cursos d'água (Figura 8C). Mais sedimentos chegando aos cursos d'água aumenta o assoreamento e consequentemente diminui a vazão e produção de água para os reservatórios.

Está claro que a sustentabilidade dos recursos de terra é água, responsáveis pela segurança alimentar, requer uma atenção

especial dos gestores públicos. As pesquisas e o conhecimento gerados pelo IAC e a adoção de novas tecnologias voltadas ao estudo integrado da agricultura e meio ambiente, auxiliam não só o desenvolvimento da agricultura, identificando suas aptidões, mas também a preservação dos recursos naturais. Nesse contexto, o Zoneamento Agroambiental constitui-se em importante instrumento de gestão pública que pode





ser empregado na implantação de políticas públicas de gestão dos recursos hídricos em mananciais de abastecimento público, orientando a tomada de decisões. Um exemplo disso é o Zoneamento Agroambiental da Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM) de Jundiaí. A legislação de mananciais define três tipos de áreas nas APRMs: preservação; ocupação dirigida e de recuperação. A proposta apresentada na figura 9 usou como critério de zoneamento as determinações do Código Florestal (Lei Federal 4771/65), da Lei Federal 6766/79, que trata do parcelamento do solo urbano, Lei Municipal 2405/80 e

Lei Estadual 9.866/97, que dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo, além de todo o conhecimento e os dados sobre os solos dessa área.

**A) Áreas de Restrição a Ocupação (ARO):** Definidas como de preservação permanente, de acordo com a legislação federal, estadual e municipal, prioritariamente destinadas à produção de água, mediante a realização de investimentos e a aplicação de instrumentos econômicos e de compensação previstos na legislação vigente.

**B) Áreas de Recuperação Ambiental (ARA):** Áreas de ocorrência localizada, com uso ou ocupação que comprometem a quantidade e a qualidade das águas, exigindo intervenções urgentes de caráter corretivo. São ocorrências de degradação ambiental, previamente identificadas pelo Poder Público, onde serão exigidas, dos responsáveis, ações de recuperação imediata do dano ambiental.

**C) Áreas de Ocupação Dirigida (AOD):** Áreas de interesse para consolidação ou implantação de usos urbanos ou rurais, desde que atendidos os requisitos que assegurem a manutenção das condições ambientais necessárias à produção de água. Esta área compreende as seguintes Subáreas:

- I. Subárea de Urbanização Consolidada (SUC);
- II. Subárea de Urbanização Controlada (SUCt);
- III. Subárea de Urbanização Diferenciada (SOD);
- IV. Subárea Agroindustrial (SI);
- V. Subárea Agrícola (AS). As Subáreas Agrícolas são as destinadas principalmente a atividades do setor primário, desde que compatíveis com as condições de proteção do manancial, bem como com o turismo ecológico, chácaras e sítios.

Estas subáreas compreendem todos os locais identificados e mapeados com atividades agrícolas. O cruzamento dessas áreas com o mapa de Capacidade de Uso das Terras permitiu a definição de subáreas agrícolas, procurando-se enquadrar as diferentes atividades agrícolas de acordo com a classe de Capacidade de Uso das Terras.

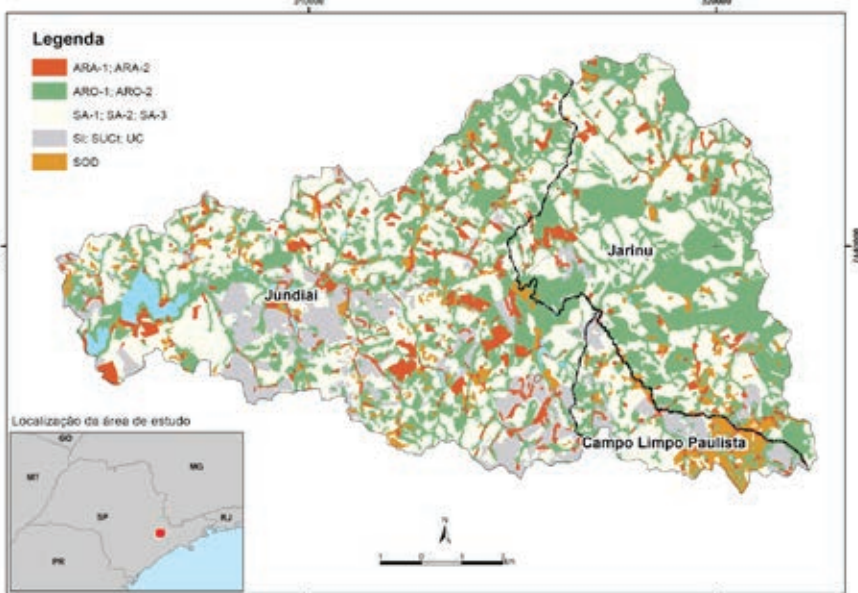


Figura 9. Proposta de zoneamento agroambiental da APRM de Jundiaí (SP).

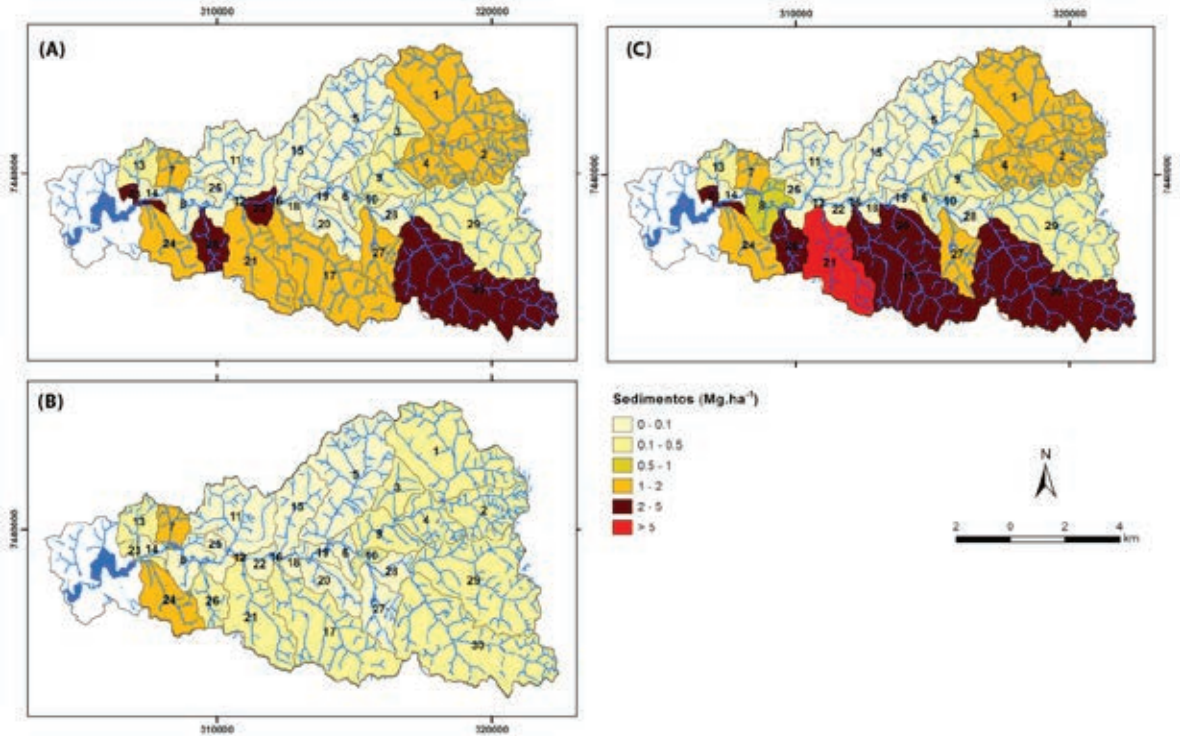


Figura 8. Simulação da produção de sedimentos na APRM de Jundiaí (SP), baseada na modelagem hidrológica. (A) Uso e manejo atual; (B) Recuperação das APPs e (C) Projeção de expansão de 30% da agricultura e urbanização.

# Biocarvão na retenção de metais pesados em solos contaminados

A concentração de metais pesados no solo, tais como cádmio, chumbo, níquel, zinco, entre outros, tem aumentado devido à intensificação das atividades industriais e da urbanização. Segundo levantamento da Cetesb (2013), de 4.771 áreas contaminadas do Estado de São Paulo, 16% estavam contaminadas com metais pesados e as demais com solventes aromáticos, combustíveis líquidos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, solventes halogenados, entre outros. A contaminação do solo por esses elementos é uma preocupação mundial devido à alta toxicidade, persistência em longo prazo e a incorporação subsequente na cadeia alimentar. Quando absorvidos em quantidades acima dos limites toleráveis, os metais podem causar efeitos tóxicos em organismos vegetais e animais, incluindo os seres humanos.

No solo, os metais podem ser disponibilizados e absorvidos pelas plantas, entrando na cadeia alimentar; ou lixiviados, contaminando as águas subterrâneas. No processo de lixiviação, os contaminantes são movidos para camadas mais profundas do solo ou até para águas subterrâneas, por meio da infiltração de água. A absorção e a translocação de metais são fatores importantes para avaliar os riscos potenciais do crescimento de plantas em local contaminado.

De acordo com a exigência legal, solos poluídos com metais pesados precisam ser remediados. A estabilização dos metais *in situ* com aplicação de materiais pode reduzir o risco de transferência para as águas subterrâneas e a cadeia trófica. A chamada atenuação natural assistida, como a estabilização química do solo pelo uso de materiais orgânicos, é favorável e rentável em

comparação com a remoção e o despejo de solos contaminados em aterros controlados, entre outras soluções.

Dentre os possíveis materiais a serem adicionados ao solo, visando à atenuação dos efeitos tóxicos dos metais pesados no ecossistema, destaca-se o biocarvão (BC) ou *biochar* em inglês. O BC é um produto sólido rico em carbono, obtido quando uma biomassa ou material orgânico passa por decomposição térmica, com ausência total ou parcial de oxigênio, por meio da técnica de pirólise. Essa é uma tecnologia alternativa que é custo-efetiva e limpa, sendo possível reciclar materiais e reduzir os resíduos sólidos. Os gases gerados durante o processo podem ser capturados e condensados em bio-óleo e gás de síntese, os quais podem ainda serem usados como fonte de energia renovável.

Devido aos grupos funcionais de superfície e a estrutura porosa do BC, sua aplicação ao solo afeta as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, tais como: aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), aumento da retenção de água e nutrientes, fertilização do solo, aumento da atividade microbiana e sequestro do carbono no solo. A adição de BC, que normalmente é alcalino, em solos ácidos, é capaz de proporcionar aumento no pH do solo e diminuição na mobilidade e disponibilidade dos metais catiônicos dos solos, devido à redução da concorrência entre íons H<sup>+</sup> e íons metálicos nos sítios de troca do solo ou pela retenção destes metais na superfície do BC, amenizando assim sua transferência e, consequentemente, os efeitos deletérios às plantas.

Em razão de sua elevada aromaticidade e elevada área superficial, o BC é

considerado como um adsorvente eficaz para poluentes orgânicos e inorgânicos evitando, assim, sua passagem para a água subterrânea e ou absorção pelas plantas. Ao contrário da maioria dos compostos presentes na matéria orgânica do solo, que são facilmente decompostos, a natureza recalcitrante de BC aumenta seu potencial como material que se altera em longo prazo. Por ser mais resistente à decomposição, o BC pode imobilizar contaminantes durante um período de tempo muito mais longo, protegendo, assim, as plantas e micro-organismos contra a toxicidade ao longo do tempo.

Vale destacar que no Brasil há grande disponibilidade de materiais com potencial para produção de BC. Por exemplo, o excesso de palha gerada no sistema de colheita de cana-de-açúcar sem queima poderia ser uma fonte de matéria-prima. Há também outras matérias-primas potenciais, como: esterco, lodos de esgoto, resíduos agrícolas e florestais diversos, etc. Em princípio, todo material que seja rico em carbono em sua composição pode ser usado para a produção de BC. As principais vantagens em potencial pelo uso do BC são: redução do volume, eliminação de patógenos, estabilização do carbono, geração de energia durante o processo de pirólise e o uso do BC como condicionador e ou fertilizante (este último em caso de BC derivado de matéria-prima rica em nutrientes).

## Informações técnicas

Pesquisas realizadas pelo Instituto Agronômico (IAC), de Campinas, além de focarem o potencial do biocarvão como fertilizante, objetivam estudar o material, produzido a partir de temperaturas diver-

sas, para reter metais pesados no solo. Os resultados preliminares são bastante animadores. O BC produzido em temperaturas mais altas (700 °C) retém uma quantidade maior de metais pesados no solo do que aquele produzido em temperaturas mais baixas (400, 500 e 600 °C), mas os mecanismos envolvidos nesse processo ainda não estão claros e exigem novos estudos. Além disso, o aumento da temperatura da pirólise aumenta o pH e a condutividade elétrica (reflexo do maior teor de cinzas), além de aumentar a recalcitrância e estabilidade do carbono no solo. Os efeitos benéficos do uso do BC para remediar solos contaminados com metais são mais evidentes em solos com textura média a arenosa.

O BC adicionado ao solo contaminado com metais pode ajudar a diminuir a transferência para as plantas e seu movimento vertical no solo, com possível redução nos impactos na água subterrânea ou mesmo em águas superficiais. Para a produção do BC foi utilizada a palha da cana-de-açúcar, dada à elevada disponibilidade deste resíduo no Brasil devido à tendência de colheita mecanizada sem queima nos últimos anos, especialmente no Estado de São Paulo. A palha de cana-de-açúcar foi seca e moída (< 2 mm) e, em seguida, colocada em um reator selado para evitar a entrada de oxigênio (Figura 1). O reator foi aquecido a uma taxa de 5°C/min até 700 °C e manteve-se a esta temperatura durante cerca de uma hora e, posteriormente, resfriado lentamente até a temperatura ambiente. O BC foi homogeneizado e peneirado a 2 mm e misturado ao solo contaminado com metais pesados, oriundos de área de mineração inativa.

Cleide Aparecida de Abreu<sup>1</sup>  
Leônidas Carrijo Azevedo Melo<sup>2</sup>  
Aline Peregrina Puga<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pesquisadora, Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP). cleide@iac.sp.gov.br

<sup>2</sup> Professor, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras (MG). leonidas.melo@dcsl.ufla.br

<sup>3</sup> Pós-doutoranda, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna (SP). linepuga@gmail.com



**Figura 1.** (a) Biomassa do biocarvão (palha de cana-de-açúcar); (b) Biomassa no reator; (c) Vista do reator; (d) Biocarvão pronto.

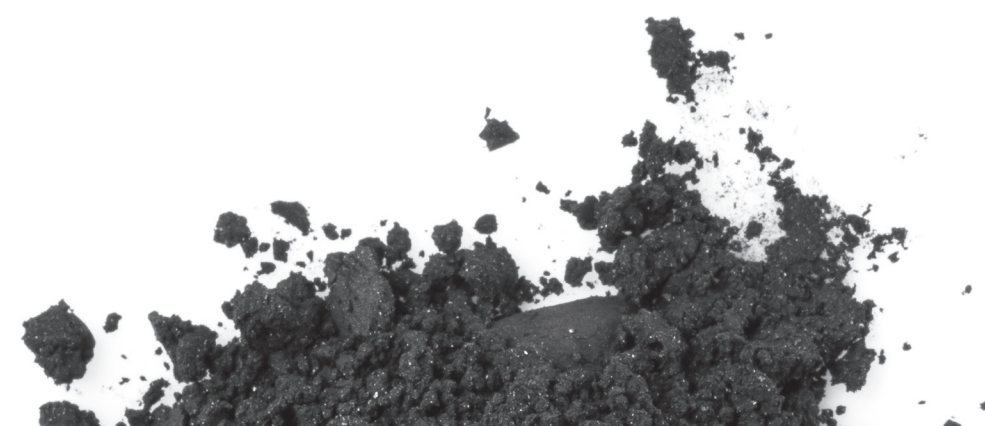
Os resultados sugerem que aplicação de BC reduziu as concentrações disponíveis de Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e (Zinco) Zn nos solos e também as de Zn da solução do solo (Cd e Pb não foram detectados em solução) contaminado de área de mineração. Além disso, o BC diminuiu a absorção de Cd, Pb e Zn pelas plantas de feijão de porco e de mucuna preta. O feijão de porco translocou maiores quantidades de metais, especialmente Cd, para a parte aérea. Na mucuna preta a translocação de metais foi mais limitada se comparada com a do feijão. A aplicação de biocarvão no solo aumentou a quantidade de alguns nutrientes no solo,

como potássio e fósforo e, consequentemente, sua absorção pelo feijão.

Em outro estudo em colunas observou-se que a lixiviação dos metais Cd, Pb e Zn foi baixa no solo em condições naturais e estiveram abaixo do valor de referência sugerido pela Cetesb. Entretanto, quando o solo foi acidificado a lixiviação dos metais aumentou drasticamente no solo e com a aplicação de BC houve redução entre 45% e 75% na concentração dos metais no lixiviado, demonstrando assim o potencial de retenção destes contaminantes pelo BC e a redução na mobilidade no solo com consequente redução nos riscos ambientais associados.

## Conclusões

Os resultados das pesquisas realizadas no Instituto Agrônomo, embora em uma fase inicial, indicam que a aplicação de biocarvão pode ser utilizada como ferramenta na remediação dos solos, diminuindo as concentrações de metais potencialmente tóxicos para as plantas, além da redução na lixiviação. Esta tecnologia de pirólise para a produção de biocarvão tem a vantagem de permitir o aproveitamento de biomassas e ou resíduos disponíveis localmente, o que diminui o custo de transporte e pode viabilizar seu uso em larga escala. Além disso, o uso do biocarvão poderia contribuir para a recuperação das propriedades químicas, físicas e biológicas de solos contaminados, permitindo assim a revegetação de áreas mineradas no passado e que necessitam ser recuperadas. No entanto, para a adoção desta tecnologia em larga escala, com biocarvões produzidos por outras biomassas ou resíduos, recomenda-se que sejam feitos estudos prévios, uma vez que as propriedades do biocarvão variam principalmente com a matéria-prima e as condições de pirólise (principalmente temperatura).



# Sistemas conservacionistas de manejo do solo agrícola: Importância da palha na superfície



Isabella Clerici De Maria<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Campinas (SP).  
icdmaria@iac.sp.gov.br

A agricultura de conservação ou a utilização de sistemas conservacionistas de manejo na produção agrícola tem como principal objetivo desenvolver a agricultura de forma sustentável. Atualmente, programas de incentivo à adoção dessa forma de conduzir a agricultura são aplicados em nível mundial, como os liderados pela FAO, em nível nacional, como o programa ABC, do Ministério da Agricultura, e o programa IntegraSP, do Estado de São Paulo. A preocupação com a sustentabilidade da atividade agrícola e a manutenção de condições adequadas dos solos e das águas, principais recursos naturais para que a sustentabilidade seja possível, sempre estiveram presentes nas agendas governamentais. Atualmente, a preocupação ambiental e, especialmente, com a mitigação das mudanças climáticas colocou uma nova expectativa na adoção e ampliação dos sistemas conservacionistas.

Existem diferentes soluções e práticas para redução da degradação e para melhoria da qualidade do solo agrícola, levando em consideração, além das propriedades do meio físico, do solo e da paisagem, os recursos tecnológicos, financeiros e culturais dos produtores. Mas considera-se que a adoção de um sistema conservacionista seja o primeiro passo em qualquer programa de recuperação e conservação dos solos.

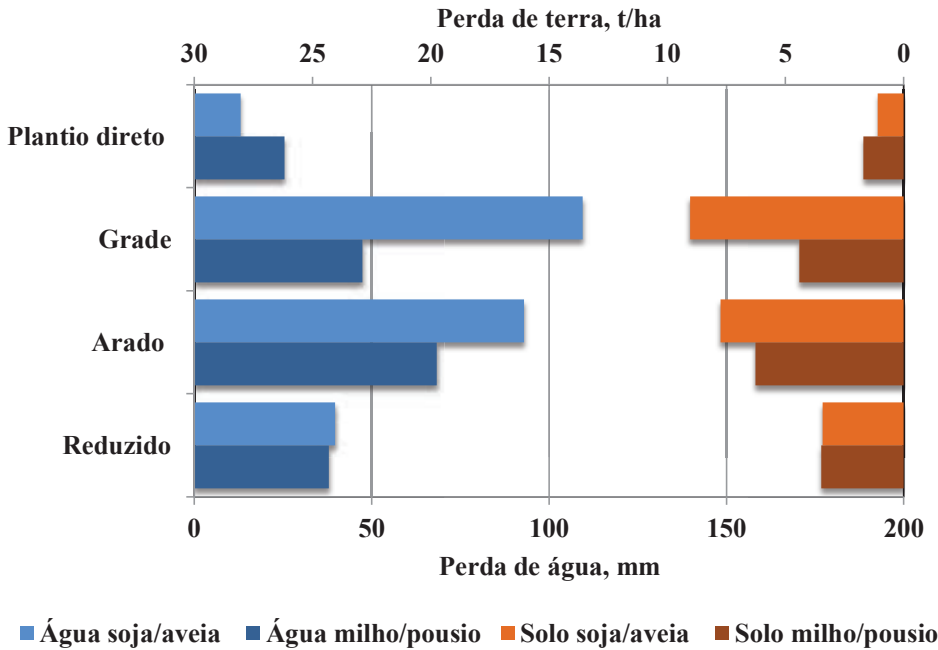
Por definição, um sistema conservacionista de manejo é aquele que mantém duas das principais funções do solo: sustentar a produção vegetal e conduzir adequadamente a água, ou seja, são sistemas que mantêm a qualidade do solo ou que não degradam suas propriedades.

Como a principal causa da degradação dos solos é a erosão hídrica, em geral, são considerados sistemas de manejo conservacionistas aqueles que controlam ou reduzem a erosão.

Por isso, na definição de sistemas conservacionistas aparecem como princípios: a cobertura permanente do solo e o mínimo revolvimento da superfície, como formas de reduzir o efeito das chuvas e da enxurrada na desagregação e arraste das partículas do solo. Assim, o sistema plantio direto, por manter a cobertura e revolver o solo apenas na linha de plantio, é um sistema conservacionista.

A pesquisa agrícola vem contribuindo para determinar e quantificar os efeitos desses sistemas tanto na produção agrícola como no solo e no ambiente, gerando informações para o desenvolvimento desses sistemas. Os primeiros trabalhos que demonstraram a magnitude do efeito do sistema plantio direto no controle da erosão foram desenvolvidos nas estações experimentais do Instituto Agronômico (IAC). A redução da erosão com esse sistema pode chegar a 90% do arraste de terra e 75% do volume de enxurrada (Figura 1). Essas informações colaboraram para a divulgação e adoção do Sistema de Plantio Direto (SPD), mas não foi apenas o controle da erosão que convenceu os produtores. Também foram importantes as informações geradas sobre os benefícios para a qualidade do solo e produtividade, e as vantagens econômicas e de redução de uso de mão de obra, tanto para grandes empreendimentos agrícolas como também na agricultura familiar.

No atendimento do plano de recuperação ambiental (PRA), nas áreas de preser-



**Figura 1.** Redução da erosão com utilização de sistema plantio direto (SPD) chegar a 90% do arraste de terra e 75% do volume de enxurrada. (Fonte: De Maria, 1999).

vação permanente, nas quais é autorizada a continuidade das atividades agrossilvipastoris, a manutenção dessas atividades deve ser feita por meio da adoção de medidas de conservação do solo e da água, entre as boas práticas agronômicas. É importante que essas medidas não sejam feitas de forma isolada, com práticas pontuais para mitigar um determinado aspecto. É preciso que essas práticas estejam inseridas em um planejamento conservacionista da propriedade agrícola, sendo importante, dessa forma, a adoção de um sistema de manejo agrícola conservacionista.

Os sistemas conservacionistas na atual perspectiva ambiental tem que ir além

do controle da erosão, além de permitir a intensificação da produção e, portanto, aumento da produtividade para evitar a expansão da agricultura para novas áreas, deve reduzir emissões e mitigar gases do efeito estufa.

O monitoramento de parâmetros da qualidade do solo em trabalhos recentes tem demonstrado que os sistemas conservacionistas desenvolvidos e que vem sendo adotados pelos produtores em diversas regiões do Estado de São Paulo, como Integração Lavoura - Pecuária (ILP) e o consórcio entre grãos e forrageiras no sistema plantio direto, se encaixam perfeitamente nesse contexto.



Os sistemas orgânicos, sistemas agroecológicos e sistemas agroflorestais são, também, sistemas conservacionistas se também adotarem práticas de manejo para reduzir ou evitar a degradação dos solos. Mesmo no caso do sistema plantio direto, se não houver controle no uso de herbicidas ou controle da compactação do solo, a redução da perda de terra pode não ser contrabalançada, por exemplo.

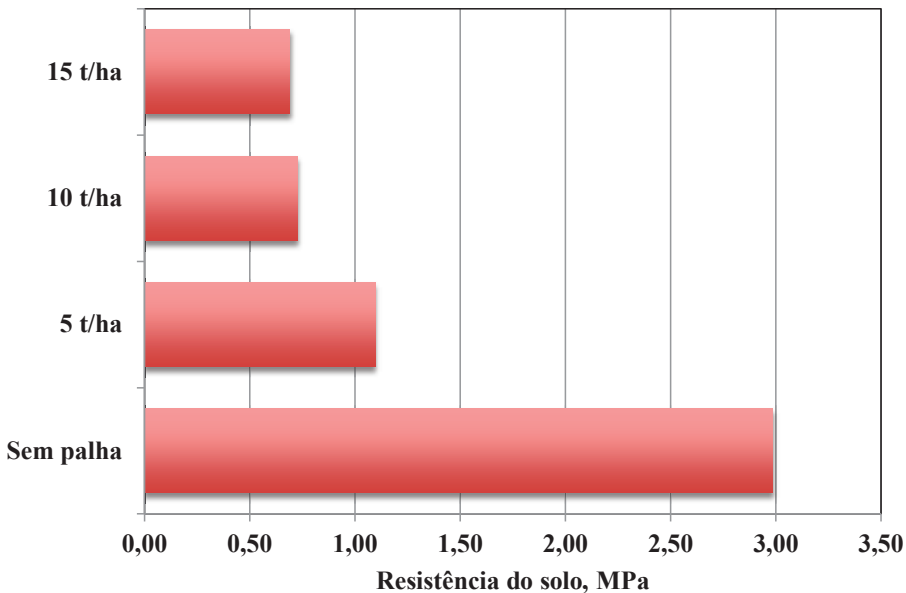
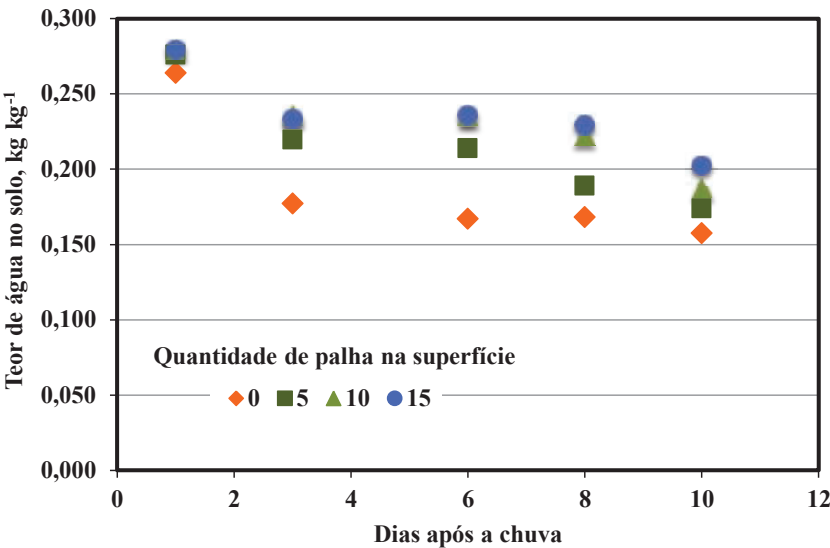
Entre os itens que compõem os sistemas de manejo conservacionistas, a presença de palha na superfície tem sido um dos mais importantes. É possível concluir que sem palha na superfície, o sucesso de um sistema conservacionista pode ser comprometido.

Em um experimento com solo sem palha na superfície e com 5, 10 e 15 toneladas de palha de milho por hectare, três dias após uma chuva de 60 mm o teor

de água no solo sem palha era cerca de 40% menos que o solo com palha (Figura 2), e esse efeito de manter a umidade no solo se prolongou por pelo menos 10 dias. Durante esse período, as condições para a germinação das sementes e o desenvolvimento das raízes foram melhores em todas as quantidades de palha testadas.

A palha na superfície do solo também minimiza a compactação. Nesse mesmo experimento, sem palha na superfície e com 5, 10 e 15 toneladas de palha de milho por hectare, a compactação foi medida após a passagem de um trator no solo úmido, determinando-se a resistência à penetração, a umidade, a densidade e a porosidade total do solo na área trafegada. A presença da palha resultou em menores valores de resistência à penetração, o que indicou que a palha na superfície é importante para minimizar a compactação (Figura 3).

**Figura 2.** Teor de água no solo com diferentes quantidades de palha de milho na superfície, indicando que a presença da palha é importante para manter o solo úmido por maior período de tempo. Adaptado de Rosim et al. (2012).



**Figura 3.** Valores de resistência à penetração no rodado, depois da passagem do trator, em função da quantidade, indicando que a palha na superfície é importante para minimizar a compactação. Adaptado de Rosim et al. (2012).

Importante notar que a quantidade de massa de palha para que os efeitos apareçam não é elevada ou que quantidades elevadas de palha, que não contribuem para o aumento da porcentagem de cobertura, têm efeito menor. É evidente, porém, que a quantidade de palha e outras práticas que contribuem para melhorar a qualidade da estrutura do solo, como rotação e consórcio de culturas, tem efeito em todo o sistema. Se o sistema implantado for capaz de melhorar a infiltração de água no solo, por exemplo, até o efeito da direção do plantio em nível é minimizado.

Em um experimento sobre erosão em diferentes espaçamentos entre terraços, verificou-se que em um sistema plantio direto realizado adequadamente, com manu-

tenção de quantidades de palha cobrindo mais de 100% da superfície ao longo do ano, rotação de culturas e boas produtividades, o efeito do controle da erosão pelo plantio em nível é muito próximo do plantio em desnível ou morro abaixo (Figura 4). Esses dados, associados aos dados de perdas por erosão no SPD, explicam a possibilidade de rebaixamento de terraços em áreas de produção sobre solos com taxas elevadas de infiltração e cobertura do solo (De Maria, 1999).

Em outro experimento, que avaliou a recria de fêmeas da raça Nelore em quatro modelos de ILP e em pastagens permanentes com dois manejos distintos de adubação, foram determinados atributos da qualidade do solo seis anos após a

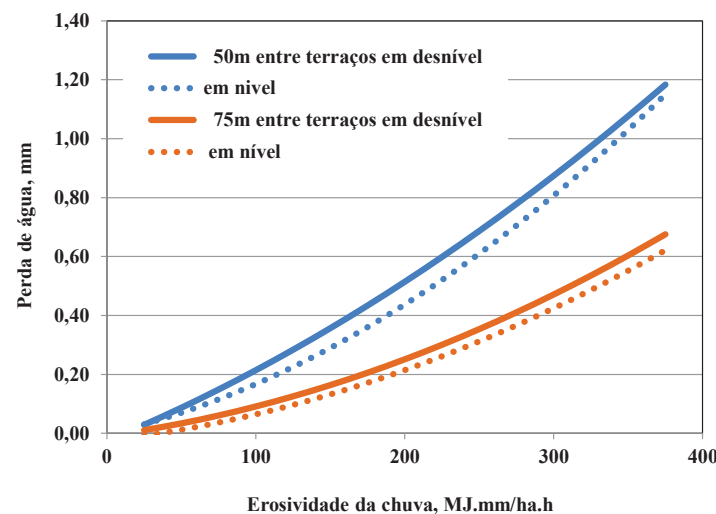


Figura 4. Efeito do controle da erosão em áreas com SPD e cobertura do solo maior de 100% ao longo do ano pelo plantio em nível muito próximo do plantio em desnível. Adaptado de Silva et al. (2011).

implantação. A ILP foi realizada, exclusivamente, em sistema plantio direto, sem o preparo inicial e convencional do solo. O objetivo foi gerar informações sobre a adoção da ILP em longo prazo e os resultados indicaram que os sistemas ILP melhoraram a qualidade do solo, alterando atributos físicos e biológicos do solo (Figura 5). De forma geral, a qualidade do solo, avaliada pelos atributos químicos, físicos e biológicos, proporcionou maiores ganhos com os sistemas de integração da pastagem com o milho: com milho a cada dois anos, a cada três anos ou dois anos de milho e um de pasto. Em ordem crescente de qualidade do solo obtivemos: Pasto com adubação moderada < Pasto com adubação intensiva < Pastos integrado à lavoura. Nota-se nesses resultados que as áreas de pastagens com adubações periódicas e lotação adequada, boa produção de massa e palhada, também mantêm elevados os estoques de carbono, indicando que áreas bem manejadas também têm controle dos processos de degradação dos solos.

Outro sistema integrado que, por aumentar a cobertura e a incorporação de massa de raízes ao solo, possui melhoria na qualidade do solo, é o sistema consórcio de milho safrinha e plantas forrageiras. Além de maior proteção da superfície do solo contra impacto de gotas de chuva e altas temperaturas, suas propriedades físicas são adequadas, favoráveis à infiltração e retenção de água no solo. Em um experimento instalado em áreas comerciais sob plantio direto em municípios da Região do Médio Paranapanema, observou-se aumento dos macroagregados estáveis em água nas áreas com o consórcio, indicando melhor qualidade do solo (Figura 6). As vantagens desse sistema, especialmente relacionadas ao aumento da cobertura do solo com palha, têm levado à sua adoção em larga escala (Duarte e De Maria, 2013). Assim, os resultados dos trabalhos de pesquisa têm reforçado a importância da manutenção da cobertura do solo, seja com palha da própria cultura, seja com a utilização de culturas introduzidas no sistema apenas para a produção de palha.

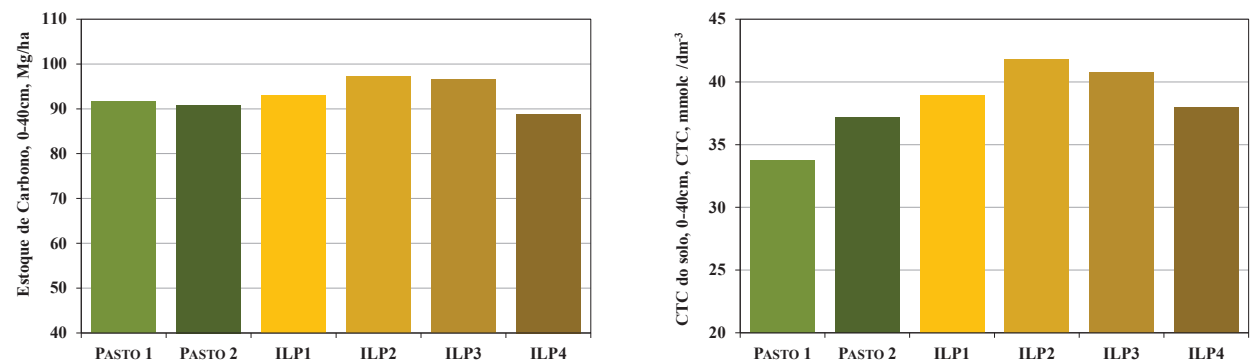


Figura 5. Quantidade de carbono armazenado no solo em pastos e em sistemas integrados com cultivo de pastos e milho (Sistemas ILP). Adaptado de De Maria et al. (2013).

REFERÊNCIAS

ABC-Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Conservation Agriculture. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/ca/index.html>.

INTEGRA-SP. Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e Desenvolvimento de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/integrasp/>.

ROSIM, D.C.; DE MARIA, I.C.; SILVA, R.L.; SILVA, A.P. da. Compactação de um Latossolo Vermelho distroférrico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. *Bragantia*, v.71, n.4, p.502-508, 2012. ISSN 0006-8705. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000003>. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/bragantia/volumesonline.php>.

SILVA, R.L.; DE MARIA, I.C. Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.6, p.554-561, 2011. ISSN 1807-1929. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000600003>.

LIMA, C.C. de; DE MARIA, I.C.; PERES, R.M. Soil physical quality in crop-livestock systems in a beef cattle-rearing pasture (Qualidade física do solo de pastagens em sistemas de integração lavoura pecuária para recria de bovinos de corte). In: ENCONTRO CIENTÍFICO DE PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL, 4., 2013, Nova Odessa. *Anais... Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 70, suplemento, 2013.

DE MARIA, I.C. Erosão e terraços em plantio direto. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 3, p. 17-22, 1999. (Boletim Informativo)

DE MARIA, I.C.; CHIBA, M.K.; PERES, R.M.; SILVEIRA, A.P.D.; ANDRADE, L.M. Qualidade do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária na recria de bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. *Anais... Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, ISBN 978-85-85014-71-1. Disponível em: <http://www.eventosolos.org.br/cbcs2013/>.

DUARTE, A.P.; DE MARIA, I.C. Milho+Brachiária: investimento mínimo, máximo retorno. *A Lavoura*, Ano 116, n. 697, p. 39-42, 2013.



# Levantamento da agricultura irrigada no Estado de São Paulo



Rinaldo de Oliveira Calheiros<sup>1</sup>  
Regina Célia de Matos Pires<sup>1</sup>  
Glaucia Cristina Pavão<sup>2</sup>  
Gabriel Constantino Blain<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agronômico, Centro de Ecofisiologia e Biofísica. rcmpires@iac.sp.gov.br  
<sup>2</sup> Aluna do Curso de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico.

## Introdução

A disponibilidade de recursos hídricos está diretamente relacionada à sobrevivência e à qualidade de vida da população. Neste contexto, o Brasil ocupa posição privilegiada em relação à disponibilidade hídrica mundial (ANA, 2013), entretanto, há regiões com acentuada escassez e conflito pelo uso da água.

A demanda de recursos hídricos pelos diversos setores da sociedade é classificada em usos consuntivos e não consuntivos. Os usos consuntivos são caracterizados quando parte da água captada é consumida no processo produtivo, não retornando ao curso de água; usos não consuntivos considera a derivação ou não das águas do curso natural para uso e que o retorno das águas é em menor vazão ou com alteração na sua qualidade (ANA, 2013). Dentre os usos consuntivos (urbano, rural, animal, irrigação e industrial) destaca-se a irrigação com retirada de 54% da vazão total e 72% da vazão consumida (ANA, 2013). Há grande variação da proporção do volume de água demandada para irrigação em relação aos demais usos nas diferentes regiões hidrográficas do país. Desse modo, houve aumento da área cultivada irrigada em relação à área cultivada nos últimos anos. Tal fato retrata crescimento de atividade econômica e também melhoria na qualidade das informações com os Planos de Bacia, Relatórios de Situação dentre outros estudos. De qualquer forma, é importante considerar que a demanda de irrigação torna-se maior na época de menor ocorrência de precipitação pluvial. Portanto, há necessidade de gestão dos recursos hídricos para a promoção de bem-estar,

desenvolvimento e qualidade de vida da população. Assim, são relevantes os estudos com levantamentos de áreas irrigadas, culturas, métodos de irrigação, demanda de água e estratégias de manejo para melhoria da eficiência no processo produtivo.

A atividade agrícola envolve considerável volume de água no processo de crescimento e produção, no entanto, há que se ressaltar que cerca de 90% deste volume retorna ao ciclo hidrológico por transpiração. Desta forma, a água deverá ser aportada por chuva ou irrigação para obtenção de produção.

Segundo estimativas da FAO (2015), haverá necessidade de aumento de produção de alimentos no mundo em 65% até 2050. Aproximadamente, 80% deste volume de produção ocorrerão devido à intensificação dos sistemas de produção com enfoque no aumento de produtividade. Neste contexto, a agricultura irrigada é uma das técnicas valiosas, pois de acordo com as estimativas cerca de 20% da área cultivada é irrigada e responde pela produção de 42% do total proveniente da agricultura. Em análise mundial, o Brasil está dentre os quatro países com maior potencial para aumento da agricultura irrigada. Todavia, a sustentabilidade ambiental, social e econômica é fundamental para a gestão de recursos hídricos baseada em critérios técnicos e análise de cenários atuais e futuros nas diferentes regiões do país.

A produção agrícola do Estado de São Paulo tem considerável importância na economia nacional, e ainda, aliado a este fato, o Estado tem a maior concentração populacional e, consequentemente, demanda por alimentos e bens. Em diversas regiões do Estado já ocorrem disputas pelo

uso da água para os diferentes setores da sociedade. Diante deste cenário, desenvolveu-se estudo para estimar o uso da água na agricultura nas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo.

## Levantamento de informações e abordagem para análise

Para estimar a necessidade de água das culturas irrigadas, ao longo do ano, foram caracterizados a cultura, a época de plantio, quando cultura anual, o estágio de desenvolvimento, o tipo de solo, o clima, os tratamentos culturais importantes relacionados ao consumo de água, como por exemplo, adoção de plantio direto, cultivo protegido, método de irrigação, manejo das irrigações praticados nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado.

### Caracterização da Agricultura Irrigada

Para caracterização, foram consultadas bases de dados como IBGE (2006) e LUPA (2007/2008), cadastros de irrigantes e relatórios de situação e plano de bacias disponíveis. Além disso, foram realizadas visitas técnicas às Casas de Agricultura da CATI e aos irrigantes no Estado de São Paulo para caracterização regional com checagem e atualização de informações obtidas nas bases de dados disponíveis com entrevistas padronizadas para possibilitar a obtenção de informações rela-

cionadas à irrigação e a tendências para a região, incluindo-se especialmente culturas, períodos, áreas, métodos de irrigação e técnicas culturais adotadas. As visitas técnicas foram realizadas nos municípios amostrais. O critério adotado para elencar os municípios amostrais para levantamento de informações das UGRHI consideraram a área característica dos métodos de irrigação e o número de sistemas de irrigação. Considerando-se que as informações do LUPA (2007/2008) fornecem o número de equipamentos de acordo com o método, foram selecionados os municípios cujo somatório de sistemas de irrigação totalizasse no mínimo 30% do total de sistemas da UGRHI. O resultado originou uma tabela contendo parâmetros básicos de irrigação de cada município contendo com: sistemas de irrigação; número e tamanho médio dos sistemas de irrigação; culturas e principais cultivares; área total irrigada; épocas de plantio e colheita; épocas de irrigação e tipo de manejo; origem e qualidade da água; tipo de energia utilizado, e produtividade. Em virtude dos dados do LUPA (2007/2008) terem sido levantados a tempo considerável, estimou-se a diferença percentual resultante da atualização de informações para cada tipo de equipamento em cada UGRHI. Por exemplo, na UGRHI 10 (Bacia do Sorocaba e Médio Tietê) a média dos coeficientes de variação entre os dados do LUPA e os obtidos com as visitas técnicas nos municípios amostrados, para as cidades de Ibiúna, Piedade, Porto Feliz, Botucatu e Cotia foi de 47,57% para irrigação localizada; para aspersão convencional, o coeficiente médio de variação para esses municípios foi de 38,08%.





Clima e estimativa do consumo de água das culturas

Para caracterizar o clima nas diferentes UGRHIs que compõem o Estado de São Paulo, coletaram-se dados diários de: precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento de três municípios de cada UGRHI por período de 5 a 10 anos. A demanda climática foi estimada pela evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) obtida pelo método de Penman-Monteith, adotado como padrão mundial no setor (ALLEN et al., 1998). Quando os dados disponíveis não possibilitaram a adoção deste método, a evapotranspiração foi estimada pelo método de Thornthwaite modificado por Camargo (PEREIRA et al., 1997).

Na caracterização da demanda climática, foi utilizado o valor de evapotranspiração de referência correspondente a 80% de probabilidade acumulada nos dados diários da ET<sub>o</sub> em todas as UGRHIs, onde foi possível a estimativa da ET<sub>o</sub> diária pelo método de Penman-Monteith. A função normal, ou gaussiana, foi utilizada para calcular as probabilidades acumuladas dos valores de ET<sub>o</sub>. De acordo com o teste Lilliefors (LILLIEFORS, 1967), essa distribuição pode, a 5% de significância, ser utilizada para descrever a estrutura probabilística desse parâmetro agrometeorológico. Desta forma, evitou-se o uso de valores de pico ou médios com consequente demanda superestimada ou subestimada, e, por conseguinte, efeitos na produção e qualidade alcançada no campo e na sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade e garantia de produção de alimentos, geração de emprego e renda e manutenção do homem no campo.

Para estimativa da demanda de água

das culturas para manter o crescimento das plantas em condições ideais foi adotada a seguinte relação (ALLEN et al., 1998):

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (1)$$

sendo:

ET<sub>o</sub>: evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);  
ET<sub>c</sub>: evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);  
K<sub>c</sub>: coeficiente de cultura.

O coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) tem sido intensivamente determinado em estudos de consumo de água em diferentes regiões do país e do mundo. O K<sub>c</sub> tem forte significado biológico e varia com a planta, local, clima, práticas culturais, desenvolvimento vegetativo, disponibilidade de água no solo, condições de cultivo e molhamento da superfície do solo. O valor de K<sub>c</sub> integra os efeitos ambientais e de manejo no desenvolvimento e a transpiração da planta. Para o presente trabalho foram consultados valores de K<sub>c</sub> para diversas culturas provenientes da literatura nacional e internacional, considerando as técnicas culturais adotadas na região de interesse e aquelas obtidas na literatura em condições que melhor representaram as condições de cultivo.

A demanda de água para irrigação foi estimada com e sem o aporte das precipitações pluviais naturais. Para consideração do aporte de água das precipitações naturais realizou-se, o balanço hídrico simplificado em escala mensal para estimativa da necessidade de irrigação complementar às chuvas. Para demanda de água para a agricultura irrigada, em cada UGRHI, foram adotadas informações de chuva e demanda climática da localidade com maior disponibilidade de informações de clima, e/ou representatividade relacionada à agricultura irrigada.

Para exemplificar as informações obtidas pelo método adotado são apresentadas informações relacionadas às UGRHI 05 - Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ).

Resultados

Na UGRHI 05 foram apresentados dados de precipitação pluvial e ET<sub>o</sub> dos municípios de Bom Jesus dos Perdões, Campinas e Jundiá. Verificou-se forte concentração das chuvas de outubro a março nos municípios de Bom Jesus dos Perdões, Campinas e Jundiá. Nos municípios avaliados, os maiores totais de chuva ocorreram em janeiro e os valores menores em julho e agosto.

A evapotranspiração de referência considerando os valores relativos a 80% de probabilidade acumulada variou de 3,6 a 5,2 mm dia<sup>-1</sup> em Bom Jesus dos Perdões; de 3,5 a 5,7 mm dia<sup>-1</sup> em Campinas, e de 3,3 a 5,8 mm dia<sup>-1</sup> em Jundiá. Os menores valores foram observados em junho e julho e os maiores em novembro.

Na Tabela 1, verificam-se os valores diários e os totais mensais considerando 80% de probabilidade de ocorrência da evapotranspiração de referência obtidos a partir de dados do período de período de 2002 a 2013, em Campinas, e os valores totais de precipitação pluvial obtidos a partir da Normal Climatológica (\*) obtidos no INMET(\*\*). De acordo com as informações verificou-se que a demanda climática total anual (1740 mm) é maior que a precipitação pluvial (1403 mm). O balanço hídrico mensal foi positivo apenas em janeiro, fevereiro, março e dezembro e a ocorrência dos maiores déficits foram

em julho, agosto e setembro. A incerteza associada à ocorrência e distribuição das chuvas faz com que o uso da irrigação seja técnica aliada para o sistema de produção, a fim de suprir a demanda hídrica em períodos de déficit hídrico, considerando que este pode acarretar quebra de produtividade ou mesmo inviabilização técnica e/ou

**Tabela 1.** Valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária e total mensal considerando 80% de probabilidade de ocorrência relativos ao período de 2002 a 2013 em Campinas e valor total de precipitação (\*) obtido a partir da Normal Climatológica obtidos no INMET(\*\*).

|       | ETo (80%P) |        | Precipitação |
|-------|------------|--------|--------------|
|       | (mm)       |        |              |
|       | diária     | mensal | (mm)         |
| Jan   | 4,94       | 153,14 | 258          |
| Fev   | 5,37       | 150,36 | 199          |
| Mar   | 4,94       | 153,14 | 155          |
| Abr   | 4,38       | 131,4  | 66           |
| Mai   | 3,97       | 123,07 | 68           |
| Jun   | 3,68       | 110,4  | 45           |
| Jul   | 3,72       | 115,32 | 34           |
| Ago   | 4,56       | 141,36 | 33           |
| Set   | 5,07       | 152,1  | 64           |
| Out   | 5,41       | 167,71 | 128          |
| Nov   | 5,73       | 171,9  | 141          |
| Dez   | 5,5        | 170,5  | 212          |
| Total |            | 1740,4 | 1403         |
| Média | 4,77       | 145,03 | 116,92       |
| s     | 0,71       | 21,02  | 76,7         |
| CV    | 14,81      | 14,49  | 65,6         |

(\*) Período de dados de precipitação de 1951 a 2007  
(\*\*) (Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>)



econômica da atividade agrícola e de geração de alimentos, emprego e renda.

**Demanda de Água para Irrigação nas UGRHs**

A partir das informações sobre as culturas irrigadas na UGRHI, das estimativas das áreas irrigadas, métodos de irrigação, coeficientes de cultura dentro do ciclo fenológico distribuídos no ano, e dos dados de clima (precipitação pluvial e evapotranspiração de referência), foi estimada a demanda hídrica da irrigação nas culturas em vazão ( $m^3h^{-1}$ ). Foram contabilizadas as áreas irrigadas equivalentes de cada cultura na UGRHI e estimada a demanda hídrica mensal da irrigação de cada cultivo e total na UGRHI, com e sem contribuição da precipitação pluvial, considerando-se a cultura, época de cultivo, área, escalonamento de plantio, evapotranspiração da cultura, a precipitação efetiva, o déficit de precipitação e os coeficientes de cultura. Na figura 1 verifica-se a vazão estimada para irrigação das culturas ou grupo de culturas irrigadas na UGRHI 05 considerando-se o aporte das precipitações pluviais; na figura 2 são observadas apenas as demandas para culturas cujo somatório foi menor em relação a outras.

A figura 3 representa a demanda hídrica estimada acrescida pelas demandas máximas e mínimas quando considerados os coeficientes de variação ao ser confrontados os dados levantados nos municípios amostrais e os obtidos pelo LUPA (2007/2008).

Resumo de caracterização por UGRHI – Exemplo: UGRHI 05 –

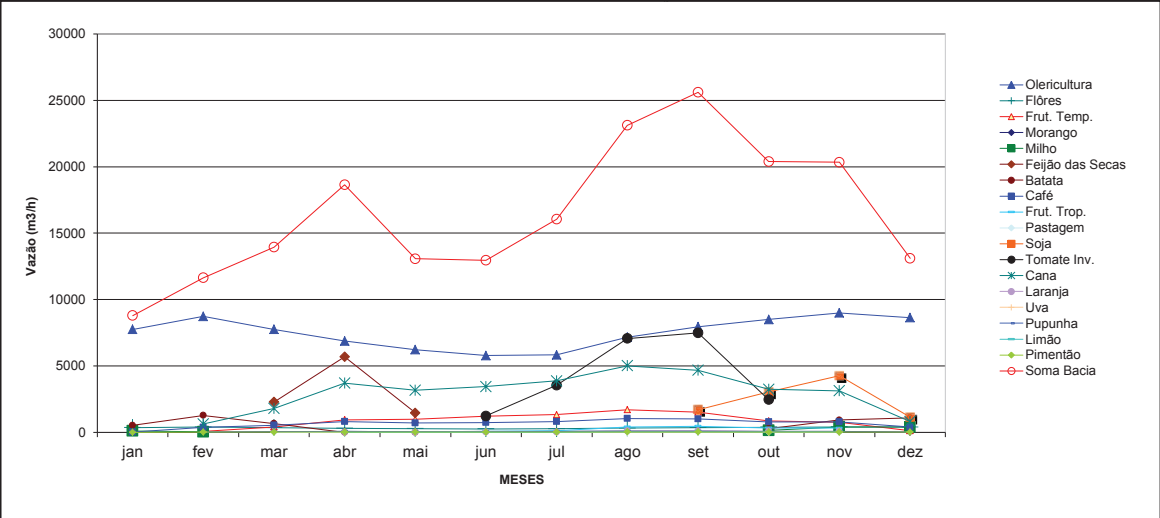
**Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**

A UGRHI 05 representa a Bacia do rio Piracicaba, Capivari e Jundiá com estimativa de área irrigada total de 21 mil ha irrigados, sendo as culturas com maior expressão o milho, o tomate, olericultura (exceto tomate) e soja totalizando áreas de 4,2, 3, 2,8 e 2,8 mil ha respectivamente. Cultivos que demandam maior volume de água como a olericultura, o tomate, o feijão das secas e a batata, somam 10 mil ha, sendo essas as culturas de maior demanda no período seco, com menor aporte de precipitações pluviais naturais e com isto o período crítico na concorrência com os demais usos.

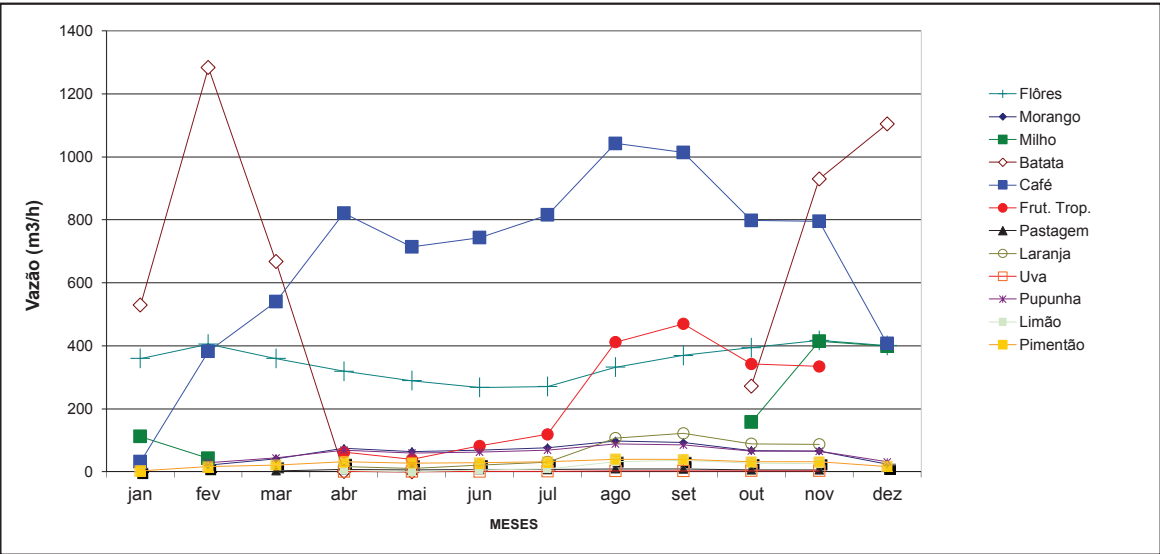
Os solos predominantes em que há irrigação são classificados como Argiloso, Cambissolo e o Latossolo. Há captação de água proveniente de águas superficiais e subterrâneas para a irrigação. Grande parte dos municípios amostrados cita que a água utilizada na irrigação é de boa qualidade com algumas exceções.

O irrigante nesta UGRHI pode ser classificado desde pequenos a grandes proprietários. A fonte de energia que predomina é o diesel ao invés da energia elétrica que é mais comum em várias UGRHs, porém em alguns municípios há acentuada adoção de energia elétrica.

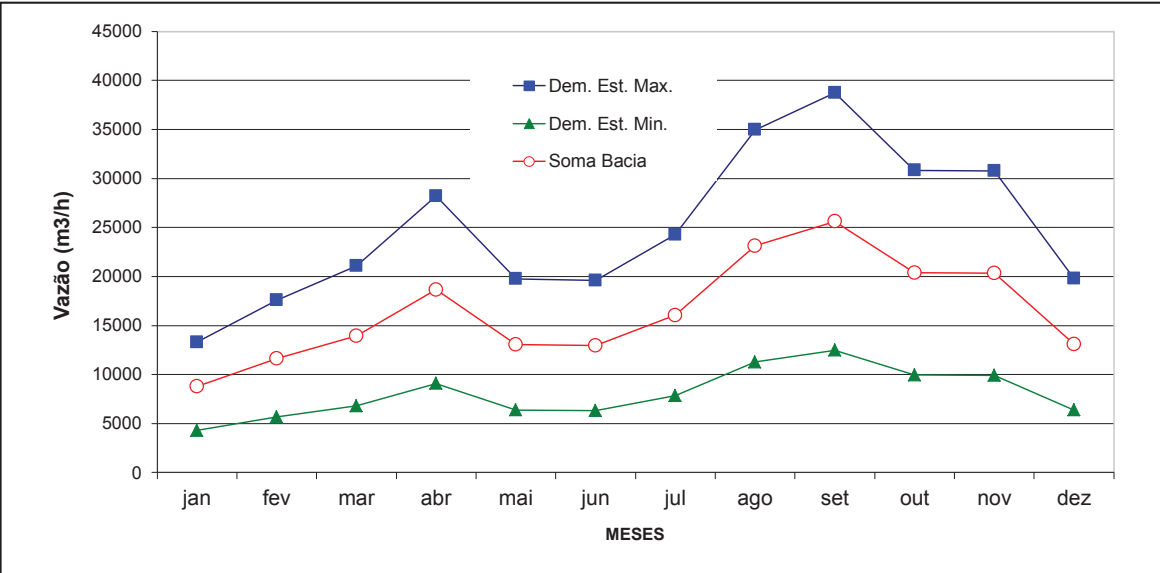
Quando considerada a precipitação pluvial no balanço hídrico, o total demandado é de vazão média mensal de  $16.470 m^3 h^{-1}$ , correspondente ao volume anual de  $144.350$  mil  $m^3$ , com pico em setembro atingindo vazão de  $25.000 m^3 h^{-1}$  (Figuras 1, 2 e 3). As maiores demandas ocorrem entre agosto e novembro, promovido principalmente pela cultura do tomate de



**Figura 1.** Estimativa da demanda hídrica mensal das culturas irrigadas ( $m^3h^{-1}$ ) na UGRHI 05, considerando-se a ocorrência de precipitações pluviais ao longo do ano.



**Figura 2.** Estimativa da demanda hídrica mensal das culturas irrigadas ( $m^3h^{-1}$ ) na UGRHI 05 com valores menores em relação aos demais cultivos, considerando-se a ocorrência de precipitações pluviais ao longo do ano.



**Figura 3.** Somatório da demanda hídrica mensal, demandas estatísticas máxima e mínima, considerando-se as precipitações pluviais naturais e os coeficientes de variação apontados entre os dados coletados nos municípios amostrais e os apresentados pelo LUPA (2007/08) das culturas irrigadas na UGRHI 05.



inverno, olericultura e a cana-de-açúcar. Este período corresponde a 45% da demanda anual e somado ao período de março a maio, com a realização de irrigações em feijão das secas, ambos os períodos são responsáveis por 68% do uso de água com a irrigação no ano.

## Considerações

O estudo possibilitou gerar diferentes parâmetros hidrológicos da irrigação, com estimativa da área irrigada, as culturas envolvidas, o volume de água demandado em cada UGRHI do Estado de São Paulo.

O levantamento nas diferentes UGRHIs revelou que a adoção da irrigação ocorreu devido à produtividade e qualidade, oferta de produtos demandados em épocas diferenciadas, estabilidade produtiva de safras consecutivas, com reflexos na sustentabilidade econômica e social. Em termos de número de equipamentos, a maior parte é adotada na olericultura cujos produtos agrícolas são extremamente sensíveis ao déficit hídrico. Outras culturas de desenvolvimento no inverno, período de secas no Estado de São Paulo, tais como feijão, batata e tomate demandam água durante todo o ciclo fenológico e são cultivadas em áreas irrigadas que variam de pequenas a grandes.

As maiores incertezas na agricultura irrigada, de modo geral, se relacionam à sustentabilidade hídrica de algumas UGRHIs e os métodos de irrigação nelas empregados. Em UGRHIs com restrição hídrica já configurada e com alta disputa pelo uso da

água, alguns métodos/sistemas de irrigação podem necessitar de avaliação e ainda em alguns casos de substituição. Todavia, ressalta-se que se faz necessário avaliar cada caso especificamente para não comprometer a disponibilidade hídrica, tampouco a sustentabilidade socioeconômica da agricultura irrigada, lembrando que em caso de substituição de métodos de irrigação há necessidade de conhecimento técnico apropriado para que se obtenha o sucesso pelo uso da técnica.

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Agência Nacional das Águas (Brasil) – ANA. 2013. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. ANA, Brasília. 432p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL – CATI. Levantamento censitário das unidades de produção agropecuária do Estado de São Paulo – LUPA. Campinas: CATI, 2007/08. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/>. Acesso: ago 2013.

FAO. Towards a water and food secure future: critical perspectives for policy-makers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo agropecuário – 2006. Rio de Janeiro, 2009.p.777

LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. Journal of the American Statistical Association, v.62, p.399-402, 1967. <http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1967.10482916>

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SE-DIYAMA, G.C. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

# Quarentenário IAC: Atuação na Defesa Fitossanitária no Brasil

A palavra quarentena deriva de “quadrinaginta”, do latim e, inicialmente, foi aplicada na Europa, no início do século XX, como um período de 40 dias de isolamento de navios oriundos de regiões com presença de doenças epidêmicas. Quarentena vegetal significa isolamento de plantas por um período mínimo de 40 dias, suficiente para realizar análises fitossanitárias para detecção de pragas, visando impedir sua introdução em regiões isentas.

O Quarentenário IAC tem como objetivo conter, detectar e identificar pragas em materiais vegetais importados para serem utilizados em programas de pesquisa. Em 1998, foi credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como Estação Quarentenária nível 1, estando, portanto, habilitado a realizar quarentena de qualquer material vegetal, convencional ou geneticamente modificado - GM (CQB n.º 065/98), proveniente de qualquer parte do mundo.

São realizadas análises em laboratório e casa de vegetação para detecção de plantas daninhas, insetos, ácaros, nematóides, fungos, bactérias e vírus com objetivo de impedir a introdução no Brasil de pragas ausentes no país. Para isso, possui estruturas, procedimentos e registros aprovados e fiscalizados pelo MAPA.

Conta com uma equipe técnica composta de pesquisadores do Centro de Fitossanidade do IAC, no qual está inserido o Quarentenário, que atuam prontamente para solucionar problemas relacionados à presença de pragas nos materiais importados. As técnicas utilizadas estão em constante aperfeiçoamento com a evolução da área de biologia molecular, o que possibilita maior segurança e rapidez nos diagnósticos.

Atualmente, o tempo de permanência de material vegetal no Quarentenário varia de dois meses, aproximadamente, para sementes de plantas anuais ou material “*in vitro*”, a 24 meses para sementes ou outras estruturas de reprodução de plantas perenes.

O Quarentenário do Instituto Agronômico está localizado no Centro Experimental de Central (CEC), em Campinas (SP). É constituído por uma área de estufas vegetais e laboratórios e os trabalhos são realizados por uma Comissão de Quarentena de Plantas, com profissionais na área de Entomologia, Fitopatologia, Virologia, Nematologia, Plantas Daninhas, Cultura de Tecidos e Diagnósticos Moleculares. Os pesquisadores, em sua maioria, estão lotados no Centro de Fitossanidade e desenvolvem trabalhos em áreas de pesquisa, concentradas em melhoramento de plantas visando à resistência a pragas e doenças e ao manejo integrado. Atuam no Quarentenário, realizando testes diagnósticos de patógenos e plantas daninhas, com o objetivo de inspecionar, interceptar e conter pragas exóticas em material vegetal importado para pesquisa. O IAC é credenciado pelo MAPA e pela CTNBio, podendo realizar quarentena de todas as espécies vegetais convencionais e transgênicas.

Seu histórico de introduções de materiais vegetais inicia-se em 1999, com números crescentes de importações, indicando que a pesquisa científica nessa área está em expansão no território brasileiro.

## Histórico

As primeiras introduções de materiais vegetais no Brasil através do Quarentenário IAC ocorreram em 1999, totalizando

Christina Dudienas<sup>1</sup>  
Roberta Pierry Uzzo<sup>1</sup>  
Valdir Atsushi Yuki<sup>1</sup>  
Desirée Baldin Damame<sup>2</sup>  
Barbara Negri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agronômico, Centro de Fitossanidade. [dudienas@iac.sp.gov.br](mailto:dudienas@iac.sp.gov.br); [rpuzzo@iac.sp.gov.br](mailto:rpuzzo@iac.sp.gov.br); [vayuki@iac.sp.gov.br](mailto:vayuki@iac.sp.gov.br)

<sup>2</sup> Mestranda em Sistemas de Infraestrutura Urbana, PUC-Campinas. [desiredamame@yahoo.com.br](mailto:desiredamame@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Graduanda do curso de Engenharia Ambiental da PUC-Campinas. [barbaranegri88@yahoo.com.br](mailto:barbaranegri88@yahoo.com.br)



apenas cinco, permanecendo nesse patamar até 2006. Somente a partir de 2007 esse número começou a ser mais expressivo, passando para 82 quarentenas. Em 2008, foram realizadas 104 quarentenas, passando para 132, 154, 160, 158, 182, 173, subsequentemente, até 2014, e até setembro de 2015, 180, conforme figura 1.

O Quarentenário IAC possui como parceiros de importações cerca de 100 empresas e Institutos de Pesquisa públicos ou privados. Os países que mais enviaram germoplasma para o Brasil foram: EUA, Holanda, Porto Rico e Argentina. Também foram introduzidos genótipos dos seguintes países: África do Sul, Angola, Canadá, Coreia do Sul, França, Guatemala, Índia, Itália, Israel, Japão, México, Nova Zelândia, Síria, Vietnã, Tailândia e Zimbábue.

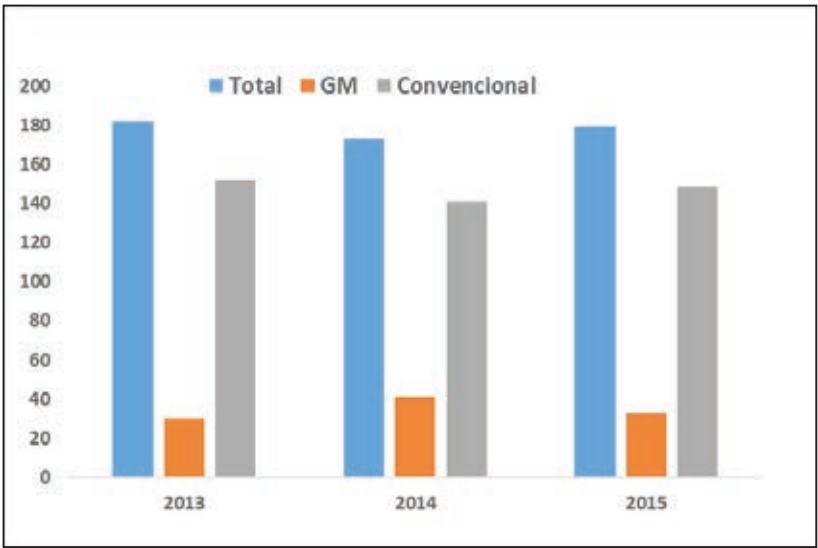


Figura 1. Número de quarentenas convencional e geneticamente modificada, realizadas no Quarentenário IAC, no período de 2013 a 2015.

Houve a introdução de mais de 50 diferentes espécies vegetais em forma de sementes, mudas, toletes, estacas, gemas, flores e plantas *in vitro*. A maior quantidade de acessos de sementes ou plântulas *in vitro* analisadas foi: tomate, melancia, melão, soja, milho e eucalipto. Além dessas culturas, houve importação de germoplasma de outras culturas já estabelecidas no Brasil em plantios comerciais como: cana-de-açúcar, algodão, arroz, cenoura, macieira, mangaueira, tabaco, trigo, pinhão manso. Houve também importação de germoplasmas menos disseminados no país, como: cártamo, duboísia, pongamia, marmeleiro, estêvia, niger, tagetes, entre outras.

A partir de 2013 até o presente, ocorreu um total de 535 importações, sendo 104 introduções de material geneticamente modificado de grandes culturas. Os genótipos foram introduzidos no país em diversas formas: oito em toletes, oito em estacas, 45 *in vitro*, quatro em forma de pólen e uma em forma de flores. O restante, 466 introduções, foram importados na forma de sementes (Figuras 1 e 2).

É importante salientar ainda, que, além de grande número de culturas introduzidas no país através do Quarentenário IAC e da diversidade do país de origem, existe também variação no peso de cada material. Cada carga vem com números diferentes de acessos, que podem ser de diferentes variedades ou linhagens, havendo desde um acesso em determinada quarentena até 9.500 em outra, com pesos variando de 0,005g a 65 kg para cada acesso. Nesse período, foram introduzidos no país aproximadamente 70.000 acessos.

Considerando o período de 1999 até 2015, foram observadas pragas não quarentenárias tais como: *Coletotrichum*

spp., *Cercospora* spp., *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Curvularia* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp, *Drosophila* spp, insetos das famílias Formicidae, Diplopoda, Collembola, Gastropoda e Hemiptera, plantas daninhas das espécies *Sorghum halepense*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus* sp., *Digitaria* spp., *Cyperus* spp. e um vírus quarentenário - *Cucumovirus* em estêvia, originária do Japão, identificado através dos processos de inoculação em plantas indicadoras, teste elisa, análise em microscopia eletrônica e molecular pelo método PCR.

Esse vírus do gênero *Cucumovirus*, transmitido por várias espécies de pulgões, está presente na América do Norte, Ásia e Europa, causando elevados danos a várias culturas. Nos Estados Unidos e no Japão houve perdas significativas, principalmente em culturas de soja, amendoim e feijão. Cerca de 80 espécies de plantas, entre daninhas e cultivadas, podem ser infectadas por esse vírus. Dentre elas estão amendoim, feijão, soja, fumo, ervilha, pimentas e pimentões, abóboras e abobrinhas, melancia, pepino, beterraba, tomate, girassol, entre outras. Todo o lote de estêvia importado foi destruído.

Observa-se que tem havido maior preocupação por parte das empresas e instituições, que importam formalmente germoplasma para pesquisa, em importar materiais com melhor qualidade fitossanitária. Isso é resultado de um trabalho intenso de análises fitossanitárias do Quarentenário e fiscalização do MAPA, além de uma maior conscientização por parte dos importadores.

Em 2013, apenas três materiais foram eliminados por apresentarem alguma contaminação: um de cana-de-açúcar, um de soja, e a já citada estêvia. Em 2014, houve o descarte de uma carga de trigo, onde um acesso estava contaminado com plantas daninhas, e uma de soja, devido à elevada concentração de fungos e bactérias não quarentenários. Neste ano, foi realizada uma catação de sementes de braquiária para eliminação de contaminantes, no sentido de evitar o descarte completo da carga.

O quarentenário IAC vem contribuindo, ao longo dos seus 17 anos, para a segurança fitossanitária brasileira, impedindo a entrada de novas pragas em materiais vegetais importados para realização de trabalhos de pesquisa.

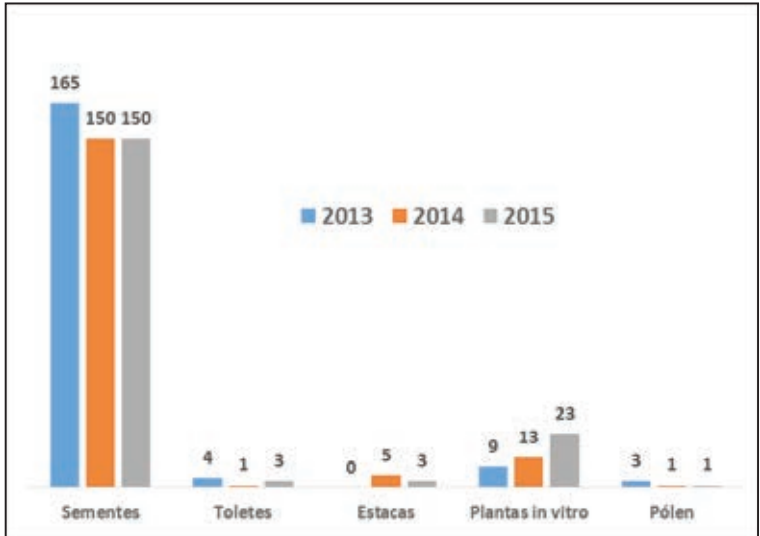


Figura 2. Número de quarentenas totais realizadas no Quarentenário IAC, no período de 2013 a 2015.

Balanço hídrico (2015)

Nesta resenha são apresentados os dados mensais de temperatura média (Tmed), total de precipitação pluvial (Prec) e resultados do balanço hídrico (BH) para localidades do Estado de São Paulo, onde o Instituto Agrônômico mantém estações meteorológicas. Os valores de BH positivos indicam excedente hídrico e os valores negativos, deficiência hídrica ou falta de água no solo.

Até outubro de 2015, as condições climáticas foram mais próximas às normais, se comparadas ao ano anterior, quando se registraram condições atípicas para o Estado de São Paulo. Em geral, foram observados volumes de precipitação pluvial próximos e até superiores às médias históricas e esperadas para as diferentes localidades do Estado.

Devido à escassez de precipitação pluvial observada no ano anterior, ainda foi possível notar os reflexos em janeiro de 2015. No entanto, a partir de fevereiro, em boa parte das regiões, as condições de umidade do solo foram satisfeitas, com exceção de Pindorama e Votuporanga, porém em níveis que podem ser considerados baixos: -17,8 e -13,2 mm respectivamente.

No período de janeiro a março, as temperaturas médias variaram de 25 a 27 °C, ficando dentro da média histórica.

Em relação à precipitação pluvial foram registrados volumes acima da média histórica e, em diversos locais, o volume registrado superou os 200 mm, como em Campinas, Assis, Itararé, Jundiaí, Limeira, Monte Alegre do Sul, Pariquera-Açu, Marília, Piracicaba e Votuporanga. Os maiores volumes foram registrados em Franca, cer-

ca de 340 mm em fevereiro, e em Ubatuba, com 425 mm em março. As chuvas desse primeiro trimestre colaboraram para um desenvolvimento satisfatório nos cultivos em geral.

Para o segundo trimestre já era esperado volume menor de precipitação pluvial e as temperaturas nesse período tendem a ficar mais amenas, período que antecede o nosso inverno. No entanto, em maio, ainda foram registrados volumes mensais de precipitações acima de 100 mm. Esse fato foi observado em Assis (122,7 mm), Capão Bonito (155,4 mm), Monte Alegre do Sul (125,6 mm), Pindorama (122,3 mm) e Ubatuba (132 mm). Nesse período, as temperaturas médias não tiveram valores anormais, porém, sempre próximos aos esperados.

Em 2015, um evento chamou a atenção, quando em julho, mês considerado seco, pois normalmente o volume de precipitação pluvial fica em média abaixo de 50 mm, foram registrados volumes bem superiores em diferentes localidades, chegando a ultrapassar 100 mm, como em Adamantina, Assis, Capão Bonito, Itararé, Manduri, Pariquera-Açu, Pindorama e Marília.

A partir de setembro, os volumes de chuvas tendem a ser maiores, fato observado em todo o Estado.

Em relação às temperaturas médias, foram observados valores pouco acima das médias históricas em diferentes locais, porém nenhum aumento expressivo.

Essas temperaturas mais elevadas podem estar relacionadas com a variabilidade climática e as condições momentâneas de entradas de massas de ar ou períodos mais secos.

| Ano                 | 2015  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mês                 | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   |
| Adamantina          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 28,6  | 26,60 | 25,7  | 24,7  | 21,2  | 20,8  | 20,4  | 23,2  | 25,1  | 25,4  |
| Prec                | 157,8 | 145,6 | 137,6 | 44,3  | 84,7  | 34,7  | 172,1 | 7,7   | 108,1 | 161,9 |
| BH                  | 17,2  | 25,4  | -3,5  | -26,5 | -5,8  | -16,6 | 97,9  | -45,9 | -20,4 | 8,6   |
| Assis               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,5  | 23,8  | 23,6  | 22,3  | 18,5  | 17,6  | 17,7  | 19,3  | 22,1  | 23,5  |
| Prec                | 210,8 | 201   | 200   | 31,3  | 122,7 | 18,8  | 127,9 | 13,8  | 211,8 | 176,2 |
| BH                  | 77,5  | 100,3 | 93,8  | -11,8 | 30,5  | -2,4  | 74,6  | -12,4 | 84,6  | 72,2  |
| Campinas            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 26,7  | 24,8  | 23,5  | 22,9  | 20,1  | 19,2  | 18,9  | 20,9  | 22,9  | 24,9  |
| Prec                | 203,7 | 266,5 | 279,2 | 29,2  | 82,9  | 16,2  | 31,7  | 32,3  | 158,6 | 61    |
| BH                  | 20,1  | 147,1 | 168,2 | -17,7 | -8,4  | -15,4 | -14,0 | -35,1 | 5,1   | -30,9 |
| Capão Bonito        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,0  | 23,2  | 22,2  | 20,6  | 17,5  | 15,8  | 16,0  | 17,9  | 19,9  | 21,0  |
| Prec                | 75,5  | 150,6 | 89,8  | 57,9  | 155,4 | 29,7  | 126,8 | 23,0  | 158,7 | 130,2 |
| BH                  | -46,8 | 0,0   | -3,0  | -14,1 | 70,0  | 1,9   | 81,9  | -9,0  | 66,9  | 44,0  |
| Itararé             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,0  | 23,2  | 22,2  | 20,6  | 17,5  | 15,8  | 16,0  | 17,9  | 19,9  | 21,0  |
| Prec                | 179,6 | 223,0 | 259,8 | 52,2  | 114,9 | 44,0  | 171,6 | 58,3  | 196,2 | 209,2 |
| BH                  | 26,2  | 183,4 | 199,2 | 5,9   | 81,6  | 20,5  | 128,0 | 12,6  | 134,6 | 135,2 |
| Jundiaí             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,4  | 23,8  | 22,5  | 21,6  | 18,6  | 17,8  | 18,1  | 19,3  | 21,4  | 23,1  |
| Prec                | 121,4 | 173,8 | 250,6 | 27,9  | 69,8  | 28,7  | 60,7  | 34,3  | 159,6 | 94,4  |
| BH                  | -23,3 | 39,8  | 147,4 | -10,4 | -4,0  | -4,3  | -1,0  | -12,4 | 52,2  | 20,3  |
| Limeira             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,4  | 23,5  | 22,3  | 21,1  | 18,6  | 18,0  | 17,8  | 19,7  | 21,9  | 23,7  |
| Prec                | 157,2 | 235,5 | 157,8 | 11,8  | 79,9  | 32,8  | 48,4  | 29,5  | 146,7 | 102,7 |
| BH                  | -29,5 | 133,8 | 58,0  | -15,1 | -2,3  | 2,7   | -3,0  | -12,5 | 34,7  | -15,5 |
| Manduri             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,0  | 22,9  | 22,2  | 20,9  | 17,7  | 16,5  | 16,4  | 17,9  | 20,7  | 22,0  |
| Prec                | 117,5 | 164,1 | 119,2 | 65,9  | 81,1  | 15,1  | 127,3 | 25,7  | 183,7 | 125,9 |
| BH                  | -33,8 | 67,2  | 9,5   | 8,9   | 16,5  | -2,8  | 77,8  | -8,8  | 80,2  | 35,5  |
| Mococa              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 26,5  | 24,8  | 23,7  | 23,0  | 20,3  | 20,0  | 20,4  | 21,4  | 23,9  | 26,1  |
| Prec                | 131,9 | 211,7 | 179,0 | 84,9  | 44,5  | 23,6  | 5,0   | 6,7   | 127,0 | 107,7 |
| BH                  | -25,2 | 97,7  | 71,9  | 26,5  | -7,7  | -17,8 | -40,9 | -57,6 | -5,3  | -66,1 |
| Franca              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,4  | 23,3  | 22,5  | 22,2  | 19,4  | 19,2  | 19,8  | 20,8  | 23,9  | 25,8  |
| Prec                | 90,5  | 343,2 | 279,9 | 143,0 | 80,3  | 13,8  | 7,6   | 0,0   | 133,5 | 119,9 |
| BH                  | -20,5 | 217,6 | 154,8 | 49,2  | 24,3  | -13,9 | -36,0 | -63,5 | -15,1 | -67,4 |
| Monte Alegre do Sul |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 25,4  | 23,5  | 22,7  | 21,5  | 18,5  | 17,6  | 18,0  | 18,9  | 21,6  | 23,6  |
| Prec                | 175,1 | 269,1 | 81,0  | 49,5  | 125,6 | 35,1  | 48,6  | 27,0  | 185,2 | 72,4  |
| BH                  | 27,6  | 183,5 | -4,7  | -16,1 | 29,5  | -0,8  | -3,5  | -10,5 | 68,3  | -6,8  |
| Pariquera Açu       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 27,2  | 25,6  | 24,1  | 22,7  | 19,9  | 18,9  | 18,6  | 20,3  | 21,3  | 22,0  |
| Prec                | 84,3  | 229,8 | 210,4 | 86,5  | 107,0 | 50,4  | 107,6 | 18,2  | 175,2 | 93,5  |
| BH                  | -57,7 | 28,7  | 97,0  | -9,9  | 58,9  | -4,6  | 47,7  | -9,7  | 59,7  | 3,8   |
| Pindorama           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 27,1  | 25,6  | 24,5  | 23,7  | 20,8  | 20,7  | 20,5  | 22,0  | 24,2  | 26,0  |
| Prec                | 113,1 | 163,3 | 181,9 | 63,3  | 122,3 | 17,4  | 102,3 | 4,4   | 179,2 | 68,9  |
| BH                  | -13,7 | -17,8 | 84,5  | -11,2 | 13,0  | -9,5  | 48,1  | -42,7 | 2,1   | -20,5 |
| Piracicaba          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 26,8  | 19,4  | 23,3  | 22,3  | 19,3  | 18,7  | 18,7  | 19,9  | 22,6  | 24,6  |
| Prec                | 119,7 | 281,5 | 121,4 | 9,7   | 63,2  | 11,7  | 39,6  | 34,3  | 150,5 | 100,9 |
| BH                  | -56,4 | 186,6 | 22,3  | -20,9 | -2,2  | -18,7 | -7,7  | -28,0 | 2,5   | 14,1  |
| Marília             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 27,3  | 25,3  | 24,5  | 23,7  | 20,8  | 20,7  | 20,1  | 23,1  | 24,4  | 24,9  |
| Prec                | 72,0  | 271,1 | 225,5 | 42,7  | 66,0  | 17,3  | 140,0 | 7,9   | 148,6 | 77,7  |
| BH                  | -65,3 | 81,1  | 97,3  | -13,3 | -5,0  | -26,7 | 55,5  | -48,3 | -4,6  | -21,8 |
| Ubatuba             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 27,3  | 26,0  | 24,8  | 23,3  | 20,8  | 19,9  | 20,2  | 20,7  | 22,1  | 23,7  |
| Prec                | 105,0 | 275,0 | 425,8 | 191,8 | 132,0 | 206,8 | 42,4  | 27,2  | 169,4 | 123,2 |
| BH                  | -54,7 | 116,3 | 269,6 | 98,3  | 85,9  | 128,5 | -4,8  | -13,6 | 75,4  | 22,9  |
| Votuporanga         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Tmed                | 27,8  | 26,3  | 25,3  | 25,3  | 22,3  | 22,0  | 22,1  | 23,5  | 25,6  | 27,3  |
| Prec                | 155,7 | 179,2 | 260,6 | 30,4  | 87,3  | 11,5  | 76,8  | 76,0  | 118,7 | 54,9  |
| BH                  | -32,3 | -13,2 | 84,5  | -33,6 | -8,0  | -43,9 | -25,4 | -68,4 | -22,5 | -43,3 |

\* \*Dados climáticos referentes a novembro e dezembro deverão ser apresentados na próxima edição.

Angelica Praela Pantano<sup>1</sup>  
Mariana Corrêa de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IAC – Centro de Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica.  
angelica@iac.sp.gov.br

# Programa de Pós-Graduação do Instituto Agrônômico (PPG-IAC):

## Inovação na formação de recursos humanos em agricultura tropical e subtropical



Foto: Martinho Calves

Para maiores informações:  
19 2137-0601 ou no endereço:  
<http://www.iac.sp.gov.br/area-doinstituto/posgraduacao/>.



O conhecimento e a competência acumulada ao longo de sua rica história permitiram ao Instituto Agrônômico (IAC) atender uma demanda crescente da sociedade na formação de recursos humanos. Por esse motivo, a instituição criou, em 1999, o Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical (PPG-IAC). Esta ação marcou mais uma vez o pioneirismo do Instituto que, como instituição de pesquisa não pertencente ao sistema universitário, foi o primeiro na Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo a ter um curso de pós-graduação "stricto-sensu".

Com o aumento da demanda e para ampliar a qualidade do curso e a formação de recursos humanos, o curso de Doutorado foi iniciado em 2009. Em 2012, o Instituto também passou a oferecer o MBA em Fitossanidade a distância, em parceria com a Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF).

O PPG-IAC destaca-se por oferecer formação voltada para a pesquisa aplicada, com geração de tecnologia específica em diferentes linhas de pesquisa no universo da agricultura tropical e subtropical. As dissertações e teses desenvolvidas pelos alunos têm caráter inovador e multidisciplinar, pois são parte integrante de projetos desenvolvidos pelos pesquisadores do IAC. Muitos desses trabalhos são realizados em cooperação com outras instituições nacionais e estrangeiras. As pesquisas visam solucionar problemas do setor agrícola, mas que indiretamente trazem bem-estar para toda a população na forma de alimentos de maior qualidade e sistemas de produção agrícolas sustentáveis.

Credenciada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o PPG-IAC tem atualmente conceito 5 e conta com a participação de 40 docentes em suas três áreas de concentração: Gestão de Recursos Agroambientais, Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia e Tecnologia da Produção Agrícola. O PPG-IAC já formou mais de 360 alunos em nível de mestrado e cerca de 20 em doutorado e, atualmente, tem 42 mestrandos e 46 doutorandos com bolsas de diversas instituições de apoio como CAPES, FAPESP, CNPq, CAPES/EMBRAPA e da iniciativa privada.

Os egressos do curso têm sido rapidamente absorvidos pelo mercado de trabalho, seja no setor público ou privado. Muitos ex-alunos atuam em institutos de pesquisa, universidades, empresas multinacionais e nacionais, ou como consultores em diversas áreas de formação do curso.

O Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agrônômico seleciona novos alunos de mestrado todos os anos. Candidatos ao curso de doutorado podem se inscrever em qualquer época do ano.



## Laboratório de Fertilizantes e Resíduos Instituto Agrônômico (IAC)

A análise de teores totais de metais em solos, de garantias e metais pesados em todos os tipos de fertilizantes e a caracterização de resíduos, incluindo os compostos de lixo e os lodos de esgoto para avaliação de uso agrícola.



### Credenciado pelo MAPA e acreditado pelo INMETRO

O credenciamento junto ao MAPA, obtido em 14 de dezembro de 2011, autoriza o IAC a realizar análises fiscais em fertilizantes minerais, como laboratório integrante da Rede Nacional de Laboratórios

Agropecuários (Lanagro), vinculada ao Ministério da Agricultura (Brasil, 2011). Acreditado pelo Inmetro desde 2009 para análise de resíduos e de 2015 para a análise de fertilizantes minerais.

As análises de fertilizantes, corretivos, condicionadores, substratos e resíduos de interesse asseguram ao agricultor que as quantidades recomendadas e aplicadas irão suprir as necessidades das plantas para os nutrientes presentes no fertilizante, que o corretivo irá produzir o efeito desejado, e a ausência de contaminantes que possam se acumular no solo. A análise destes insumos evita desperdícios e reduz impactos ambientais por excessos nos campos, poupando energia e recursos naturais.





Crédito: Tela em óleo de Maria Cecília Neves

