1

Experimentação *on-farm* no âmbito da agricultura de precisão

On-farm experimentation within the scope of precision agriculture

João Leonardo Fernandes Pires[1], Ziany Neiva Brandão[2], Álvaro Vilela de Resende[3], Célia Regina Grego[4], Edison Ulisses Ramos Junior[5], Carlos Manoel Pedro Vaz[6], Julio Cezar Franchini dos Santos[7], Ronaldo Pereira de Oliveira[8], Christian Bredemeier[9], André Luis Vian[10], Carolina Trentin[11]

[1] *Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS), Brasil, joao.pires@embrapa.br*
[2] *Analista, Embrapa Algodão, Campina Grande (PB), Brasil, ziany.brandao@embrapa.br*
[3] *Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG), Brasil, alvaro.resende@embrapa.br*
[4] *Pesquisadora, Embrapa Agricultura Digital, Campinas (SP), Brasil, celia.grego@embrapa.br*
[5] *Pesquisador, Embrapa Soja/Agrosilvipastoril, Sinop (MT), Brasil, edison.ramos@embrapa.br*
[6] *Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos (SP), Brasil, carlos.vaz@embrapa.br*
[7] *Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina (PR), Brasil, julio.franchini@embrapa.br*
[8] *Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro (RJ), Brasil, ronaldo.oliveira@embrapa.br*
[9] *Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), Brasil, cbredemeier@gmail.com*
[10] *Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), Brasil, vian.agronomo@gmail.com*
[11] *Doutoranda, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo (RS), Brasil, carolinatrentin@live.com*

RESUMO

A realização de pesquisa na fazenda (*on-farm*) representa uma etapa importante do ciclo da agricultura de precisão (AP). Apesar de ensaios *on-farm* não serem novidade, o uso específico para AP é relativamente recente e encontra-se em desenvolvimento. Essa modalidade de pesquisa foi facilitada por ferramentas tecnológicas e estratégias de implantação, avaliação e interpretação que permitem gerar conhecimento específico para cada talhão/zona de manejo. Como é um processo que envolve muitos atores e encontra-se em diferentes níveis de entendimento e aplicação, apresenta espaço para melhorias. Para tanto, é necessário que sejam conhecidas as oportunidades e dificuldades/limitações para realização dos ensaios, tornando possível a indicação de princípios e indicadores metodológicos para as condições de cultivo brasileiras, nas suas mais diferentes regiões, culturas e sistemas de produção.

Palavras-chave: agricultura de precisão; rede; Embrapa.

ABSTRACT

Conducting on-farm research is an important step in the Precision Agriculture (PA) cycle. Although on-farm trials are not new, specific use for AP is relatively recent and still under development. Technological tools, in addition to implementation, evaluation and interpretation strategies, have facilitated this type of research, allowing the generation of specific knowledge for each area/management zone. However, as a process involving many actors and different fields of understanding and application potential for improvement remains. Therefore, it is necessary to understand the opportunities and difficulties/limitations for carrying out on-farm trials, to allow us to determine methodological principles and indicators for Brazilian agricultural conditions, including their diverse regions, crops and production systems.

Keywords: precision agriculture; network; Embrapa.

1 INTRODUÇÃO

A filosofia de manejo de culturas produzidas em larga escala, baseada nos preceitos da agricultura de precisão (AP), adota uma série de etapas dentro de um processo voltado à eficiência no uso de insumos, ao maior rendimento de grãos (e/ou biomassa/fibra), à redução de custos, ao aumento de rentabilidade e, consequentemente, à maior sustentabilidade dos diferentes sistemas de produção utilizados no Brasil. Uma etapa importante é a realização de pesquisa/validação de tecnologias (quer sejam produtos ou processos) no ambiente de produção, denominados de ensaios na fazenda (conhecidos pelo termo em inglês como ensaios

https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000072

Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença *Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

on-farm onde o produtor usuário da AP pode se tornar pesquisador/conhecedor das características de suas próprias áreas agrícolas. Segundo Kyveryga et al. (2015), ensaios *on-farm* são aqueles usualmente conduzidos por agricultores com auxílio de agrônomos locais, consultores ou outros especialistas em pesquisa *on-farm* da rede regional que atende a fazenda.

A realização de ensaios em áreas de produção comercial é uma prática antiga do ponto de vista do uso de metodologias convencionais de pesquisa. Por exemplo, áreas de produção são utilizadas para realização de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCUs) para registro de cultivares das principais culturas. Em delineamento convencional (blocos ao acaso, por exemplo), com aleatorização e repetições, experimentos para representar a interação genótipo x ambiente de cada região de interesse são conduzidos, comprovando os méritos dos genótipos para definição de lançamento comercial como novas cultivares. Da mesma forma, são realizados estudos de novas tecnologias/práticas de manejo, como de inoculantes, fertilizantes, eficiência de máquinas e implementos, produtos utilizados na proteção de plantas, entre outros. O que norteia esse tipo de estudo, no entanto, é que o foco é na efetividade/validação da tecnologia em si e não na aplicação dela na área onde o estudo foi conduzido. Geralmente, utilizam-se parcelas de pequenas dimensões, sem considerar a variabilidade da área, ou utilizam-se metodologias similares às empregadas nas Estações Experimentais, para minimizar efeitos não controlados.

Uma das principais justificativas para a realização de ensaios *on-farm* é testar novas tecnologias nas condições da fazenda, ou seja, em "ambiente real". Algumas razões citadas para realizar ensaios *on-farm* e não nas estações experimentais são: 1) a fertilidade do solo e a incidência de doenças na estação experimental, por exemplo, podem ser diferentes das verificadas nas fazendas do entorno; 2) os solos ou outras condições físicas da estação experimental não representam a gama de variação das fazendas da região; 3) quando o objetivo é testar tecnologias sob as limitações de recursos experimentadas pelos agricultores; 4) quando se visa avaliar tecnologias sob os níveis de manejo utilizados pelos agricultores; 5) necessidade de avaliar as tecnologias na escala em que vão ser implementadas pelos agricultores; 6) identificação de problemas de manejo que não aparecem em parcelas pequenas; 7) posicionamento de tecnologias nos sistemas de produção; 8) objetivo de estabelecer rede de discussão sobre práticas de manejo, restrições, oportunidades e atitudes em relação às novas tecnologias; 9) reconhecimento dos meios com que os agricultores modificam tecnologias para adequá-las a sua realidade; e 10) criação de oportunidades para os agricultores testarem e selecionarem tecnologias.

Ensaios *on-farm*, no entanto, não são substitutos dos ensaios nas estações experimentais, mas, sim, complementares (Mettrick, 1993). Para Kyveryga et al. (2015), os agricultores podem manejar melhor suas lavouras com dados coletados nas próprias fazendas. Resultados de ensaios *on-farm* compilados de vários talhões e anos podem melhorar o entendimento de como as práticas de manejo, produtos, clima e variabilidade do solo afetam o rendimento de grãos e a lucratividade. Portanto, sua aplicabilidade é mais específica para o produtor, propriedade ou talhão em estudo. Nielsen (2008) destaca que a realização de ensaios *on-farm* não somente procura identificar respostas para questões importantes mas pode, também, validar respostas previamente obtidas ou convencer agricultores que uma prática de manejo alternativa é rentável nas condições de cultivo da propriedade. Entretanto, o autor considera que pesquisa *on-farm* não é sinônimo de demonstração *on-farm*. O propósito das demonstrações *on-farm* não é identificar ou validar respostas para questões de pesquisa, mas para simplesmente ganhar experiência com novas tecnologias ou práticas culturais.

Para Piepho et al. (2011), ensaios *on-farm* são considerados como um tipo de experimento que é similar, de muitas maneiras, a experimentos em casas de vegetação (conduzidos em vasos) ou em parcelas de campo nas estações experimentais. Comparados com ensaios nas estações experimentais, os ensaios *on-farm* têm maior relevância prática e validade, mas podem ter menor precisão devido à maior heterogeneidade dentro da área usada na fazenda.

Existem três tipos básicos de ensaios *on-farm*: os exploratórios, que são os com foco em tecnologias sobre as quais se conhece pouco quanto ao desempenho na área alvo, os ensaios adaptativos (para adaptar opções técnicas a fim de superar restrições, para se adequar aos sistemas de produção locais) e os ensaios de validação (para comparar uma nova tecnologia com a tecnologia em uso pelos agricultores em diversas condições de cultivo) (Mettrick, 1993).

Apesar de muito utilizados em formato convencional, é relativamente recente o uso de ensaios *on-farm* em áreas de AP, apresentando finalidades e metodologias específicas. A utilização dessa abordagem em AP foi facilitada pelo aumento na utilização de ferramentas/metodologias como Sistemas de Posicionamento Global (SPG/GPS), mapeamento do solo em malha (grid), piloto automático, monitores de colheita, controladores para aplicação de insumos em taxa variável, estabelecimento de zonas de manejo (ZM), entre outros. A disponibilidade dessas tecnolo-

gias possibilita, na atualidade, facilidade na realização dos ensaios, que se tornaram menos dependentes de mão de obra e de menor custo.

Para Bramley et al. (2006), a utilização de tecnologias que permitem aplicação de insumos a taxa variável (*Variable Rate Technology* – VRT) dá suporte à realização de ensaios *on-farm,* possibilitando a implantação do desenho experimental mais facilmente e de forma automática, sem necessidade de parar o trabalho para a mudança de doses, por exemplo. Também permite variar doses de acordo com a escolha do agricultor, implementando automaticamente desenhos experimentais mais complexos e mantendo um registro detalhado do que e onde foi feito. Além disso, muitos equipamentos de VRT têm capacidade de evitar sobreposições e perdas de tratamentos, registrando a dose efetivamente aplicada.

Uma questão importante a ser considerada quando da realização de ensaios *on-farm* é o nível de caracterização prévia da área. Quanto maior o nível de detalhamento e histórico de dados da área, mais assertivos serão os ensaios e resultados. Nesse sentido, é importante considerar a filosofia de "Zonas/Ambientes de Manejo". A ZM é uma sub-região da lavoura que apresenta certa semelhança em relação à variabilidade espacial de outra sub-região, identificada pela combinação de fatores limitantes de produtividade que podem ser manejados numa mesma taxa de aplicação de insumos (Grego et al., 2014). A persistência de diferença entre zonas, mesmo após amostragem de solo e fertilização à taxa variada, se explica, em parte, pela existência de características de difícil alteração ao longo do tempo (como relevo, exposição solar, profundidade de horizontes, textura e capacidade de armazenamento de água do solo, entre outras), apresentando, portanto, potenciais produtivos diferentes (Schwalbert; Corassa; Amado, 2016). Santi et al. (2016) reportaram, por exemplo, que a estabilidade dos macroagregados (> 4,76 mm) e a taxa de infiltração de água foram parâmetros eficientes para distinguir zonas de rendimento de grãos em Oxisolos manejados por muito tempo em Sistema Plantio Direto, no sul do Brasil.

A caracterização adequada da área e o estabelecimento de ZMs abre oportunidade de indicar manejo específico para cada ZM, com benefícios em melhoria do potencial produtivo, e da rentabilidade, com redução de custos e do impacto ambiental. Um exemplo disso é o trabalho de Schwalbert et al. (2019), demonstrando resposta diferente a doses de nitrogênio no rendimento de grãos de trigo de acordo com a ZM, com impactos agronômicos e econômicos interessantes. Da mesma forma, Corassa et al. (2019) demonstraram desempenho diferente de cultivares de soja, dependendo da classe de potencial de rendimento de grãos (baixo, médio e alto) da área, com variação do rendimento de grãos e da rentabilidade pela escolha do melhor genótipo a ser cultivado conforme a classificação da área.

Ao mesmo tempo em que o apoio de dados obtidos por meio de ensaios *on-farm* é uma etapa do ciclo de AP, representando uma oportunidade de qualificação do processo, especialmente como auxílio na tomada de decisão de manejo, há uma série de cuidados metodológicos e desafios que devem ser levados em consideração para que se possa utilizar os resultados dessa abordagem com a maior efetividade possível.

Atualmente, existem vários "Guias práticos" ou "Indicações metodológicas" para realização de ensaios *on-farm*, como, por exemplo, os disponibilizados pela Iowa Soybean Association (Kyveryga et al., 2015), pela Universidade de Purdue (Nielsen, 2008), pela Universidade de Nebraska-Lincoln (Coltrain et al., 2017); pela Grains Research & Development Corporation (Bramley et al., 2006); e pela ADAS Agronomics (Kindred et al., 2018), entre outros. Cada um contribui com aspectos importantes para o planejamento, realização, interpretação e uso das informações geradas nos ensaios *on-farm*. Entretanto, é necessário ampliar as informações e gerar indicações específicas para as diferentes condições de produção encontradas no Brasil, uma vez que a área produtiva no país é extensa e existem muita variabilidade e particularidades nas condições edafoclimáticas, nos sistemas de produção, no uso de tecnologias e na adoção de práticas de manejo.

A presente publicação tem por objetivo colaborar com discussão sobre ensaios *on-farm* em AP no Brasil abordando suas oportunidades/potencialidades e dificuldades/desafios. Indicações metodológicas serão abordadas em capítulo específico desta obra. Não há, no entanto, pretensão de cobrir todos os aspectos sobre experimentação *on-farm*. Para tanto, foram considerados, como base para discussão, alguns estudos de casos realizados no âmbito do Projeto Embrapa "11.14.09.001.01.00 – Tecnologias Habilitadoras 1 para automação e AP: sistemas de produção agrícola em grande escala", com a utilização de culturas e sistemas de produção em diferentes regiões do Brasil (Pires; Brandão, 2022). O projeto é uma parceria da Embrapa com universidades, produtores rurais, cooperativas, usinas produtoras/processadoras de cana-de-açúcar, fornecedores de equipamentos, prestadores de serviço em AP, entre outros.

2 OPORTUNIDADES

A realização de ensaios *on-farm* é uma oportunidade para aprimoramento do manejo das áreas de pro-

dução agrícola, com reflexos potenciais em rendimento de grãos e/ou aumento da rentabilidade e busca de sustentabilidade. Um conjunto de possibilidades pode ser considerado, sendo algumas de uso genérico e outras para cada cultura agrícola. Na Tabela 1 estão listados alguns exemplos de oportunidades de temas/tratamentos para realização de ensaios *on-farm* em algumas das culturas agrícolas mais importantes no Brasil.

Especificamente sobre o processo de experimentação *on-farm*, a primeira oportunidade é no campo da compreensão dos objetivos e benefícios potenciais desse tipo de trabalho. Na realização de ensaios *on-farm*, a interação com uma instituição de pesquisa ou empresa prestadora de serviço, muitas vezes, é encarada como uma estratégia de obtenção dados da propriedade para uso de terceiros. Na realidade, é preciso construir o entendimento de que a experimentação *on-farm*, na maior parte das vezes, tem como objetivo principal a geração de resultados aplicáveis ao talhão de lavoura em estudo, portanto, com benefícios diretos para a própria fazenda. Para isso, é preciso a coleta de dados do local e o estabelecimento de relações de confiança entre os parceiros sobre acesso e uso das informações.

3 DIFICULDADES E CUIDADOS NA EXPERIMENTAÇÃO ON-FARM

Além das oportunidades, a realização de ensaios *on-farm* com qualidade adequada ainda apresenta uma série de dificuldades, limitações e desafios que devem ser considerados. Nos estudos de caso realizados com diferentes culturas agrícolas em várias regiões do Brasil foi possível verificar algumas situações que se repetem em outras propriedades agrícolas que utilizam AP em diversos níveis de implantação, representando aspectos que merecem reflexão (Tabela 2).

Tabela 1. Exemplos de algumas oportunidades de temas/tratamentos para realização de ensaios *on-farm* em culturas agrícolas exploradas em larga escala no Brasil.

Tema/tratamento	Soja	Milho	Trigo e outros cereais de inverno	Algodão	Cana-de-açúcar
Culturas antecessoras/rotação de culturas/cultivos consorciados	X	X	X	X	
Culturas intercaladas/antecessoras em período de reforma do canavial					X
Densidade de semeadura/população de plantas	X	X	X	X	
População de plantas em área de reforma/sistema de produção de mudas – meiosi					X
Cultivares	X	X	X	X	X
Microrganismos fixadores de nitrogênio, promotores do crescimento de plantas e agentes de controle biológico de doenças e pragas	X	X	X	X	X
Tratamento de sementes (inseticida e fungicida)	X	X	X		
Tratamento de sementes (deslintamento, inseticida e fungicida)				X	
Tratamentos térmicos de colmos em viveiros					X
Uso de produtos sintéticos promotores do desenvolvimento/rendimento de grãos/precocidade na maturação (hormônios/estimulantes, fertilização foliar, entre outros)	X	X	X	X	X
Ajuste ou validação de doses, formas, épocas de fornecimento de macro e micronutrientes e suas combinações	X	X	X	X	X
Controle de pragas e doenças (produtos, estádios, monitoramento x calendário)	X	X	X	X	X
Aplicação de regulador de crescimento (estádios, monitoramento)			X	X	X
Sistema de produção por uso do produto final e interação com a variabilidade da área de cultivo (ex. trigo pão, trigo exportação/ração/etanol, duplo propósito)			X		
Diferentes sistemas de manejo do solo: tráfego de máquinas e mecanização, controle da compactação, plantas de cobertura e diversificação de espécies, adubação de sistema	X	X	X	X	X
Avaliação/validação de novas tecnologias	X	X	X	X	X
Combinação das opções anteriores com o conceito de zonas de manejo, criteriosamente identificadas com o ferramental de AP	X	X	X	X	X

Tabela 2. Algumas dificuldades relatadas na realização dos estudos de caso envolvendo ensaios *on-farm* conduzidos pela Rede AP em diferentes sistemas de produção de culturas de larga escala no Brasil.

Item	Dificuldade/limitação
1	Necessidade de estabelecimento de relações de confiança com produtor rural e demais prestadores de serviço na área de AP e correlatas.
2	Falta de entendimento, por parte do produtor rural/equipe da fazenda, de que a filosofia do uso da AP na propriedade (e dos ensaios *on-farm*) deve ir além da busca somente pelo aumento de produtividade, compreendendo também aspectos de uso racional da terra e dos insumos, bem como adequações operacionais, ambientais e sociais, que, com o tempo, provavelmente serão exigidos como itens de conformidade das atividades agropecuárias.
3	Falta de entendimento dos objetivos dos ensaios *on-farm* por parte do produtor.
4	Falta de entendimento, por parte do produtor rural/equipe da fazenda e de parceiros fornecedores de insumos e serviços e da própria equipe responsável pela pesquisa, de que os ensaios *on-farm* devem ser, prioritariamente, automatizados, utilizando as ferramentas de AP disponíveis, minimizando o uso de amostragens manuais e conceitos de experimentação convencional utilizados em estações experimentais.
5	Restrições de acesso e integração com os diferentes prestadores de serviço/plataformas que atuam e são utilizados pela propriedade.
6	Necessidade de domínio da interpretação dos dados coletados e seu uso para impactar na tomada de decisões de manejo.
7	Falta de entendimento de que a realização de ensaios *on-farm* tem or propósito principal auxiliar no manejo da propriedade rural e não somente coletar dados para outros usos pela pesquisa.
8	Variação e incompatibilidade da grade amostral utilizada por prestadores de serviço para caracterização da variabilidade do solo (e de outras características) das áreas da propriedade, com reflexos na confiabilidade do estabelecimento de zonas de manejo e das indicações de intervenções para a área em estudo.
9	Falta de equipamentos, de calibração/manutenção de sensores e de ferramentas utilizadas para caracterizar as áreas. Falta de assistência técnica ou intempestividade no serviço prestado, dificultando a automação dos ensaios.
10	Falhas na cobertura de GPS e de acesso a plataformas utilizadas para visualização/integração de dados no campo.
11	Perda de dados críticos para a caracterização das áreas e/ou que mostrem os resultados dos ensaios *on-farm*.
12	Intempestividade na disponibilização dos dados para tomada de decisão, visando a intervenções de manejo nas áreas em estudo no momento apropriado.
13	Falta de caracterização prévia da variabilidade da área para facilitar o planejamento do ensaio *on-farm* e a tomada de decisões de manejo.
14	Dificuldades de intercomunicação para compartilhamento/reconhecimento de informações via arquivos computacionais entre softwares e com os diversos sistemas e equipamentos em uso no cotidiano da fazenda.
15	Necessidade de calibração prévia e tratamento dos dados brutos coletados por sensores de colheita para filtragem de *outliers* e mapeamento final de maior confiabilidade.
16	Equipamentos não apropriados para a aplicação dos tratamentos a serem avaliados nos ensaios *on-farm*, por exemplo, que apresentam problemas de regulagem ou deriva de adubo durante a distribuição na modalidade a lanço.
17	Falta de metodologias e critérios padronizados para caracterização das áreas e definição de zonas de manejo.
18	Variação repentina nas condições meteorológicas durante operações críticas, tal como a ocorrência de chuva constante após iniciada a semeadura, atrasando o dia de sua conclusão quando o experimento ocupa grande extensão de área.
19	Inexistência de estação meteorológica próxima ao ensaio ou mesmo perda de registros de dados meteorológicos, fundamentais como parte das observações a serem consideradas na análise e interpretação dos resultados de pesquisa *on-farm*.
20	Necessidade de sobreposição ou proximidade das linhas de semeadura/plantio a cada novo cultivo, para preservar os limites das parcelas, podendo criar dificuldades operacionais ao maquinário, que funciona melhor quando não há coincidência exata com o sulco da safra anterior.
21	Falta de alinhamento da equipe que faz o manejo da propriedade com os fundamentos da pesquisa e dos ensaios *on-farm*. Por exemplo, necessidade de respeitar tratamentos, não gerar confundimento com outros manejos aplicados, colheita mecanizada com sensor para geração de mapa de colheita etc.
22	Utilização de área de produção para fazer pesquisa como a realizada em estações experimentais (parcelas pequenas, muitas repetições, amostragens manuais, entre outros), desconsiderando os princípios de cada tipo de pesquisa.
23	Informações fornecidas por diferentes prestadores de serviço/plataformas de AP subaproveitadas ou meramente ilustrativas, sem domínio da interpretação e liberdade para tomada de decisão pela própria equipe técnica da fazenda.
24	Falta de capacitação específica da equipe da fazenda sobre AP e princípios/requisitos para realização de ensaios *on-farm*.
25	Necessidade de compreensão, pelo produtor parceiro, de que muitos tipos de pesquisa em áreas de produção consolidadas (como é o caso de ensaios de adubação em lavouras sob sistema plantio direto há muitos anos) demandam condução de experimentos de longo prazo para obtenção de resultados conclusivos, sendo comum não se comprovar hipóteses ou só alcançar as respostas esperadas avaliando-se um ou dois ciclos de cultivo. Além disso, pode também ser necessária a manutenção de tratamentos cuja produtividade fique abaixo da média da fazenda (testemunhas ou controles sem fornecimento de um ou mais nutrientes).

As dificuldades refletem, em parte, a variabilidade quanto ao tempo de adoção e ao nível de entendimento sobre o espectro de aplicações potenciais da AP, dos critérios requeridos e das práticas efetivamente utilizadas nas propriedades, bem como da integração e maturidade da rede de atores de suporte técnico/operacional disponível em cada local.

As dificuldades encontradas, por outro lado, representam oportunidades de evolução no processo de experimentação *on-farm* no âmbito da AP. Algumas delas podem ser superadas pela aproximação dos diferentes atores que interagem na propriedade rural sobre o tema e, também, pela qualificação do pessoal da propriedade que realiza os processos práticos. É fundamental que o processo seja dominado, com avaliação crítica, pelo time da fazenda, diminuindo a atuação como coadjuvantes, que somente encaminham dados e recebem prescrições para aplicação de insumos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista de quem desenvolve metodologias para pesquisa *on-farm*, diante da constante atualização tecnológica e mercadológica vinculada à AP, em interação com as pessoas no âmbito da fazenda, os pesquisadores podem ter ideias para um melhor ajuste de uma operação isolada ou até mesmo para soluções complexas envolvendo a integração de diversos processos, gerando inovação. Interessante, porém, é que as inovações desenvolvidas na pesquisa *on-farm* sejam customizadas para a realidade das fazendas.

Assim, há diversos caminhos a percorrer para a geração de soluções integradas de implementação, monitoramento, análise de desempenho e reorientação contínua, para melhoria de processos no campo. Nesse sentido, sobretudo num país continental como o Brasil, a pesquisa *on-farm* é um pré-requisito, etapa indispensável para viabilização técnica e econômica de abordagens da AP, rumo, "com os pés no chão", à agricultura digital ou 4.0.

REFERÊNCIAS

BRAMLEY, R.; COOK, S.; ADAMS, M.; CORNER, R. Designing your own on-farm experiments: how PA can help. In: GRDC (org.). **Grains Research & Development Corporation**. Canberra: GRDC, 2006. 36 p.

COLTRAIN, J.; BERG, S.; STAHL, L.; THOMAS, J. **Field studies:** setting up a trial. Lincoln: University of Nebraska, 2017. Disponível em: https://cropwatch.unl.edu/2017/field-studies-setting-trial. Acesso em: 20 abr. 2022.

CORASSA, G. M.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; REIMCHE, G. B.; GAVIRAGHI, R.; BISOGNIN, M. B.; PIRES, J. L. F. Performance of soybean varieties differs according to yield class: a case study from Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 20, p. 520-540, 2019. Disponível em**:** https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207339/1/ID44837-2019v20p520PrecisionAgriculture.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. Agricultura. In: TÔSTO, S. G.; RODRIGUES, C. A. G.; BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. (ed.) **Geotecnologias e Geoinformação.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.135-148. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103408/1/Cap.-9.pdf Acesso em: 20 abr. 2022.

KINDRED, D.; CLARKE, S.; ROQUES, S.; HATLEY, D.; BERRY, P.; SYLVESTER-BRADLEY, R. **Guide to farmers' crop trials.** Londres: ADAS Agronomics, 2018. 12 p. Disponível em: https://www.yen.adas.co.uk/sites/default/files/2019-10/ADAS%20Guide%20to%20Farm%20Trials.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

KYVERYGA, P.; MUELLER, T.; PAUL, N.; ARP, A.; REEG, P. **Guide to on-farm replicated strip trials.** Iowa: On-Farm Network, Iowa Soybean Association, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315664663_Guide_to_On-Farm_Replicated_Strip_Trials. Acesso em: 25 abr. 2022.

METTRICK, H. **Development oriented research in agriculture:** an ICRA textbook. Wageningen: ICRA, 1993. 291 p.

NIELSEN, R. L. **A practical guide to on-farm research**. West Lafayette: Purdue University, 2008. Disponível em: https://www.agry.purdue.edu/CCA/2008/Proceedings/NielsenResearch.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.

PIEPHO, H. P.; RICHTER, C.; SPILKE, J.; HARTUNG, K.; KUNICK, A.; THÖLE, H. Statistical aspects of on-farm experimentation. **Crop & Pasture Science**, v. 62, p.721-735, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1071/CP11175. Acesso em: 20 jul. 2022.

PIRES, J. L. F.; BRANDÃO, Z. N. **Experimentação on-farm na agricultura de precisão**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. (Documentos / Embrapa Trigo;2022). 154 p. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1150179/experimentacao-on-farm-na-agricultura-de-precisao. Acesso em abril 2024.

SANTI, A. L.; DAMIAN, J. M.; CHERUBIN, M. R.; AMADO, T. J. C.; EITELWEIN, M. T.; VIAN, A. L.; HERRERA, W. F. B. Soil physical and hydraulic changes in different yielding zones under no-tillage in Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 15, p. 1326-1335, 2016.

SCHWALBERT, R.; AMADO, T. J. C.; REIMCHE, G. B.; GEBERT, F. Fine-tuning of wheat (Triticum aestivum L.) variable nitrogen rate by combining crop sensing and management zones approaches in southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 20, n. 1, 2019.

SCHWALBERT, R.; CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C. Definição de zonas de manejo utilizando "multi-layers" e sensoriamento remoto "on-the-go": definições e usos. In: SANTI, A. L. et al. (ed.). **Agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: CESPOL, 2016. p. 233-249.