

BOLETIM TÉCNICO

- *Índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto*
- *Uso das minhocas como indicadoras de qualidade no SPD*



BOLETIM TÉCNICO

Índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto

Glaucio Roloff¹, Ramiro A. T. Lutz², Ivo Mello³

-
- 1 Eng. Agro, Professor, Universidade Federal de Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu - PR
 - 2 Eng. Agro., Vetagro Consultoria Agronômica, Uruguaiana - RS
 - 3 Eng. Agro., Febrapdp, Manoel Viana - RS

Introdução

O Sistema Plantio Direto (SPD) é prevalente na produção de grãos no Brasil (MELLO & VAN RAIJ, 2006) e nas demais zonas produtoras da América do Sul (DERPSCH & FRIEDRICH, 2009). Isso porque, mais que uma prática conservacionista ou de manejo do solo, é um sistema de produção agrícola. Sua adoção relativamente rápida e maciça, principalmente no Brasil, deu-se, inicialmente, como mecanismo bastante eficaz na redução da erosão e de seus efeitos deletérios sobre a produtividade das lavouras. Contudo, o SPD rapidamente se tornou mais que isso ao gerar economia de combustível e tempo, permitindo até três safras em um ano, além de outras vantagens amplamente discutidas por esses e outros autores (e.g. KASSAM et al, 2009).

É visão comum que a sustentabilidade do SPD se apoia em três pilares: a cobertura permanente, a ausência de revolvimento do solo e a rotação de culturas. Apesar do conhecimento disponível, o uso comercial do SPD no Brasil não tem aderido às práticas que conduzem ao equilíbrio entre os três pilares. O grau desta não aderência é incerto em razão da ausência de dados estatísticos regionais ou nacionais apropriados. Contudo, observações empíricas têm levado à percepção de que a inobservância do equilíbrio entre os três pilares é prevalente. Como exemplo, no Paraná apenas cerca de 10% da área de soja são utilizados por culturas de inverno (trigo, cevada)⁴. O restante da área de inverno é ocupado pela segunda safra (safrinha) de milho, culturas de cobertura e pousio, em proporções desconhecidas pela falta de dados estatísticos que separem esses tipos de uso não comercial. Evidências empíricas indicam que a maior parte dessa área permanece em pousio, especialmente entre o início do inverno e a época da sementeira da cultura de verão, sendo mais comum no Oeste do Paraná. Isso contraria o pilar da cobertura permanente. Além disso, ainda no Paraná, a soja ocupa, ano após ano, a grande maioria da área ocupada por grãos (80% da área prevista para 2010-11⁵). Esse fato, acoplado ao pousio de inverno, ao invés de uma cultura de cobertura, sugere que o pilar da rotação também está desequilibrado.

BOLLIGER *et al.* (2006), em conclusão a uma análise ampla do SPD no Brasil, sugerem que a maioria dos agricultores brasileiros não pratica o SPD ideal ou modelo, com proporção ainda maior para aqueles agricultores com poucos recursos. Os autores sugerem que isso acontece por razões variáveis conforme a situação socioeconômica, cognitiva e biofísica dos agricultores. Essas razões incluem, dentre outras, a incapacidade de custear as culturas de cobertura ou os herbicidas apropriados, a necessidade de preparo eventual para incorporar calcário ou aliviar a pressão das plantas espontâneas e a necessidade econômica de explorar apenas as culturas que geram receitas. Razões adicionais sugeridas por outros técnicos e cientistas são: (a) a consultoria agrônômica dissociada das questões de sustentabilidade, com foco apenas no econômico, e (b) políticas agrícolas e ambientais que ignoram as externalidades do SPD. Portanto, apesar da evolução do SPD no Brasil trazer diversas lições positivas e ser exemplo mundial, ainda existem muitos desafios a serem vencidos no sentido de tornar o SPD realmente sustentável. A baixa adoção das melhores práticas de uma agricultura conservacionista também é motivo de preocupação em países com agricultura intensiva e altamente tecnificada como as dos Estados Unidos e da Austrália (LYON *et al.*, 2004).

4 IPARDES <http://www.ipardes.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98> acessado em 11/10/2010

5 <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=58884&tit=Area-com-plantio-de-soja-cresce-3-no-Parana-mas-safra-de-graos-sera-menor>

Para a região Extremo Oeste do Paraná, na região da Bacia do Paraná 3^o, um diagnóstico realizado entre 2001 e 2003 (SIQUEIRA & CASÃO JÚNIOR, 2006) revelou situação semelhante ao restante do Brasil. Apesar de cerca de 95% das culturas de verão utilizarem o Plantio Direto, apenas 34% utilizam uma cultura de inverno (trigo ou aveia), o que indica a prevalência de rotações não adequadas aos pilares do SPD ou a sua ausência. O motivo principal alegado pelos produtores é o custo associado às rotações com culturas de cobertura, ou seja, uma visão de curto prazo dos produtores. Outro pilar do SPD, o não revolvimento, é desrespeitado pelos produtores dessa região devido a sua percepção de que compactação é a maior desvantagem do Plantio Direto, segundo outro diagnóstico em 2000 (PASSINI, 2006).

Visando promover o SPD com qualidade (SPDQ), desde o final da década de 1990 existe cooperação entre a Itaipu Binacional, o IAPAR e a FEBRAPDP. Tais iniciativas resultaram em diversas tecnologias e estratégias direcionadas ao SPDQ (CASÃO *et al.*, 2006) que agora necessitam uma ação multifacetada para motivar o usuário final, o produtor, para que esse introduza as alterações necessárias para viabilizá-lo. Essa ação deve ser focada não apenas nos pilares da sustentabilidade do SPD, mas também nas suas relações com os serviços ambientais relacionados, usando, para isso, ferramentas de baixo custo, porém robustas, de modo a viabilizar econômica e tecnicamente a sua execução. A ação deve envolver ativamente os produtores, através dos comitês de bacia, para promover o autoconhecimento das questões relacionadas ao SPD e, através disso, resultar no SPDQ, por meio de novas atitudes, planejamento e execução de planos assistidos de manejo para a qualidade.

Algumas das estratégias dessa ação de promoção do SPDQ são o estabelecimento e a validação de um índice que estime o grau de qualidade do SPD. Neste documento, as bases conceituais para um índice com essa finalidade são discutidas. É proposto e justificado um índice para o SPDQ, bem como uma estratégia para sua aplicação. O índice foi testado usando a região da Bacia do Paraná 3 no Oeste do Paraná como piloto. A validação do índice, contudo, é objeto de outro documento.

Conceitos básicos

Pilares da sustentabilidade do SPD

A concepção de três pilares básicos do SPD emana de uma visão pontual do sistema, que foca da superfície do solo para dentro, sem considerar a superfície tridimensional da encosta onde se insere a gleba. Assim, essa concepção ignora os efeitos do SPD fora da gleba ou a interação entre partes altas e baixas de uma mesma gleba.

KASSAM *et al.* (2009) defendem que uma agricultura verdadeiramente conservacionista, e, portanto, sustentável, necessita idealmente de um solo manejado para que se aproxime das características de um solo sob floresta. Esse, dentre outros atributos importantes mencionados pelos autores, tem taxas de infiltração que, quase sempre, excedem a intensidade das chuvas, assim promovendo a infiltração total da água da grande maioria das chuvas. Nessa concepção, a agricultura conservacionista idealmente deve produzir nenhum ou pouco escoamento superficial para fora da gleba. Tal condição, contudo, dificilmente ocorre em culturas comerciais com SPD sujeitas tanto à compactação, quanto à cobertura do solo variável durante o ano agrícola, com taxas de infiltração no mínimo 30%

6 De acordo com o mapa em http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Mapas/MP%20Divisao%20Hid%203.jpg

menores que sob floresta (MACHADO, 1976) até cerca de 90% menor (LUCIANO *et al.*, 2010).

Em condições experimentais brasileiras, a maioria das citações aponta para taxas de infiltração básica (TIB) em SPD inferiores a 50 mm h⁻¹, com a maior frequência para valores inferiores à metade disso (Tabela 1). As condições se tornam mais favoráveis ao escoamento superficial quanto menor a cobertura do solo e maior a sua compactação, ou seja, quanto menor a qualidade do SPD.

TIB (mm h ⁻¹)	Solo (Ordem)	Método	Autores
10 a 30	Argissolo	Simulador de chuva	BRAIDA & CASSOL, 1999
48	Latossolo	Simulador de chuva	BARCELOS <i>et al.</i> , 1999
23 a 45	Latossolo	Simulador de chuva	ALVES SOBRINHO <i>et al.</i> , 2003
27 a 49	Latossolo	Simulador de chuva	PANACHUKI <i>et al.</i> , 2006
<20	Latossolo	Anéis concêntricos ¹	VIEIRA & KLEIN, 2007
30 a 35	Latossolo	Anéis concêntricos	SILVA <i>et al.</i> , 2009
2 a 8	Cambissolo	Anéis concêntricos	LUCIANO <i>et al.</i> , 2010

Tabela 1. Exemplos de Taxa de Infiltração Básica (TIB) de experimentos brasileiros

A intensidade das chuvas depende da região. Tomando a cidade de Cascavel, no Oeste do Paraná, como exemplo, estima-se que uma chuva com intensidade de aproximadamente 50 mm h⁻¹ e duração de 10 minutos ocorra uma vez por ano (FENDRICH, 1998). Para a mesma duração, a cada cinco anos ocorre uma chuva de 64 mm h⁻¹. Então, se essas chuvas forem antecedidas de condições hídricas que tenham resultado no preenchimento da capacidade de retenção de água do solo da encosta e supondo TIBs similares às da Tabela 1, ocorre escoamento superficial proporcional à diferença entre a TIB e a intensidade da chuva. Portanto, na maioria dos casos existe certa probabilidade de eventos de escoamento superficial em SPD, cuja frequência depende do solo, região e características do SPD. Essa frequência, contudo, ainda não foi quantificada para as condições brasileiras, mas parece ser de poucos anos para as diversas regiões do sul do Brasil com maiores volumes de chuva anual.

O escoamento superficial, quando ocorre em SPD, não causa necessariamente erosão excessiva, se as encostas tiverem rampas curtas que evitem a concentração desse escoamento e a intensidade das chuvas não forem muito altas. Já em rampas longas, como as típicas de paisagem com latossolos, nas quais partes baixas da gleba podem ter áreas de captação de até dezenas de hectares, mesmo taxas de escoamento relativamente pequenas podem gerar erosão do solo em partes localizadas da encosta sob SPD devido à concentração desse escoamento com energia suficiente para causar a remoção da palhada (BERTOL *et al.*, 1997). Contudo, com ou sem erosão significativa, qualquer escoamento superficial que deixa a gleba sob SPD pode carrear contaminantes das águas superficiais, especialmente o fósforo solúvel, uma vez que o SPD aumenta a concentração e a proporção das frações mais lábeis desse nutriente na superfície do solo ou próximo dessa (e.g. RHEINHEIMER & ANGHINONI, 2001; TOKURA *et al.*, 2002). Além disso, em regiões onde é comum o espalhamento superficial de dejetos suínos, como o Oeste do Pa-

raná, existe o risco adicional de volumes de escoamento superficial até duas vezes maiores se chuvas intensas ocorrerem a poucos dias da aplicação (BERTOL *et al.*, 2007), com quase proporcional aumento nos volumes de contaminantes que, potencialmente, podem deixar a gleba. Portanto, qualquer saída desse escoamento superficial da gleba reduz o efeito do SPD como uma agricultura conservacionista nos moldes proposto por KASSAM *et al.* (2009) e impacta negativamente na sua função ambiental de produzir água de boa qualidade.

Esses argumentos levam à proposição de um quarto pilar para a sustentabilidade do SPD: a gestão dos fatores controladores do escoamento superficial visando a sua minimização ou, simplesmente, a gestão do escoamento superficial. Isso pode ser atingido através de estruturas de retenção de água como os terraços em nível, outras estruturas de retenção, estruturas que reduzem a velocidade da água de escoamento superficial e facilitem a infiltração, rotações que maximizem a taxa de infiltração da lavoura ou uma combinação dessas práticas. Considerando esse pilar, as estratégias visando o SPDQ passam a englobar um número maior de funções do sistema, ou seja, aumentam o grau da sua multifuncionalidade. Neste trabalho consideramos esses quatro pilares da sustentabilidade do SPD.

Multifuncionalidade da agricultura e serviços ambientais

A agricultura é potencialmente multifuncional, provendo não apenas alimento, fibra, óleo ou energia, mas outras funções que podem ser valoradas e que não podem ser produzidas por outros setores sem investimentos irrealmente altos (DOBBS & PRETTY, 2004). Por um lado, a agricultura, ao produzir alimentos, pode reduzir o carbono do solo e favorecer a sua erosão, o que externaliza custos que outros, na sociedade, devem bancar. Por outro, essa mesma agricultura pode sequestrar e acumular carbono no solo, contribuindo assim para a mitigação do efeito estufa, ao mesmo tempo em que melhora a qualidade de solo e contribui na melhoria do suprimento e na qualidade da água. Como exemplo de aplicação dessa estratégia, a Comunidade Europeia está implementando uma geração de novas políticas agroambientais baseadas no conceito da multifuncionalidade, em substituição aos programas de simples subsídio à produção. A aplicação da agricultura conservacionista é vista como componente importante desses programas (LOUWAGIE *et al.*, 2009). Apesar de o Brasil servir de exemplo na adoção do SPD como uma forma de agricultura conservacionista, essa visão de multifuncionalidade do SPD não está presente nas suas atuais políticas agroambientais, nacionais ou regionais, as quais tendem ou ao agro ou ao ambiental, sem procurar explicitamente a agregação da multifuncionalidade, exceto por alguns programas pontuais.

Para considerar a multifuncionalidade, os formuladores de políticas agroambientais precisam distinguir, dentre os serviços ambientais, aqueles que devem ser obrigatórios daqueles que devem ser recompensados (DOBBS & PRETTY, 2004). Considerando a agricultura intensiva no Brasil, é possível agrupar as boas práticas na agricultura em três grupos: (1) aquelas exigidas pela legislação, como a mata ciliar ou a reciclagem das embalagens agrícolas; (2) as práticas que vão além da legislação, mas com efeito mais pontual e de menor custo para o produtor, como a adoção da semeadura sem revolvimento; e (3) práticas que, isoladamente ou em conjunto, prestam um serviço ambiental significativo à sociedade e que devem ser compensadas por essa, como um SPD com os quatro pilares da sustentabilidade bem equilibrados, por exemplo.

O debate sobre as práticas, ou os seus conjuntos, que devem ser valorados, é centrado

na separação entre as que evitam as externalidades negativas, como a semeadura direta para evitar a erosão excessiva, por exemplo, daquelas cuja adoção causa proporcionalmente mais externalidades positivas, como um SPD com rotação adequada e terraceamento, por exemplo. DOBBS & PRETTY (2008) afirmam que essa separação dificilmente pode ser feita objetivamente e é uma decisão política, baseada na percepção dos atores. No entanto, para o caso das atividades agrícolas, argumentamos que é possível qualificar objetivamente as práticas e seu conjunto na forma de índices por gleba ou por produtor agrícola, por exemplo. Dessa maneira, a decisão política fica restrita ao valor de um determinado índice que separa as glebas que devem ser compensadas pelas suas externalidades positivas daquelas que não. Tais índices e valores críticos podem e devem sofrer alteração no tempo conforme a evolução dos programas e das percepções associadas.

A explicitação das externalidades das atividades agrícolas é importante para que as políticas agroambientais as considerem adequadamente. Os benefícios econômicos das externalidades positivas estão amplamente evidenciados (DOBBS & PRETTY, 2008; TEEB, 2009), justificando o esforço de explicitação. Contudo, o uso dessa informação para promover o uso sustentável do capital natural pela agricultura deve envolver diferentes estratégias e incentivos positivos ou negativos. No Brasil, incentivos negativos na forma de legislação punitiva já focam algumas questões como mata ciliar ou uso de agroquímicos. Por outro lado, pesquisa e extensão sobre as melhores práticas agrícolas (mais sustentáveis), inclusive as que promovem o SPDQ, há tempo existem, porém com limitado sucesso de sua adoção na plenitude. Razões para isso já foram discutidas anteriormente na introdução do presente trabalho, mas a essas deve ser acrescentada a inexistência, em nível nacional ou regional significativo, de incentivos positivos na forma de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

PSA pode ser definido como uma transação voluntária na qual um serviço ambiental bem definido, ou um uso da terra que gere esse serviço, é comprado ou remunerado por, ao menos, um comprador de, ao menos, um provedor desse serviço se, e somente se, o provedor assegurar a sua provisão (ENGEL *et al.*, 2008). Então, PSA se aplica nos casos em que ecossistemas não estão sendo manejados visando as externalidades positivas ou benéficas e outras estratégias voluntárias não foram, ou provavelmente não serão, bem sucedidas (PAGIOLA & PLATAIS, 2007). São casos em que treinamento ou conscientização provavelmente são insuficientes para a adoção das práticas com externalidades positivas, pois mesmo a conscientização sobre os benefícios a outros deve pesar pouco na tomada de decisão, exceto para os mais altruístas dos atores. Esses argumentos se aplicam quase perfeitamente à questão da baixa adoção do SPDQ no Brasil

Nós argumentamos que a situação prevalente do SPD no Brasil indica que os produtores estão praticando o que lhes parece correto financeiramente em curto prazo, sem considerar possíveis externalidades. A involução do SPD é produto de mais de uma década de complacência dos responsáveis pelas políticas agroambientais, para os quais parece que apenas o nível de adoção do SPD é o indicativo suficiente para a sustentabilidade do sistema. Além disso, para a cultura de verão prevalente, a adoção da soja com tecnologia RR simplificou o controle das plantas espontâneas, retirando a necessidade de rotações para tal, na percepção dos agricultores e técnicos sem uma visão da sustentabilidade em longo prazo. Isso significa que não é simples ou fácil afastar os produtores das práticas agora rotineiras e voltar aos sistemas mais diversificados e que exigem gestão mais aprimorada. Para isso, é necessário o devido capital social para dar suporte ao movimento dos produtores em direção aos sistemas de produção integrados e mais complexos que geram o SPDQ, através das redes de apoio oficial e privada, das forças de mercado e dos grupos

de suporte. Portanto, um PSA apenas não deve ser suficiente para reverter a atual conjuntura, devendo fazer parte de um conjunto de outras ações estrategicamente coordenadas, envolvendo atores diversos, que visem a adoção ampla do SPDQ que, ao final, beneficia a todos.

Qualidade do SPD

O termo “qualidade” refere-se às características de um produto ou serviço que dão sustentação à sua habilidade em satisfazer necessidades especificadas ou implícitas⁷. A partir desse conceito genérico, KARLEN *et al.* (1997) definem “*qualidade do solo*” como a capacidade de um solo, seja em ecossistemas naturais ou antropizados, em sustentar a produtividade das plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água, e prover suporte à saúde e habitação humanas. Essa definição identifica as necessidades que são satisfeitas – a manutenção da produtividade e a geração de externalidades positivas. Assim, faz uma referência explícita aos serviços ambientais que o manejo do solo pode auferir.

A definição de qualidade de solo, contudo, aplica-se a qualquer uso e manejo. Usando essa definição como base, mas com o objetivo de focar o SPD, apenas propomos que a sua qualidade (SPDQ) seja definida como “*a capacidade de uma gleba sob SPD em manter a produtividade agrícola e pecuária, enquanto mantém ou melhora a qualidade do solo, da água e do ar*”. Essa definição carrega consigo a definição da qualidade de solo, porém a complementa considerando o solo inserido na gleba agrícola, a qual é um elemento da paisagem, portanto tridimensional, e implicitamente modificada por ação antrópica.

Diversos trabalhos brasileiros analisam a qualidade de sistemas de cultivo usando indicadores da qualidade de solo determinados diretamente através de amostragem (COSTA *et al.*, 2006; CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; MENDES *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2010). Os métodos permitem auferir esta qualidade corretamente, porém são relativamente morosos e de alto custo, essencialmente de caráter experimental. Com o intuito de simplificar a determinação da qualidade de solo, AMADO *et al.* (2007) compararam um kit de análise expedita da qualidade de solo com os métodos tradicionais, nos mesmos experimentos de CONCEIÇÃO *et al.* O kit produziu resultados similares aos métodos tradicionais, contudo ainda exigindo amostragem do solo. Portanto, índices de qualidade do solo baseados em amostragem física são, na atual conjuntura, inviáveis como indicadores da qualidade do Plantio Direto para uso intensivo em programas de incentivo ao SPDQ.

Nos Estados Unidos, além dos indicadores baseados em amostragem específica, outros indicadores mais simplificados têm sido sugeridos e testados (WIENHOLD *et al.*, 2008). Dentre eles, o Índice de Condicionamento do Solo (ICS) (USDA-NRCS, 2002) tem recebido atenção pela sua relativa simplicidade, não sendo baseado em amostragem e tendo apenas três componentes – matéria orgânica produzida ou adicionada, efeito das operações de preparo ou semeadura sobre a matéria orgânica, e erosão estimada por modelo matemático, cada um com funções específicas para a sua determinação. O ICS basicamente avalia o efeito de longo prazo das práticas agrícolas sobre a matéria orgânica, em um determinado regime climático.

As funções e pesos para o cálculo dos indicadores devem ser baseados em experimentos de longo prazo, no qual o teor de matéria orgânica tenha sido monitorado em função dos diferentes sistemas de cultivo e rotações. Seu cálculo, em condições práticas, baseia-se em dados das espécies cultivadas e suas produtividades, tipo e sequência de operações e

7 American Society for Quality, <http://asq.org/glossary/q.html> (acessado em 12/10/2010)

estimativa da erosão, tudo com forte dependência de bancos de dados regionais. Comparações do ICS com índices baseados em amostragem do solo, para avaliar a qualidade de solo, revelou que o ICS teve desempenho similar aos índices mais sofisticados e de maior custo (KARLEN *et al.*, 2008; ZOBECK *et al.*, 2008). Os primeiros autores sugeriram o uso do ICS dentro de estratégias de valoração das melhores práticas de manejo em bacias hidrográficas. ZOBECK *et al.* também ressaltaram que o ICS visa o futuro, enquanto índices baseados em amostragem se aplicam às práticas do passado. FRANZLUEBBERS *et al.* (2009) demonstraram que o ICS pode ser usado para estimar o teor de matéria orgânica do solo, após calibração regional, o que o torna um índice potencialmente útil na quantificação dos efeitos do SPDQ como sumidouro de carbono.

Considerando a importância da matéria orgânica como um robusto indicador da qualidade de solo para sistemas de cultivo no Brasil (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; MELLEK *et al.*, 2010), o ICS potencialmente pode ser um índice prático para a avaliação do SPDQ, provavelmente associado a outros. Contudo, para isso é necessário adaptá-lo e validá-lo usando resultados experimentais disponíveis, construir os bancos de dados para fácil acesso e validar o modelo matemático de erosão que o compõem, a Equação Universal de Perda de Solos Revisada, versão 2 (RUSLE2, da abreviatura em inglês). Assim sendo, em curto prazo, o ICS ainda não é aplicável praticamente no Brasil. Além disso, a avaliação do SPDQ, pela própria definição proposta, mesmo sendo em grande parte calcada na qualidade de solo deve ir além, considerando a posição da gleba agrícola na encosta. Assim, não foi identificado um índice existente que pudesse ser usado imediatamente para a avaliação do SPDQ. Por isso, um novo índice será proposto mais adiante.

Escalas de visão

As questões da multifuncionalidade da agricultura e sua relação com o SPQD não devem ficar restritas à gleba agrícola e suas eventuais externalidades. Esta visão da gleba como componente de uma encosta, mesmo espacialmente mais ampla do que a visão pontual, ainda é apenas uma parte de uma visão estratégica mais ampla necessária para afetar positivamente uma bacia hidrográfica. Iniciativas que visem manter ou aumentar a sustentabilidade da agricultura intensiva, simultaneamente maximizando suas externalidades positivas, devem desenvolver indicadores de sua eficácia dentro de uma hierarquia espacial. Através de um banco de dados geoespacial, um índice de propriedade pode ser gerado proporcionalmente a partir dos índices individuais das glebas e, similarmente, um índice da bacia hidrográfica pode ser gerado a partir do índice das propriedades.

Estes índices espacialmente hierárquicos devem refletir os efeitos da adoção das diversas melhores práticas, agregados em nível de pequena bacia hidrográfica. Isto tem como objetivo avaliar explicitamente as externalidades destas melhores práticas e assim servir de validação para programas de incentivo a elas, além de motivar e orientar os atores envolvidos. Sua avaliação, para ser praticamente viável, deve depender o menos possível de monitoramento físico complexo, de alta frequência e/ou de alto custo. Sua validação e transformação em valores quantitativos, contudo, exige a aplicação de modelos matemáticos.

Para a bacia hidrográfica, a avaliação de bioindicadores também é provavelmente viável porque tem metodologias relativamente simples e, devido a sua característica de integrar os efeitos no tempo, necessitam de baixa frequência amostral. A população e a diversidade de espécies de minhocas são importantes indicadores da qualidade do solo das encostas de uma bacia (BARTZ *et al.*, 2010). Estes indicadores podem ser usados

como validadores das ações através de amostragem estatística. Similarmente, a população e a diversidade de espécies dos macroinvertebrados bentônicos (MIB) permitem uma avaliação robusta da qualidade da água em pequenas bacias (KÖNIG *et al.*, 2008; COLPO *et al.*, 2009). Sua relativa simplicidade, além do baixo custo, permite que as próprias comunidades realizem esse monitoramento, empoderando assim os atores locais, como vem sendo praticado pelo Programa Cultivando Água Boa da ITAIPU Binacional⁸.

Estratégias de ação para promover o SPDQ

SPDQ, como toda a agricultura conservacionista, é um sistema complexo e que requer conhecimentos intensivos e integrados para o seu manejo correto (KASSAM *et al.*, 2009). A sua adoção em larga escala, de modo a criar impactos regionais ou nacionais significativos, requer uma complementação dinâmica entre políticas de incentivo e suporte institucional aos produtores e à cadeia de fornecedores. Somente assim é possível que todos os atores operem, de maneira convergente e complementar, com o objetivo comum de transformar o SPD atual em SPDQ, de modo a assegurar a sustentabilidade da agricultura intensiva e prover serviços ambientais regionalmente relevantes.

A cooperação entre a Itaipu Binacional, o IAPAR e a FEBRAPDP produziu, até agora, um estoque de tecnologias validadas regionalmente, tanto do ponto de vista agrônomo quanto econômico, além de sugestões de estratégias de disseminação do conceito do SPDQ (PASSINI, 2006). O desafio, agora, é transformar esse conhecimento acumulado em uma estratégia de alta eficácia e baixo custo. Eficácia aqui significa um número substancial de propriedades, agrupadas em pequenas bacias hidrográficas, adotando as melhores práticas de manejo para o SPDQ, assim trazendo as suas externalidades positivas à região.

Estratégias comprovadamente eficazes na promoção de mudanças duradouras, em comunidades rurais, compartilham de duas características importantes:

(1) *Participação e mobilização comunitárias*: essa deve ser a espinha dorsal de qualquer estratégia de mudança e envolve o estabelecimento de grupos nas comunidades capacitados para que os próprios participantes possam aprimorar a sua condição social e econômica através da ação coletiva. Tais capacidades devem ser construídas de forma participativa, através de ideias, iniciativas e ações dos próprios membros do grupo. Diversas ações do Programa Cultivando Água Boa, da ITAIPU Binacional, têm essa característica. Operacionalização dessa estratégia e casos de sucesso são descritos e analisados, por exemplo, em UPHOFF (1989) e THOMPSON e PRETTY (1996).

(1) *Autoavaliação*: a realização de avaliações pelo próprio grupo, além de caracterizar o estado atual de um sistema de cultivo, por exemplo, o SPD, aumenta o entendimento e a familiaridade com seus efeitos e mecanismos interativos. KERANEN (2003) também argumenta que a autoavaliação é uma maneira rápida e de baixo custo de melhorar a qualidade das operações em foco. Um exemplo de autoavaliação apropriado ao tema deste projeto é a certificação participativa de produtos agroecológicos, proposta pela Rede Ecovida⁹ que, além de assegurar a qualidade, respeita e valoriza a cultura da comunidade local.

8 <http://www.itaipu.gov.br/meioambiente/monitoramento-e-avaliacao-ambiental>, acessado em 06/10/2010.

9 "Construindo a certificação participativa em rede no Brasil". Cartilha para subsidiar oficinas locais. Rede Ecovida. <<http://www.aaccrn.org.br/docs/certificacao.pdf>> (acessado em 08set08)

Aqui é importante expandir o conceito de “*certificação participativa*”. A Rede Ecovida o define como “...um sistema solidário de geração de credibilidade, onde a elaboração e a verificação das normas de produção ecológica são realizadas com a participação efetiva de agricultores e consumidores, buscando o aperfeiçoamento constante e o respeito às características de cada realidade.”¹⁰ A cartilha da Rede aponta diversas limitações da certificação por auditoria, a tradicionalmente usada para produtos orgânicos, das quais destacamos o alto custo e a não participação dos atores principais.

A certificação de um SPD como sendo com qualidade tem atores e interesses diferentes daqueles da certificação como produto agroecológico. Contudo, alguns dos princípios da certificação participativa podem ser usados, notadamente aqueles relacionados à documentação mínima, baixa necessidade de capacitação especializada, valorização do produtor como ator principal, baixo custo, foco no processo e efeito multiplicativo.

Nesse contexto, é importante ressaltar que a certificação participativa, para ser bem sucedida, deve ter um grande objetivo que motive a participação e a necessária organização dos participantes. No caso dos produtos agroecológicos, é a promoção do conceito da agroecologia, com a consequente diferenciação mercadológica dos produtos. No caso do SPDQ, apenas a promoção do conceito e dos aspectos de sustentabilidade não devem ser suficientes, pois isso é o que tem sido feito até agora, sem sucesso. Apesar dos benefícios diretos ao produtor em longo prazo, devem ser adotados outros motivadores, por parte dos beneficiados regionais, dentro das atividades do programa ora proposto. O reconhecimento do SPDQ como um PSE seria um passo essencial nesse sentido.

Índice de qualidade para o SPD

Índices de qualidade do solo são construídos a partir de indicadores, os quais são determinados por funções (ANDREWS *et al.*, 2002). Essa estratégia deve orientar também a construção de um índice para o SPDQ. Como início do processo de seleção desses indicadores, aqueles listados pela cooperação Itaipu e IAPAR¹¹, com eventuais inclusões e modificações, podem ser associados às melhores práticas de manejo. Essas práticas, por sua vez, podem ser agrupadas pela sua relação aos serviços ambientais da agricultura (HILLIARD e REEDYK, 2007). Aqui são descritas práticas agrupadas como referência conceitual para os indicadores:

- *Gerenciamento de nutrientes* – para evitar excessos, mas garantindo produtividades economicamente ideais;
 - Aplicação de fertilizantes e esterco baseada em balanço de nutrientes;
 - Contabilização do Nitrogênio eventualmente fixado;
 - Rotação de culturas visando a exploração de diferentes camadas do solo pelas raízes;
 - *Controle integrado de pragas, doenças e plantas espontâneas* – para minimizar a necessidade de agroquímicos para o controle de pragas e doenças;
 - Uso de rotações com espécies diversas;
 - Uso de culturas de cobertura adequadas que reduzam o banco de sementes de plantas espontâneas ou a sua população por alelopatia;
 - *Controle da erosão e da enxurrada* – para evitar danos à gleba e o carreamento de poluentes aos cursos de água;

10 Site da Rede Ecovida <http://www.ecovida.org.br/?sc=SA002&stp=STP0002>, acessado em 12set08.

11 Documento sem autor, intitulado “Indicadores para qualificação da prática do plantio direto na palha em propriedades rurais”, ITAIPU Binacional/IAPAR, de 02/08/2005, 8 p.

- Uso de terraços dimensionados corretamente;
- Uso de semeadoras com unidades de semeadura e adubação que minimizem o revolvimento do solo e da palhada;
- Uso de rotação e culturas de cobertura que maximizem a produção de palhada duradoura;
- Controle da compactação, através do uso de culturas de cobertura com raízes pivotantes na rotação, redução de tráfego sobre a lavoura quando molhado e durante a colheita.

Os indicadores devem ser construídos para serem de fácil entendimento pelo produtor, que se autoavaliará, e de fácil verificação pelos técnicos, que validarão e complementarão o processo. Um mesmo indicador pode servir a mais de um dos grupos de serviços ambientais, como é o caso da rotação de culturas com a inclusão de culturas de cobertura, que serve aos três grupos de práticas. Cada indicador deve ter um valor e um peso associado ao grupo de serviços para expressar a sua importância relativa no contexto geral. Esse processo não é necessariamente objetivo, mas deve refletir a percepção dos envolvidos no processo.

- O foco do índice é ambiental para maximizar o retorno em serviços ambientais, apesar do reconhecimento da importância de outros indicadores. Isso é necessário para simplificar os procedimentos e, assim, reduzir custos, enquanto atende explicitamente aos interesses: (1) da Itaipu Binacional em assegurar água em quantidade e com qualidade; (2) da comunidade mundial ao aumentar o sequestro de carbono, e (3) do produtor ao assegurar sua sustentabilidade, inclusive econômica. Especificamente, os indicadores potenciais devem:
 - Ter sido validados pela experiência regional, através das ações da Itaipu Binacional e IAPAR;
 - Ser baseados em uma referência, que é o conjunto de melhores práticas apropriadas às condições locais de solo, topografia e clima; o valor do indicador, então, é uma medida relativa da distância à referência;
 - Ser de baixo custo, de fácil aquisição e não-sazonais;
 - Ser específicos do SPD de uma gleba, ou seja, não relacionados a outros fatores de produção;
 - Ser determinados sem a necessidade de amostragem física;
 - Ser adaptados às condições ambientais e de uso e manejo locais;
 - Ser individualmente associados a níveis de criticidade, de modo a nortear as prioridades para ações corretivas.

Essas considerações e as bases conceituais discutidas anteriormente foram as bases para as discussões entre os técnicos e a participação dos produtores para gerar a proposta de um índice que, pelo objetivo e forma de aplicação, é denominado de Índice de Qualidade Participativo (IQP).

O trabalho piloto com os agricultores, em seis microbacias designadas pelo Programa Cultivando Água Boa, da Itaipu Binacional, iniciou com reuniões dos comitês gestores dos municípios e, a seguir, com os agricultores dessas microbacias, moderadas pelos técnicos do projeto. Nessas reuniões, os agricultores discutiam, em linguagem apropriado, os pilares da sustentabilidade do SPD e auxiliaram a construir coletivamente um questionário que, após uma aplicação piloto, sofreu ajustes para gerar o questionário diagnóstico (Anexo A)

Além das perguntas do questionário, os agricultores e técnicos discutiram e chegaram a um consenso sobre as origens dos indicadores que deveriam compor o IQP, bem como sua importância relativa, embasados nas premissas dos indicadores já descritas e discutidas. Conforme sua origem, os indicadores foram agrupados por sua relação com (1) a rotação de culturas, (2) o revolvimento do solo, (3) a conservação do solo e da água, (4) a nutrição das plantas e (5) o comprometimento do agricultor com o SPD.

Construção do índice

O Índice de Qualidade Participativo (IQP) é construído a partir de indicadores relacionados direta ou indiretamente aos quatro pilares do SPDQ. Cada indicador tem seu valor estimado proporcionalmente a partir de uma referência regional, sendo então uma distância relativa a uma situação considerada ideal. O valor dessa referência é estabelecido a partir de experimentos e experiência regionais, através do trabalho participativo de produtores e técnicos.

Os indicadores também são associados a valores considerados críticos, que podem então ser usados para priorizar e direcionar as ações corretivas. Esses valores são estabelecidos subjetivamente e devem ser reavaliados periodicamente conforme o SPDQ evolui em determinada região. A descrição dos indicadores e seus valores de referência e críticos para a região Oeste do Paraná serão apresentados e discutidos a seguir.

Rotação das culturas

A importância da diversidade de espécies cultivadas em sequência e da manutenção de cobertura permanente do solo, através da vegetação viva ou da palhada, ambas atingidas através da rotação adequada de culturas comerciais e de cobertura, é amplamente discutida por vários autores e publicações (e.g. CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; MEDEIROS e CALEGARI, 2006; BOLLIGER *et al.*, 2006; KARAM *et al.*, 2009). A rotação de culturas é um dos pilares do SPD devido a seus vários efeitos sobre plantas espontâneas, pragas, doenças, biodiversidade, matéria orgânica do solo, propriedades físicas e químicas do solo.

Para capturar os efeitos da rotação, independente das espécies individuais possíveis de serem utilizadas regionalmente, esses foram agrupados em grupos funcionais:

1) Intensidade da rotação (IR)

Esse indicador é para avaliar o grau de cobertura viva durante um determinado período. Independente da espécie, a simples presença de cultura viva significa (a) maior proteção à superfície e (b) a produção frequente de nova palhada para repor a anterior que se decompõe com o tempo. Além disso, a presença quase permanente de raízes vivas preserva macroporos e cria novos, além de promover ambiente propício à reciclagem dos nutrientes, manutenção da biodiversidade da rizosfera e equilíbrio entre as frações mais e menos oxidáveis da matéria orgânica.

É uma proporção entre o número de culturas utilizado (NC) pelo número máximo possível durante um período. Esse período foi arbitrado em três anos, considerando ser esse o tempo que o produtor facilmente se lembrará de suas culturas, mesmo sem um histórico registrado. O valor de referência, o número máximo de culturas, depende do clima regional. Na região, é possível o cultivo de cultura comercial ou de cobertura em todas as safras possíveis: verão (principal), safrinha e inverno, ou seja, três safras por ano, duas comerciais e uma de cobertura. Então, a referência para o NC é de nove culturas (Tabela 2).

2) Diversidade da rotação (DR)

Avalia o grau de diversidade presente na rotação, devido a sua importância para a minimização de problemas, como pragas e doenças, e a exploração, pelas raízes, de diferentes volumes de solo, assim facilitando a reciclagem de nutrientes. Além disso, as culturas de diferentes espécies promovem a diversidade microbiológica (ANDERSON, 2003). A referência de espécies presentes durante um determinado período depende das características de solo e clima de uma dada região agroecológica. Na região, é possível o plantio de uma ampla gama de espécies anuais. Contudo, as culturas comerciais mais comuns são a

soja, o milho e o trigo (SIQUEIRA e CASÃO JR, 2006). Para culturas de cobertura, MEDEIROS e CALEGARI (2006) apontam sete espécies de inverno e seis de verão. Além disso, experiência recente¹² indica ser possível o uso da braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) em consórcio com o milho safrinha, o que tem trazido bons resultados no controle do *Fusarium* (LOUZADA et al., 2005) e para a acumulação de matéria orgânica (BEUTLER et al., 2010), em outras regiões. Apesar da grande diversidade de espécies possíveis, especialmente as de cobertura, a referência regional arbitrariamente sugerida é de quatro espécies em um período de três anos, em razão do uso comum de apenas poucas espécies. Esse indicador, então, é calculado como uma proporção entre o número efetivo de espécies presentes na rotação (CD) sobre o número de referência de quatro (Tabela 2).

3) Persistência da palha (PR)

Avalia o grau de persistência ou durabilidade da palha na superfície do solo, pois quanto maior, mais tempo a superfície do solo fica protegida dos efeitos da chuva e da enxurrada, além de reduzir a temperatura dessa superfície, melhorando o ambiente microbiano e para a mesofauna. Esse é um elemento chave para o SPDQ e, junto com cobertura viva, forma um dos pilares de sua sustentabilidade. A durabilidade de uma palhada depende de sua massa inicial, da sua resistência à decomposição, da temperatura e da umidade (LAFLEN et al., 1985). A resistência à decomposição, por sua vez, depende da proporção C:N, sendo maior quanto maior a proporção (GIACOMINI *et al.*, 2003). Por isso, a família das gramíneas (*Poacea*) contém plantas que resultam em palhada de maior persistência. Isso levou a referência regional, arbitrariamente definida, de dois terços das culturas possíveis serem gramíneas. Esse grau de prevalência de gramíneas na rotação é intuitivamente baseado nas condições geralmente favoráveis à decomposição da palhada na região, tipicamente de altas temperaturas e disponibilidade de água adequada. Portanto, esse indicador é calculado como uma proporção entre o número de culturas que são gramíneas (GR) pelo número ideal no período da rotação que é seis (Tabela 2).

ROTAÇÃO (em 3 anos)						
Parâmetro	Ab	Dado de Entrada	Base	Fórmula	Crítico	Ideal
Intensidade	IR	NC = número de culturas em tres anos (exceto pousio)	9 = número de culturas possíveis em três anos	$IR = NC/9$	NC = 5 IR = 0,56	NC = 9 IR = 1,0
Diversificação	DR	CD = espécies diferentes que ocorrem na rotação	4 = número de espécies ideal em três anos	$DR = CD/4$	CD = 2 DR = 0,5	CD = 3 DR = 1,0
Persistência da palha	PR	GR = número de gramíneas na rotação (exceto gramíneas para fenação ou silagem)	6 = número ideal de gramíneas em três anos	$PR = GR/6$	GR = 3 PR = 0,5	GR = 6 PR = 1,0

Obs: efeito do número de pousios durante o período é coberto por IR

Tabela 2. Determinação do efeito das rotações sobre o IQP

Ausência de preparo do solo

A ausência de preparo é um dos pilares da sustentabilidade do SPD por preservar

12 Mello, I. (comunicação pessoal, 2010) Parcelas experimentais para o dia de campo do 12º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 23 a 25/06/2010, Foz do Iguaçu, PR.

a cobertura do solo pela palhada e minimizar a oxidação da matéria orgânica. Contudo, a percepção incorreta do produtor de que o preparo é necessário após alguns anos de Plantio Direto, devido à compactação ou à presença de plantas espontâneas de difícil controle, tem causado preparo do solo relativamente frequente, normalmente por escarificação. Contudo, é grande o número de evidências indicando que, quanto maior o intervalo entre o preparo do solo, melhor é a sua qualidade (e.g. ASSIS e LANÇAS, 2010). Assim, a frequência do preparo pode ser usada como um indicador inversamente relacionado à qualidade do SPD.

1) Frequência do preparo do solo (FP)

ASSIS e LANÇAS (2010) indicam a estabilização do teor de matéria orgânica com SPD contínuo entre 5 e 12 anos, para solo e clima similares aos da região Oeste do Paraná. Então, sugere-se que esse indicador seja avaliado pela proporção entre o tempo sem preparo efetivo pelo tempo considerado suficiente para a estabilização do sistema, a referência para esse indicador, aqui arbitrado em seis anos ou dois dos períodos usados para a avaliação da rotação. Além disso, na região é relativamente comum o produtor realizar o preparo em área parcial, nas cabeceiras, devido à percepção de que a compactação é maior nas cabeceiras da lavoura onde ocorrem as manobras.

Assim, FP é a proporção entre o intervalo de tempo sem preparo efetivo (IEP), em anos, pelo tempo considerado suficiente para a estabilização do sistema, aqui considerado de seis anos (Tabela 3). Também foi considerado o preparo parcial nas cabeceiras, supondo que essas correspondem a cerca de 20% da área da gleba, o que deixa 80% sem preparo. Então, quando isso acontece, o valor do indicador passa a ser 80% do possível.

PREPARO						
Parâmetro	Ab	Dado de Entrada	Base	Fórmula	Crítico	Ideal
Frequência	FP	IEP = intervalo entre preparos (anos) Sem preparo: IEP = Base Preparo apenas cabeceira: IEP = Base x 0,8 (suposição: 80% da área sem preparo)	6 = número de anos para quase-estabilização do sistema	$FP = IEP/6$	0,5	1,00

Tabela 3. Determinação do efeito da ausência do preparo no IQP

Práticas conservacionistas

As práticas conservacionistas devem evitar a ocorrência da erosão e minimizar a saída da água da gleba por escoamento superficial (CAVIGLIONE *et al.*, 2010). Mesmo as perdas de solo sendo relativamente baixas em SPD sem terraceamento, é necessário maximizar a infiltração de água no solo para maximizar as externalidades positivas do SPD, para com a qualidade da água. As encostas da região Oeste do Paraná são de rampas longas e declividades suaves a onduladas. Essa topografia, associada às erosividades das mais altas do Paraná (WALTRICK, 2010), exige cuidados conservacionistas específicos para evitar a formação e a concentração desse escoamento superficial, facilitando a infiltração de água através do seu armazenamento. A avaliação sobre a adequação das práticas de conservação da água e do solo é feita por dois indicadores:

1) Terraceamento correto (TC)

Esse indicador é avaliado pela presença ou ausência do terraceamento em nível e,

quando presente, pela sua eficácia em conter o escoamento superficial, baseado na frequência do transbordamento, uma forma de avaliar a capacidade dos terraços (Tabela 4). A referência aqui, arbitrária, é de um transbordamento do sistema de terraços a cada 5 anos. Critérios mais precisos existem - como a medição dos espaçamentos e das dimensões dos terraços, as quais necessitam de determinações a campo - o que contraria de uma das premissas para os indicadores;

2) Avaliação da conservação (AC)

Além do terraceamento, outros fatores podem estar afetando a erosão e o escoamento superficial. Na região, semeadura morro abaixo e compactação são fatores facilitadores desses processos, então sua presença ou ausência influencia a conservação do solo. Além disso, outros fatores relacionados à conservação podem estar presentes, resultando na presença/ausência de sinais visíveis de erosão. Assim, esses indicadores do grau de conservação do solo são usados para estimar AC (Tabela 4)

CONSERVAÇÃO (longo prazo)							
Parâmetro	Ab	Com terraços: frequência do transbordamento em 5 anos			Sem terraços	Crítico	Ideal
Terraceamento correto	TC	< 2 vezes	2 ou 3 vezes	> 3 vezes	TC = 0	0,5	1,0
		TC = 1	TC = 0,5	TC = 0			

Tabela 4. Determinação do efeito das práticas conservacionistas no IQP

Nutrição vegetal

A nutrição vegetal deve ser equilibrada para, por um lado, possibilitar altas produtividades das culturas, assim maximizando a produção de biomassa e, por outro, evitar excessos, principalmente do fósforo, para minimizar a possibilidade desse ser carregado pela erosão e escoamento superficial. Na região Oeste do Paraná, existe boa disponibilidade de esterco, cujo uso é benéfico à qualidade do solo (MELLEK *et al.*, 2010). Contudo, esse uso deve ser acompanhado de estratégias do manejo da fertilidade, envolvendo amostragem do solo e, idealmente, o balanço dos nutrientes como critério para a aplicação de fertilizantes.

1) Nutrição equilibrada (NE)

Então, sugere-se que o NE seja baseado no equilíbrio da nutrição, avaliado pela presença/ausência das melhores práticas de nutrição vegetal – uso de esterco animal, aplicação de fertilizante químico e corretivos baseados em análise do solo e balanço de nutrientes (Tabela

NUTRIÇÃO (longo prazo)								
Parâmetro	Ab	Dado de Entrada			Base	Fórmula	Crítico	Ideal
Nutrição equilibrada	NE	Uso estero	Manejo da fertilidade	Balanço dos nutrientes	3 = número de indicadores possível	NE = $\Sigma IN_i/3$	0,3	1,0
		INI = indicador nutrição <i>i</i> Ausente: INi = 0 Presente: INi = 1						

Tabela 5. Avaliação do efeito da nutrição vegetal no IQP

Histórico do produtor

O histórico do produtor com o SPD é importante, porque usualmente, quanto mais tempo praticando o SPD, melhor deve ser a sua qualidade (e.g. SÁ *et al.*, 2001; SIQUEIRA NETO *et al.*, 2010).

1) Histórico do produtor (HC)

Esse indicador, então, é avaliado como uma proporção do tempo, em anos, em que o produtor pratica o SPD em proporção ao maior tempo identificado na região, de modo a regionalizar o índice e adequar aos diferentes tempos de início do SPD nas diferentes regiões. No caso do Oeste do Paraná, foi estabelecido o valor de 22 anos (Tabela 6)

HISTÓRICO							
Parâmetro	Ab	Dado de Entrada	Base	Fórmula	Crítico	Ideal	
Histórico do produtor	HC	T = Tempo praticando PD (anos)	22 = tempo praticando PD mais longo identificado regionalmente	HC = T/22	0,3	0,6	

Tabela 6. Avaliação do efeito do histórico da gleba no IQP

Formato do IQP

O IQP é calculado pela somatória dos indicadores multiplicados pelos respectivos pesos, de modo a gerar valores de 0 a 10, grandezas de fácil entendimento pelos produtores. Sua fórmula é

Os indicadores (I_i) e os respectivos fatores de ponderação (f_i) são mostrados na Tabela 7. Os fatores de ponderação devem ser regionalizados e decididos através de uma análise subjetiva da importância relativa de cada indicador para o SPDQ regional.

Indicadores		Fator de ponderação
Abreviatura	Descrição	
IR	Intensidade da rotação	1,5
DR	Diversidade da rotação	1,5
PR	Persistência dos resíduos	1,5
FP	Frequência do preparo	1,5
TC	Terraceamento correto	1,0
AC	Avaliação da conservação	1,0
NE	Nutrição equilibrada	1,0
HC	Histórico de comprometimento do produtor	1,0

Tabela 7. Descrição dos indicadores e respectivos fatores de ponderação para o IQP

Resultados iniciais

Os dados básicos são oriundos da aplicação de um questionário, descrito no *Manual da Metodologia Participativa de Avaliação da Qualidade do Sistema Plantio Direto na Bacia do Paraná 3*, aplicado no primeiro semestre de 2010 em bacias designadas pelo programa Cultivando Água Boa. Esses dados foram compilados, os indicadores gerados conforme descrito acima e o IQP calculado (Tabela 7).

Os valores de IQP apresentaram boa amplitude, com o menor valor sendo 4,8 e o maior 9,7, indicando ser um índice capaz de diferenciar nitidamente o SPD praticado pelos produtores. O indicador com maior frequência de casos críticos é o TC, com 52%. Isso sugere que as questões relativas ao terraceamento devem ser priorizadas nas microbacias estudadas, exceto nas bacias Toledo e Facão Torto. Em seguida, os indicadores DR e PR aparecem como críticos em 32% dos casos, demonstrando que também a diversidade das culturas em rotação e a persistência da palhada gerada merecem atenção para sua melhoria. Essa análise rápida demonstra a utilidade dos indicadores para nortear as ações de extensão visando a eliminação dos níveis críticos.

O ordenamento do IQP, por microbacia e geral, permite identificar inequivocamente os produtores com SPD de melhor qualidade, permitindo o seu reconhecimento. Também permite identificar as microbacias nas quais os produtores praticam o SPDQ de melhor qualidade. Em ordem decrescente, o valor médio do IQP por bacia foi:

Toledo – 8,4;

(1) Pacuri – 7,5;

(2) Buriti – 7,5;

(3) Facão Torto – 7,0;

(4) Ajuricaba – 6,9; e

(5) Sanga Mineira – 5,8.

Esses resultados apontam como microbacias prioritárias para ações corretivas a da Sanga Mineira e do Rio Ajuricaba, enquanto que a do Rio Toledo tem a menor prioridade. Dessa maneira, fica evidenciada a importância do IQP como ferramenta de detecção do tipo e grau de problemas que conduzem ao SPD de baixa qualidade e, a partir disso, determinar as ações e bacias prioritárias. Isso permite a implementação de programas que incluem o SPDQ como estratégia para provocar externalidades positivas, ao mesmo tempo em que mantém ou aumenta a produtividade da agropecuária.

PRODUTOR	MICROBACIA	INDICADORES										IQOP	ORDEM	
		IR	DR	PR	FP	TC	AC	NE	HC	MICROBACIA	GERAL			
		RENATO ALLEGRETTI	0,89	1,00	0,83	1,00	0,50	0,75	1,00	0,59	8,4		2	7
RUDI BONATO	0,67	0,50	0,50	0,42	0,50	0,75	0,67	0,82	5,9	4	22			
CLETO	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,59	8,9	1	3			
WALMORS HOEWANN	0,78	0,75	0,67	0,75	0,50	0,50	0,67	0,68	6,8	3	19			
ADEMIR NEUFELD	0,78	0,75	0,50	0,42	0,00	0,50	0,67	0,36	5,2	4	24			
VILSON STRACH	0,78	0,75	0,67	1,00	0,00	0,75	0,67	0,68	6,9	3	18			
ODACIR RUPULO	0,89	0,50	0,83	1,00	0,50	1,00	0,67	0,68	7,7	2	10			
EUGENIO JOSÉ WOLFER (Só pastagem)	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	0,75	0,67	0,50	7,8	1	8			
HÉLIO LUIZ VOGT	0,67	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	0,36	7,3	2	14			
MARCOS JOSÉ STRACH	0,89	1,00	0,67	0,75	0,50	0,75	0,67	0,68	7,6	1	11			
PAULO JOSÉ BACK	0,67	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	0,33	0,50	6,1	4	21			
CARLOS GALLAS	0,67	0,50	0,50	1,00	1,00	0,75	0,67	0,50	6,9	3	17			
AQUILES ORLANDO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	9,7	1	1			
CELSO ISOTON	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	9,3	2	2			
GERALDO WEICHEIMER	0,78	1,00	0,83	0,75	1,00	1,00	0,67	0,91	8,6	4	5			
GILBERTO ORLANDO	0,78	0,75	0,67	1,00	0,50	0,75	0,67	0,73	7,4	7	13			
MARCOS LUCINI	0,78	0,75	0,67	1,00	1,00	0,50	0,67	0,82	7,8	5	9			
NATALICIO CAPELLETTI	0,89	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	0,68	8,7	3	4			
ROQUE LUCINI	0,67	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	0,67	0,80	7,5	6	12			
EDSON FRANZ	0,78	1,00	0,50	1,00	0,50	0,75	0,33	0,68	7,2	1	16			
ARTUR AVILA	0,89	0,75	0,17	0,42	0,00	0,75	0,67	0,05	4,8	3	25			
OSMAR RECHI	0,67	0,75	0,50	0,75	0,00	0,50	0,67	0,36	5,5	2	23			
MILTON DILLMANN	0,78	0,50	0,67	1,00	0,50	1,00	0,67	0,68	7,3	2	15			
ILARIO HOLZ WENDLING	0,89	0,75	0,83	1,00	1,00	1,00	0,67	0,59	8,5	1	6			
VALTER JOSÉ ENGELMANN	0,89	0,75	0,50	0,80	0,50	0,50	0,67	0,59	6,7	3	20			

Tabela 7. Resultado dos indicadores e índice para o SPDQ de produtores da região da Bacia Paraná 3, Oeste do Paraná, com os valores dos indicadores mostrando situação crítica (vermelho), ideal (verde) ou intermediária (sem cor)

Conclusão

O IQP está sendo proposto como um índice para avaliar a qualidade do SPD, de modo a identificar os produtores cujo uso e manejo das suas glebas resultem em um SPD com externalidades positivas e cujo sistema de cultivo seja sustentável em longo prazo. Seu conceito e estratégia de aplicação foram baseados na ampla literatura existente no Brasil, com alguma contribuição de outros países. Os indicadores foram sugeridos baseados em premissas que facilitassem sua obtenção, ao mesmo tempo em que mantinham a qualidade da informação associada. As sugestões resultaram nos indicadores efetivamente utilizados através do consenso entre técnicos e produtores sobre sua validade e viabilidade.

O teste de aplicação do IQP revelou que o índice foi capaz de diferenciar seguramente a qualidade do SPD entre produtores. Isso possibilitou a sua ordenação segura e identificou os indicadores com valores mais críticos, de modo a direcionar as ações corretivas. Similarmente, possibilitou a identificação das microbacias prioritárias para as ações corretivas e aquelas nas quais os produtores tinham a melhor qualidade e, provavelmente, têm contribuição maior para as externalidades positivas.

Literatura Citada

- ALVES SOBRINHO, T. *et al.* Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. *Rev. bras. eng. agríc. Ambient.*, 7: 191-196, 2003.
- AMADO, T. *et al.* Qualidade de solo avaliada pelo “Soil Quality Kit Test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:109-121, 2007.
- ANDERSON, T.H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98, 285–293, 2003.
- ANDREWS, S.S., KARLEN, D.L. e MITCHELL, J.P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90(1):25-45, 2002.
- ASSIS, R.L. e LANÇAS, K.P. Agregação de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Eng. Agríc.* 30(1):58-66, Jaboticabal, 2010.
- BARCELOS, A.A., CASSOL, E.A. e DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um Latossolo Vermelho-Escuro sob condições de chuva em diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 23:35-43, 1999.
- BARTZ, M.L.C., BROWN, G.G. e PASINI, A. Minhocas como bioindicadores de qualidade do SPPD. Amostragem preliminar – fevereiro de 2010. Relatório, 31 p. PROGRAMA DE ESTÍMULO À QUALIDADE DO PLANTIO DIRETO NA PALHA NA BACIA HIDROGRÁFICA PARANÁ 3. FEBRAPDP/ITAIPU Binacional, 2010.
- BOLLIGER, A. *et al.* Taking stock of the Brazilian “Zero-Till Revolution”: a review of landmark research and farmers’ practice. *Advances in Agronomy* 91:47-64, 2006.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. E LEVIEN, R. Comprimento crítico de declive em sistemas de preparo conservacionista de solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 21:139-148, 1997.
- BERTOL, O. J. *et al.* Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:781-792, 2007
- BEUTLER, S.J. *et al.* Frações de carbono orgânico oxidável em Latossolo sob sistema plantio direto no Cerrado goiano. *Anais / FERTBIO 2010, Guarapari – ES, Brasil*, 13 a 17 de setembro de 2010, Centro de Convenções do SESC.
- CASÃO JR., R. *et al.* (ed). Sistema Plantio Direto com Qualidade. IAPAR/ITAIPU Binacional, Londrina/Foz do Iguaçu, 2006.
- CAVIGLIONE, J.H. *et al.* Espaçamentos entre terraços em plantio direto. IAPAR. Boletim técnico, 71, Londrina: IAPAR, 2010.
- COLPO, K.D., BRASIL, M.T. e CAMARGO, B.V. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e peles de origem urbana/industrial. *Cienc. Rural* 39(7): 2087-2092, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000161.
- CONCEIÇÃO, P.C. *et al.* qualidade de solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:777-788, 2005.
- COSTA, E.A., GOEDERT, W.J. e SOUZA, D.M.G. qualidade de solo submetido a siste-

- mas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesq. agropec. Bras.* 41(7):1185-1191, 2006.
- DERPSCH, R. e FRIEDRICH, T. Development and Current Status of No-till Adoption in the World. Proceedings on CD, 18th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO), June 15-19, 2009, Izmir, Turkey
- DOBBS, T. e PRETTY, J. N. Agri-environmental stewardship schemes and 'multifunctionality'. *Review of Agricultural Economics* 26(2), 220-237, 2004.
- ENGEL, S., PAGIOLA, S. e WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics* 65:663-674, 2008.
- FENDRICH, R. Chuvas intensas para obras de drenagem do Estado do Paraná. Curitiba: Champagnat, 99 p., 1998.
- FRANZLUEBBERS, A.J. et al. Calibration of the soil conditioning index (SCI) to soil organic carbon in the southeastern USA. *Plant Soil* DOI 10.1007/s11104-010-0310-9, 2010.
- GIACOMINI, S.J. *et al.* Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:325-334, 2003.
- HILLIARD, C. e REEDYK, S. Agricultural best management practices. Agriculture and Agri-Food Canada, 2007. <<http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/displayafficher.do?id=1197485172103&lang=e>>. Acesso em: 12set08.
- LAFLEN, J.M., FOSTER, G.R. e ONSTAD, C.A. Simulation of individual-storm soil loss for modeling the impact of soil erosion on crop productivity. Individual-storm soil loss. Chapter 26. *In: Soil Erosion and Conservation*. S.A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer, and Andrew Lo, eds. Soil Conservation Society of America. Ankeny, IA. pp. 285-295. 1985.
- LOUSADA, G.A.S. et al. Efeito da rotação de culturas sobre *Fusarium* spp e atividade microbológica em uma área de integração lavoura-pecuária. *Anais / CONAFE, VIII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, Goiânia, GO, 18 a 20/10/2005*. - Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.
- LUCIANO, R.V. *et al.* Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. *R. Ci. Agrovet.* 9:09-19, 2010.
- LYON, D., *et al.* Achievements and Future Challenges in Conservation Tillage. *In "New Directions for a Diverse Planet"*. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. Published on CDROM. www.crops-science.org.au 2004.
- KERANEN, H. Self-evaluation workbook for local action groups. Ministry of Agriculture and Forestry, Helsinki, 2004. pp 37. <<http://www.docstoc.com/docs/972471/Self-evaluation-workbook-for-LAGs>> (acessado 05set08).
- KARLEN, D.L. *et al.* Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (A guest editorial). *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:4-10, 1997.
- KASSAM, A. *et al.* The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(4):292-320, 2009.

- KÖNIG, R. *et al.* Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 3(1): 84-93, 2008.
- MACHADO, J.A. Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo. Tese (livre docência). UFSM, Santa Maria, RS, 1976.
- MELLO, I. e VAN RAIJ, B. No-till for sustainable agriculture in Brazil. *Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv.*, P1:49-57. 2006.
- MEDEIROS, G.B. e CALEGARI, A Rotação de culturas. *In CASÃO JR., R. et al.* (ed). Sistema Plantio Direto com Qualidade. Iapar/Itaipu Binacional, Londrina/Foz do Iguaçu, 2006.
- MENDES, I.C. *et al.* Cálculo de um índice de qualidade de solo para diferentes agroecossistemas do Cerrado. Anais, IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Brasília, 2008.
- MELLEK, J.E. *et al.* Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. *Soil Tillage Res.* 110: 69–76, 2010.
- NICODEMO, M.L.F. *et al.* Conciliação entre produção agropecuária e integridade ambiental: o papel dos serviços ambientais. (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste, 82) 72 p. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. <<http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/documentos82.pdf/view>>
- PAGIOLA, S. e PLATAIS, G. Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. World Bank, Washington, 2007.
- PASSINI, J.J. Operação de comunicação do plantio direto com qualidade. *In CASÃO JR., R. et al.* (ed). Sistema Plantio Direto com Qualidade. Iapar/Itaipu Binacional, Londrina/Foz do Iguaçu, 2006.
- PECHE FILHO, A. Certificação da qualidade: novo desafio para o plantio direto. <http://www.webartigos.com/articles/18579/1/CERTIFICACAO-DA-QUALIDADE-O-NOVO-DESAFIO-PARA-O-SISTEMA-PLANTIO-DIRETO/pagina1.html#ixzz123tPBk6A>. 2009.
- PTI-CIH. Programa de Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas em Propriedades Rurais – Manual Técnico Operacional, versão 2. 146 p. 2008. Disponível em <http://www.hidroinformatica.org.br/saoFrancisco/arquivos/59c0ede78bb7aeb174b41bb993d291b348c859b078060.pdf>. (acessado 12set08)
- PANACHUKI, E. *et al.* Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. *Acta Sci. Agron.* 28:129-137, 2006.
- RHEINHEIMER, D.S & ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesq. agropec. Bras.*, 36(1): 151-160, 2001.
- SIQUEIRA, R. e CASÃO JR, R. *In CASÃO JR., R. et al.* (ed). Sistema Plantio Direto com Qualidade. Iapar/Itaipu Binacional, Londrina/Foz do Iguaçu, 2006.
- TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Poli-

- TOKURA, A.M., *et al.* Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. *Pesq. agropec. Bras.* 37(10): 1467-1476, 2002.
- SÁ, J.C.M. *et al.* Organic Matter Dynamics and Carbon Sequestration Rates for a Tillage Chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1486–1499, 2001.
- SILVA, M.L.N, CURI, N. e BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 35:2485-2492, 2000.
- SILVA, A.P. *et al.* Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in short and long-term experiments in Brazil. *Field Crops Research* 119:20–26, 2010.
- SIQUEIRA NETO, M. *et al.* Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. *Soil & Tillage Research* 110:187–195, 2010.
- LOUWAGIE, G., GAY, H.S. E BURRELL, A. (ed.) Final report on the project ‘Sustainable Agriculture and Soil Conservation (SoCo)’: Executive Summary. Directorate-General for Agriculture and Rural Development, European Commission. <http://soco.jrc.ec.europa.eu/>. 2009.
- THOMPSON, J. e PRETTY, J.N. Sustainability indicators and soil conservation: a participatory impact study and self-evaluation of the Catchment Approach of the Ministry of Agriculture, Kenya. *Journal of Soil and Water Conservation* 51(4): 265-269, 1996.
- VIEIRA, M.L. e KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Rev. bras. Ci. Solo*, 31:1271-1280, 2007
- UPHOFF, N. A field methodology for participatory self-evaluation of PPP group and intergroup association performance. Human Resources Institutions and Agrarian Reform Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations. May 1989. <<http://www.fao.org/sd/ppdirect/ppre0059.htm>> (acessado 05set08).
- USDA-NRCS (Natural Resources Conservation Service). Soil conditioning index for cropland management systems. NRCS National Agronomy Manual, Directive No. 190-V-NAM. <http://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17894.wba>. 2002.
- WIENHOLD, B.J. *et al.* Recent advances in soil quality assessment in the United States. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 56(3):1-10, 2008.
- WALTRICK, P.C. Erosividade de Chuvas no Paraná: Atualização, Influência do “El Niño” e “La Niña”, e estimativa para cenários climáticos futuros. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- ZOBECK, T.M. *et al.* Comparison of two soil quality indexes to evaluate cropping systems in northern Colorado. *J. Soil Water Cons.* 63(5):329-338, 2008.

(Footnotes)

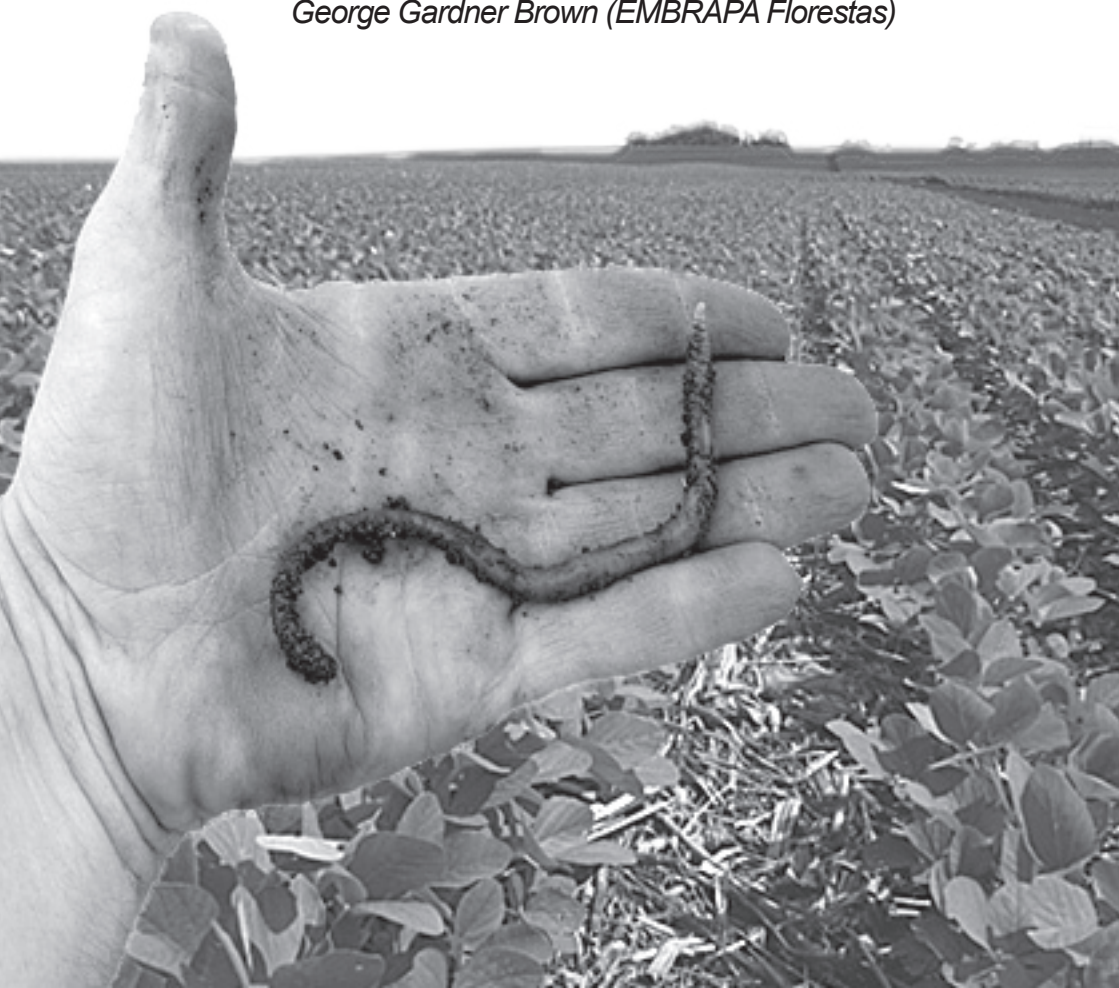
- 1 A metodologia dos anéis concêntricos, em comparação à do simulador de chuva, resulta em valores superiores de TIB, especialmente em condições de baixa taxa cobertura.

Uso das minhocas como indicadoras de qualidade no SPD

Marie Luise Carolina Bartz (UDSC/CEO)

Amarildo Pasini (UEL)

George Gardner Brown (EMBRAPA Florestas)



As minhocas, suas funções e o manejo do solo

Entre os organismos da macrofauna mais conhecidos pelos agricultores estão as minhocas, as formigas, os cupins e os corós (larvas de besouros) os quais, por sua vez, em função do seu tamanho, apresentam características morfológicas que favorecem fortemente sua atuação na fragmentação da matéria orgânica e nos atributos físicos do solo.

As minhocas, pelo tamanho corporal, densidade populacional e biomassa, em relação aos outros organismos do solo e a diversidade de funções que desempenham, são consideradas agentes essenciais ou organismos chave na conservação da estrutura do seu ambiente e no controle da dinâmica dos nutrientes do solo (Hernández-Castellanos; 2000).

Elas intervêm, direta ou indiretamente, sobre os atributos físicos: melhoram a porosidade, a aeração, a condutividade hidráulica e a estabilidade estrutural (formação de macro e microagregados); químicos: modificam o pH, auxiliam na mineralização da matéria orgânica e liberação de elementos, como o fósforo, que podem ser assimilados pelas plantas; e biológicos: variação da atividade microbiana, diversidade, abundância e composição da microflora e crescimento das plantas (Fragoso et al., 1997; Barois et al., 1999; Cheng; Wong, 2002; Bartz et al., 2010a; 2010b).

A abundância, a distribuição e a atividade das minhocas variam em função das condições climáticas (temperatura e umidade), biológicas (tipos de vegetação e disponibilidade de alimentos) e influências antrópicas (manejo dos solos e agrotóxicos) (Bouché, 1977). Entre eles, os fatores que possuem impacto mais significativo são a cobertura vegetal (Zou et al., 1997), tipo de solo e alterações naturais e antrópicas induzidas nessa cobertura (Zou; Bashkin, 1998), incluindo o manejo do solo e do ecossistema (Kang et al., 1994).

As formas com que o solo é manejado, ou seja, as práticas agrícolas (plantio direto, plantio convencional, subsolagens, adubação verde, etc.) são determinantes tanto na qualidade quanto na quantidade de matéria orgânica acumulada, assim como na disponibilidade de outros nutrientes e os atributos físicos do solo (Sá et al., 2001; Chan et al., 2002) que, por sua vez, determinarão, também, a diversidade e a biomassa dos organismos, entre eles as minhocas, que habitarão o solo (Tanck et al., 2000; Chan, 2001; Benito, 2002; Brown et al., 2003).

O distúrbio do solo por meio dos manejos convencionais de cultivo (uso de equipamento pesado para arações e gradagens) possui efeito negativo sobre as populações de minhocas. Diretamente, através do prejuízo causado pelos equipamentos agrícolas por meio da destruição da estrutura do solo (pulverização do solo), e, ainda, expondo as minhocas à superfície deixando-as suscetíveis à predação por pássaros e outros animais e à insolação. E indiretamente, através das modificações dos atributos químicos e físicos do solo, incluindo a perda de matéria orgânica, a destruição das galerias e canais e das alterações da estrutura do solo (Lee, 1985; Edwards; Bohlen, 1996). Esses efeitos alteram o ambiente em que as minhocas vivem tornando impossível a sobrevivência delas.

Por outro lado, a redução no manejo do solo - através da adoção de práticas conservacionistas como o Sistema Plantio Direto na Palha (SPD) - tem mostrado, na maioria dos casos, ser altamente benéfica às populações de minhocas (Chan, 2001). A forma mais prática

dessa constatação é que, após alguns anos em que o Sistema Plantio Direto foi adotado aqui no Sul do Brasil, por volta de 1979, um grupo de agricultores fundou o chamado “Clube da Minhoca” que, posteriormente, tornou-se a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP). O “Clube da Minhoca” mostrou que a presença/aparecimento das minhocas no solo foi um dos fatores determinantes para o convencimento dos agricultores de que o Sistema Plantio Direto possui benefícios incontestáveis, apontando a grande importância desses organismos que, inclusive, fazem parte do símbolo da entidade.

Vários estudos, realizados no Brasil e mundo, mostram que o Sistema Plantio Direto (SPD) e a minhocas são aliados. Um SPD manejado de forma adequada, atendendo às premissas de mínima movimentação do solo, cobertura permanente e rotações de culturas aliadas à adubação verde, favorece o aumento das populações das minhocas em qualidade e quantidade. A adoção do SPD gradualmente aumenta as populações de minhocas, uma vez que, naturalmente, ocorre o crescimento e reprodução dos indivíduos sob condições do solo mais favoráveis encontradas no sistema, incluindo maior retenção de umidade, proteção da superfície do solo através da palha, maior disponibilidade de alimento e menor distúrbio do solo (House e Parmelee, 1985).

Portanto, as minhocas são indicadoras sensíveis para fatores de estresse antrópico e têm sido utilizadas com sucesso como bioindicadores para substâncias químicas (agrotóxicos, biocidas, drogas), contaminações no solo (metais pesados), fatores físicos (compactação, hidrologia) e usos do solo (agricultura, florestas, pomares). Em particular, os usos do solo integram um número de fatores de manejo que podem influenciar as comunidades de minhocas em diferentes sentidos: enquanto o uso de químicos e o preparo do solo agem negativamente, a fertilização com materiais orgânicos ou a rotação de culturas podem beneficiar as minhocas (Brown et al., 2007).

Esse estudo é parte da “Metodologia Participativa para Avaliação do Plantio Direto na Palha na Bacia do Paraná 3” (MPAPDP) - um programa em convênio entre Itaipu Binacional e a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. O objetivo do convênio é avaliar a abundância e diversidade de minhocas, em áreas sob Plantio Direto, nas microbacias Ajuricaba, Buriti, Facão Torto, Pacuri, Sanga Mineira e Toledo, situadas na Bacia do Rio Paraná 3, no estado do Paraná, além de propor uma classificação dessas áreas com base no número de minhocas e do número de espécies de minhocas encontradas.

Metodologia

Foram realizadas, até o momento, três amostragens (fevereiro de 2010, dezembro de 2010 e fevereiro de 2011) pela equipe técnica da FEBRAPDP da MPAPDP. A primeira amostragem, em fevereiro de 2010, foi uma avaliação preliminar da quantidade e número de espécies de minhocas em 34 áreas sob Plantio Direto nas seis microbacias da Bacia do Paraná 3 participantes do MPAPDP. Com esse resultado e com base nos dados disponíveis na literatura propôs-se uma classificação (pobre, moderada, boa e excelente) para áreas sob SPD quanto à quantidade e número de espécies de minhocas. A segunda e terceira amostragens tiveram como objetivo validar a proposta de classificação e confirmar a época de amostragem das minhocas, tendo sido realizadas nas áreas dos agricultores

voluntários TOP 5% de cada microbacia, totalizando 25 propriedades amostradas.

A amostragem das minhocas foi realizada utilizando-se uma adaptação do método TSBF – Métodos para Biologia e Fertilidade em Solos Tropicais (Anderson; Ingram, 1993). Em cada área, foram tomadas 5 amostras (monólitos de solo de 20 x 20 cm a 20 cm profundidade), usando um transeito linear, com distância mínima entre as amostras de 10m. A triagem do solo foi realizada no campo e as minhocas foram armazenadas em sacos ou potes plásticos, contendo solução de formaldeído 5%. Em laboratório, as minhocas foram contadas e identificadas no nível de família, gênero e espécie (quando possível) de acordo com chaves de identificação e descrições de espécies de Righi (1990; 1995) e Blakemore (2002). A simplificação da metodologia de amostragem objetiva que os próprios agricultores possam realizar essas avaliações em suas áreas.

Resumo do processo de amostragem realizado pela equipe técnica do programa MPA-PDP:

- 1) Seleção do ponto a ser amostrado e revisão a palhada para ver se há presença de minhocas;
- 2) Posicionamento das pás para retirada do bloco de solo (20 x 20 de largura x 20 cm de profundidade);
- 3) Solo colocado em bandeja para triagem no campo;
- 4) Triagem manual do solo para seleção das minhocas e armazenamento das minhocas encontradas em sacos ou potes plásticos contendo solução de formaldeído 5%.

Resultados

Os resultados encontrados nas três épocas de amostragem (fevereiro de 2010, dezembro de 2010 e fevereiro de 2011) estão apresentados na tabela 1. É importante ressaltar que as áreas de fevereiro de 2010 não são as mesmas das outras duas amostragens, em dezembro de 2010 e em fevereiro de 2011. Essas foram realizadas nas 25 áreas dos agricultores do grupo TOP 5% de cada microbacia e seus resultados podem ser comparados entre si.

Em fevereiro de 2010, o número médio de minhocas por amostra variou de 0,2 a 24,2 indivíduos; em dezembro de 2010 de 0 a 31,8, e em fevereiro de 2011 de 0,2 a 46 indivíduos. Enquanto o número de espécies de minhocas variou de uma a seis, de 0 a cinco e de uma a sete espécies, nas respectivas datas de amostragem (Tabela 1), houve áreas que apresentaram somente minhocas juvenis, impossibilitando a identificação em nível de espécie das minhocas, no entanto se considerou como ocorrendo uma espécie de minhoca nesses casos.

Comparando as amostragens de dezembro de 2010 e de fevereiro de 2011, mais de 70% das áreas apresentaram o mesmo número ou mais minhocas e espécies de minhocas que em fevereiro de 2011. Dessa forma, essa parece ser a época mais adequada para realização das amostragens.

A partir dos dados obtidos na coleta de fevereiro de 2010 e de dados disponíveis na literatura, propôs-se a classificação apresentada na tabela 2 (Bartz, 2011).

Na tabela 3 consta o número de áreas sob Plantio Direto em cada categoria da clas-

sificação proposta. A maior parte das áreas sob SPD está classificada entre moderadas e excelentes, quanto ao número médio de minhocas, dependendo da época de amostragem, enquanto que para o número de espécies de minhocas, as áreas se concentram entre pobres e boas.

De maneira geral, quanto maior o número de minhocas, assim como o número de espécies de minhocas, melhor ou mais adequadamente está sendo conduzido o Sistema Plantio Direto aplicado, ou seja, existe qualidade neste sistema.

Tabela 1. Número de médio de minhocas e número de espécies de minhocas encontradas nas áreas sob plantio direto na seis microbacias e áreas de mata (MT) e reflorestamento (RF) como referências, em amostragens realizadas em fevereiro de 2010 (Fev.10), dezembro de 2010 (Dez.10) e fevereiro de 2011(Fev.11).

Microbacia	Área	Número médio de minhocas			Número de espécies de minhocas		
		Fev.10*	Dez.10**	Fev.10**	Fev.10*	Dez.10**	Fev.10**
Ajuricaba	1	2	7	8,0	1	4	3
	2	24,2	31,8	46,0	6	3	4
	3	2,6	6	14,0	3	2	4
	4	1,6	0	3,0	2	0	2
	5	12,2	-	-	5	-	-
	MT	4,2	-	3,0	4	-	2
Buriti	1	2,8	1,4	11,0	4	1	4
	2	2,4	13,6	15,4	2	3	6
	3	1	1,8	7,6	1	4	4
	4	3,4	-	-	6	-	-
	5	8,2	-	-	6	-	-
	MT	0,4	-	0,0	2	-	1
Facão Torto	1	13,6	5,8	0,4	4	4	1
	2	7,6	3,8	7,0	3	5	7
	3	11,8	2,2	2,2	3	1	3
	4	0,4	6,8	1,0	1	2	2
	MT	11	-	14,2	4	-	4
Pacurí	1	4,4	2	3,0	4	3	3
	2	11,4	0,4	1,2	5	1	2
	3	3,2	2	1,2	4	2	3
	4	1,2	-	-	1	-	-
	5	5	-	-	2	-	-
	MT	1	-	0	3	-	0



Sanga Mineira	1	0,2	7,6	8,8	1	4	5
	2	1,8	0,4	1,6	4	1	2
	3	2,2	0,2	0,6	1	1	1
	4	9,4	4,2	0,2	3	3	1
	5	4,2	-	-	4	-	-
	MT	2,2	-	0,4	1	-	1
Toledo	1	7,4	5,4	8,2	3	2	2
	2	2	4,8	0,2	2	4	1
	3	0,8	5,8	35,0	2	2	4
	4	2	8,2	3,6	1	3	2
	5	1,2	0,4	4,4	2	1	2
	6	0,8	1,8	4,4	1	1	3
	7	4,8	0	0,2	4	0	1
	8	2,2	-	-	1	-	-
	9	10,6	-	-	3	-	-
	10	3,8	-	-	4	-	-
	RF	11,4	-	0,4	6	-	2
	MT	-***	-	0,0	-	-	0

* 34 áreas amostradas; ** 25 áreas amostradas; *** áreas não amostradas.

Tabela 2. Classificação para o número médio de minhocas e número de espécies de minhocas em Sistema Plantio Direto para as regiões norte e oeste do Paraná, Brasil.

Classificação	Nº médio de minhocas	Nº de espécies de minhocas
EXCELENTE	≥ 8	> 6
BOM	≥ 4 a <8	4 - 5
MODERADO	≥ 1 a <4	2 - 3
POBRE	< 1	1

Tabela 3. Número de áreas sob Plantio Direto nas classes excelente, bom, moderado e pobre para o número médio de minhocas e número de espécies de minhoca nas diferentes épocas de coleta.

Classificação	Nº médio de minhocas			Nº de espécies de minhocas		
	Fev.10*	Dez.10**	Fev.10**	Fev.10*	Dez.10**	Fev.10**
EXCELENTE	8	3	8	3	0	2
BOM	6	9	4	10	6	6
MODERADO	16	7	8	12	10	12
POBRE	5	6	5	9	9	5

* 34 áreas amostradas; ** 25 áreas amostradas.

Referências bibliográficas

- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, M.; ROSSI, J.; SENAPATI, B.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.; DECÄENS, T.; LATTAUD, C.; KANONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. Ecology of earthworms species with large environmental tolerance and or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Eds) **Earthworms management in tropical agroecosystems**. CABI International, Wallingford, UK, p.57-85, 1999.
- BARTZ, M.L.C. **Ocorrência e Taxonomia de Minhocas em Agroecossistemas no Paraná, Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil, 2011, 175p.
- BARTZ, M.L.; COSTA, A.C.; TORMENA, C.A.; SOUZA JÚNIOR, I.G.; BROWN, G.G. Sobrevivência, produção e atributos químicos de coprólitos de duas espécies de minhocas (*Pontoscolex corethrurus*: Glossoscolecidae e *Amyntas gracilis*: Megascolecidae) em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 261-280, 2010a.
- BARTZ, M.L.; COSTA, A.C.; SOUZA JÚNIOR, I.G.; BROWN, G. G. Micronutrientes e óxidos de ferro em coprólitos de minhocas produzidos em um Latossolo Vermelho distroférrico (Acruodox) sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 281-294, 2010b.
- BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre as populações da macrofauna invertebrada do solo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brazil, 2002, 71p.
- BLAKEMORE, R.J. **Cosmopolitan earthworms – an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world**. Kippax: VermEcology. CD-ROM, 2002.
- BOUCHÉ, M.B., 1977. Stratégies lombriciens. In: LOHM, U., PERSSON, T. (ed) Soil organisms as components of ecosystems. **Ecological Bulletins**, v. 25, p. 122.
- BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M.F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.
- BROWN, G.G.; FRAGOSO, F. **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.
- CHAN, K.Y. An overview of some tillage impacts on earthworms population abundance and diversity implications for functioning soils. **Soil and Tillage Research**, v. 57, p. 179-191, 2001.
- CHAN, K.Y., HEENAN, D.P.; OATES, A. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. **Soil Tillage Research**, v. 63, p.133–139, 2002.
- CHENG, J.; WONG, H.M. Effects of earthworms on Zn fractionation in soils. **Bioloily and Fertility of Soils**, v. 36, p. 72-78, 2002.
- EDWARDS, C. A., BOHLEN, P. J.. **Biology and ecology of earthworms**. 3° ed. London, Chapman & Hall, 1996, 440p.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G.G.; PATRÓN, J.C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p.

- HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B. **Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos especies de lombrices (*Pontoscolex corethrurus* y *Glossoscolecidae* sp.)**. Tese. Universidad Veracruzana, Xalapa de Enríquez, Veracruz, México, 2000, 67p.
- KANG, B. T.; AKINNIFESI, F. K.; PLEYSIER, J. L. Effect of agroforestry woody species on earthworms activity and physicalchemical properties of worms casts. **Biology and Fertility of Soils**, v.18, p. 193-199, 1994.
- LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relations with soil and land use**. London: Academic Press, 1985, 411p.
- RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e Rondônia**. Brasília: CNPq/AED. Relatório de Pesquisa, 12. Programa Polonoroeste, 1990, 157p.
- RIGHI, G. Colombian earthworms. In: **Studies on Tropical Andean Ecosystems** Vol. 4, VAN DER HAMMEN, T. (ed). Cramer (Borntraeger), Berlin-Stuttgart, p. 485–607, 1995.
- SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENSKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p.1486–1499, 2001.
- TANCK, B.C.B., SANTOS, H.R., DIONÍSIO, J.R. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo dos solos sobre a flutuação populacional de *Oligochaeta* edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.
- ZOU, X. M.; GONZÁLEZ, G.; EDWARDS, C. A. Changes in earthworms density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 627-629, 1997.
- ZOU, X. M.; BASHKIN, M. Soil carbon accretion and earthworms recovery following revegetation in abandoned sugarcane fields. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n. 6, p. 825-830, 1998.

