

Estudo de Caso 3 – Estratégias de Adubação no Sistema Soja/Milho Segunda Safra, Com ou Sem Braquiária Como Planta de Cobertura em Consórcio com o Milho, na Fazenda Decisão, Unaí, MG

Álvaro Vilela de Resende
Jeferson Giehl
Eduardo de Paula Simão
Ziany Neiva Brandão
Sandro Manuel Carmelino Hurtado
Célia Regina Grego

Introdução

No âmbito do projeto “Tecnologias Habilitadoras para Automação e AP: Sistemas de produção agrícola em grande escala (Embrapa 11.14.09.001.01.04.003)”, a estrutura de pesquisa on-farm vem sendo utilizada para um estudo de monitoramento e aprimoramento da adubação com a utilização de índices de vegetação obtidos por sensor ativo de dossel e imagens de satélite. Os esforços para aplicação do sensoriamento de lavouras para tomada de decisão no dimensionamento do uso de corretivos e fertilizantes ainda esbarram em limitações que prejudicam sua efetividade. Isso se deve principalmente à gama de fatores ambientais, biológicos e de manejo agrônomo que interferem na nutrição das plantas e, conseqüentemente, nos seus padrões espectrais.

O efeito residual cumulativo das adubações, ao longo do tempo, tem condicionado áreas de produção no Cerrado que já apresentam disponibilidade de nutrientes em níveis adequados a altos, caracterizando ambientes de fertilidade construída. É comum verificar, por meio de experimentos em lavouras, baixa resposta à adubação em áreas bem conduzidas, o que certamente está relacionado aos estoques de nutrientes e tamponamento desses ambientes (Resende et al., 2019).

A filosofia da adubação de restituição, baseada na reposição apenas das quantidades de nutrientes exportadas nas colheitas, é sugerida como uma estratégia para uso racional de fertilizantes em solos de alta fertilidade. E, na chamada adubação de sistema, visa-se a compatibilizar o atendimento das demandas das culturas que integram o sistema de produção com a flexibilização ou maior facilidade operacional na condução das lavouras. Todavia, tanto a adubação de restituição quanto a de sistema representam tecnologias em evolução, ainda em fase de ajustes adaptativos conforme os condicionantes edafoclimáticos regionais, as características das culturas envolvidas e o perfil de funcionamento de cada fazenda.

Um grande desafio atual para técnicos e agricultores é a busca de meios para manter ou aumentar o potencial produtivo e a qualidade do solo no Sistema Plantio Direto (SPD) no Cerrado. Nesse sentido, tem-se introduzido espécies forrageiras como as do gênero *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) em consórcios com culturas produtoras de grãos (milho e soja), com o propósito de diversificação ecológica, ciclagem de nutrientes e incremento na produção de palhada.

Apresenta-se, a seguir, uma estratégia de experimentação estabelecida buscando avanços na pesquisa em condições realistas, em um sistema de produção comercial soja/milho segunda safra, com ou sem a inclusão da braquiária *ruzizensis* (*Urochloa ruzizensis*) como planta de cobertura em consórcio com o milho.

Material e Métodos

Tratamentos e operacionalização da pesquisa on-farm

Foram implantados os tratamentos descritos na Tabela 1, aplicados ao sistema soja/milho segunda safra, com ou sem a inclusão da braquiária *ruziziensis* como planta de cobertura em consórcio com o milho. Graças ao ferramental de Agricultura de Precisão (AP), os tratamentos puderam ser acomodados em um ambiente de lavoura comercial, ocupando metade da área de um talhão de 50 hectares da Fazenda Decisão, Unaí, MG (16°24'49,03" S; 47°17'55,68" W; altitude de 992m). As premissas e hipóteses científicas do estudo não serão aqui apresentadas, uma vez que não são foco do conteúdo desta publicação, que é o desenvolvimento/validação/indicação de metodologias para realização de experimentos on-farm.

Tabela 1. Tratamentos estabelecidos em experimentos on-farm, no sistema soja/milho segunda safra, com e sem braquiária como planta de cobertura. Fazenda Decisão, Unaí, MG.

Tratamento
1. Controle sem adubação
2. Adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O de restituição
3. Adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O de restituição – 30%
4. Adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O de restituição + 30%
5. Adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O padrão da fazenda
6. Adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O padrão da fazenda + 30%
7. Adubação P ₂ O ₅ -K ₂ O do sistema aplicada toda na soja

Localizada no Noroeste de Minas Gerais, região representativa de produção de grãos em SPD no Cerrado, a Fazenda Decisão caracteriza-se pelo grau elevado de adoção de tecnologia, dispõe de maquinário moderno e oferece apoio operacional para a implantação e tratos culturais de experimentos. Um diferencial importante é a receptividade dos proprietários, gerentes e operadores a inovações tecnológicas relacionadas à automação do processo produtivo e protocolos informatizados, porém sem desprezar o zelo das pessoas mesmo nas práticas de manejo cultural mais elementares. Uma fazenda parceira com essas qualidades é fundamental para o êxito em pesquisas on-farm, tendo em vista que a experimentação não deixa de ser um conjunto de ações estranhas ao cotidiano dos envolvidos na sua operacionalização a campo. Por serem alheias à rotina do processo produção de grãos, muitas dessas ações exigem novos aprendizados, além de mais atenção e paciência por parte dos empregados da fazenda, sob pena de comprometer o alcance dos objetivos da pesquisa.

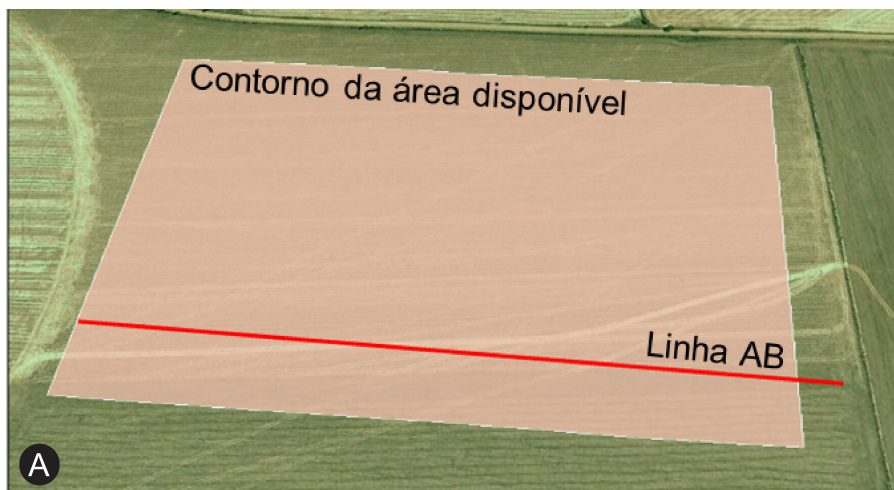
As atividades on-farm foram iniciadas na safra 2018/2019, em um talhão com Latossolo Vermelho Amarelo muito argiloso, que vem sendo utilizado com culturas anuais há mais de 20 anos, manejado em SPD. A disposição das parcelas seguiu o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As dimensões foram definidas conforme as bitolas do maquinário disponível e visando a que as parcelas tivessem tamanho suficiente para a obtenção de imagens com resolução espacial adequada a modalidades de sensoriamento remoto para fins de AP, como as advindas dos sensores gratuitos dos satélites Sentinel 2A e 2B. Assim, a largura de cada parcela foi de 30 metros, correspondendo a uma passada de equipamento autopropelido de distribuição a lanço de fertilizantes, quatro passadas de semeadora (15 linhas espaçadas de 0,5m) e uma passada de pulverizador autopropelido (Figura 1), sendo o comprimento definido em 150 metros.



Figura 1. Equipamentos utilizados em experimentação on-farm na Fazenda Decisão, Unaí, MG. A) autopropelido de distribuição a lanço de fertilizantes, regulado para aplicação em faixas de 30m, correspondendo à largura das parcelas; B) tela do monitor do sistema de distribuição de fertilizantes a taxa variável, na qual podem ser visualizadas as parcelas experimentais em retângulos de cores diferentes (doses de adubo) e a “Linha AB” demarcando o alinhamento a ser seguido no campo; C) semeadora de 15 linhas dotada de sistema de distribuição de fertilizante a taxa variável no sulco, com 7,5m de largura; e D) pulverizador autopropelido com dispositivos de distribuição de sementes de braquiária acoplados à barra de pulverização, regulado para aplicações em faixas de 30 metros de largura.

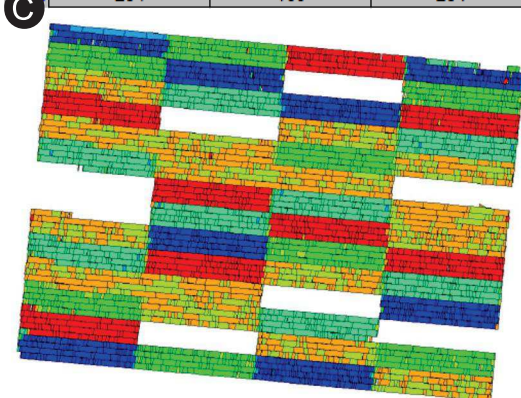
A demarcação das parcelas foi realizada a partir da captura das coordenadas geográficas nos quatro vértices de um retângulo delimitando os contornos da área do talhão, dentro da qual seriam instalados os experimentos. Com um dos equipamentos da fazenda dotado de sistema de guia por satélite, foi traçada, no campo, uma linha de base virtual (Linha AB), que balizou o sentido de deslocamento posterior de todo o maquinário necessário, ao longo do período de condução experimental. Ou seja, com essa Linha AB estabeleceu-se o alinhamento de passadas de todos os equipamentos empregados durante a experimentação. De posse dos arquivos geoespacializados de contorno da área e da Linha AB, foi possível alocar as parcelas e, posteriormente, gerar os mapas de prescrição dos tratamentos de adubação com as respectivas doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) a serem aplicadas em cada cultivo de soja e/ou milho (Figura 2). Para a geração dos *shapes* de contorno da área, foi utilizado o software Trackmaker® e a confecção dos mapas de prescrição foi realizada no QGIS 2.18, software SIG *opensource*. Foram criados arquivos no formato de *shapefile*, compatíveis para o reconhecimento pelos sistemas de aplicação de insumos em taxa variável instalados nos equipamentos da fazenda.

As primeiras atividades realizadas, de acordo com a conformação das parcelas e tratamentos no campo, foram a aplicação da adubação com K a lanço em pré-semeadura e, cerca de um mês depois, a operação de semeadura da soja, na qual efetuou-se também a adubação com P (fonte MAP) no sulco. Na sequência, foi feita a marcação, com GNSS – *Global Navigation Satellite System* – portátil (GPS - Garmin GPSMAP 64s®), de pontos de checagem de limites das parcelas e das extremidades das linhas inicial e final dos experimentos, conferidos com as passadas da semeadora. Nessas extremidades, adicionalmente, foram fixadas estacas, enterradas até o nível do solo, e bandeiras.



Tratamentos de adubação com fertilizante MAP - Soja 2018/2019

	150m	150m	150m	150m	
30m	234	139	75	234	Soja/Milho + Braquiária
30m	139	234	0	139	
30m	107	180	234	75	
30m	75	0	107	180	
30m	107	107	139	107	
30m	180	107	107	0	
30m	0	75	180	107	
30m	0	180	75	107	
30m	107	234	139	75	Soja/Milho
30m	180	75	107	180	
30m	107	107	0	234	
30m	139	107	180	0	
30m	75	0	107	139	
30m	234	139	234	107	



219,14 - 380,21 kg ha ⁻¹	3,28 ha
191,16 - 219,13 kg ha ⁻¹	0,22 ha
163,18 - 191,15 kg ha ⁻¹	4,04 ha
135,20 - 163,17 kg ha ⁻¹	3,60 ha
107,22 - 135,19 kg ha ⁻¹	3,17 ha
79,24 - 107,21 kg ha ⁻¹	4,31 ha
55,22 - 79,23 kg ha ⁻¹	3,57 ha

Figura 2. Experimento on-farm na Fazenda Decisão, Unaí, MG. A) Definição do contorno da área experimental e marcação da Linha AB; B) Alocação espacial das parcelas com suas dimensões finais; C) Sorteio dos tratamentos com quatro repetições nos experimentos incluindo ou não braquiária no sistema soja/milho segunda safra; e D) Mapa dos tratamentos, como aplicado, na adubação de base (MAP) da soja na safra de verão 2018/2019.

Fonte: (A e B) Google Earth (2018).

Esses procedimentos mostraram-se imprescindíveis para a orientação correta do maquinário nos cultivos subsequentes, tendo em vista a ocorrência de certa divergência (chegando a até 2 metros de diferença) dos pontos definidos no campo, no primeiro cultivo, em relação ao indicado nos dispositivos de guia por satélite dos diferentes equipamentos, ao longo do tempo. Limitações de precisão no posicionamento de máquinas por satélite são relativamente frequentes nas fazendas brasileiras, podendo ser atribuídas a erros dos sistemas GNSS com relação à órbita dos satélites, à refração e reflexão do sinal, assim como do sistema de correção diferencial de sinal utilizado pela fazenda, e, também, a diferenças do sinal captado entre os dispositivos de guia instalados nos equipamentos agrícolas. Obviamente, para atividades de experimentação, tais limitações são fatores críticos, o que reforça a necessidade de pontos de controle fixos no campo.

Tanto a soja quanto o milho foram cultivados em espaçamento de 50 cm entre linhas. Para preservar os limites das parcelas, a semeadura de cada novo cultivo foi sobreposta aos sulcos da cultura anterior, o que foi possível graças ao sistema de navegação por satélite, auxiliado com a checagem da estaca de demarcação fixa na linha inicial dos experimentos. A braquiária foi semeada a lanço, com mecanismos distribuidores acoplados ao pulverizador, antecedendo a semeadura do milho.

Avaliações especializadas e tratamento de dados

Para as finalidades do estudo em Unai, MG, foi feita marcação, com GNSS portátil, de um ponto central em cada parcela, a fim de possibilitar avaliações fitotécnicas e amostragens orientadas, de modo a serem obtidos dados experimentais em subáreas livres de interferências/contaminações que normalmente ocorrem nas zonas de transição entre as parcelas/tratamentos (ex: deriva de grânulos de adubo no sentido do vento durante as aplicações a lanço). Como medida de segurança e para aferição das mensurações automatizadas, sempre que possível, também se adotou o procedimento de “avaliações manuais” em parcelas de pequenas dimensões, nos moldes da experimentação tradicional, utilizando o GNSS para alcançar as imediações dos pontos centrais georreferenciados, sempre considerando um raio máximo de até 10 m em torno de cada ponto central (Tabela 2).

Tabela 2. Operações automatizadas e manuais na experimentação on-farm conduzida na Fazenda Decisão, Unai, MG.

Operação mecanizada, automatizada ou remota	Operação manual no centro das parcelas
Aplicação da adubação de base (P) a taxa variável no sulco, via semeadora.	Identificação de estádios fenológicos, avaliações de estande e de altura de plantas.
Aplicação da adubação com K a taxa variável, a lanço, via distribuidor autopropelido.	Medidas de clorofilômetro e de índice de vegetação com equipamentos portáteis.
Aplicação da adubação com N a taxa variável, a lanço, via distribuidor autopropelido.	Amostragem foliar para monitoramento do estado nutricional das culturas.
Semeadura de braquiária a lanço, via dispositivos acoplados em pulverizador autopropelido.	Colheita em pequenas parcelas para aferição do rendimento de grãos.
Tratos culturais requeridos no manejo das culturas (controle fitossanitário e outros).	Quantificação de palhada/cobertura do solo após as colheitas.
Aquisição de imagens e de índices de vegetação, da área em estudo, por satélite ou drone.	Amostragem de solo para monitoramento da fertilidade.
Mapeamento de colheita por monitor/sensores acoplados à colhedora.	

A descrição de atividades na Tabela 2 permite a percepção de como se conjugaram operações mecanizadas, automatizadas ou remotas com procedimentos realizados manualmente, para a condução e avaliações dos experimentos, de acordo com as possibilidades e condicionantes da fazenda e os objetivos da pesquisa no caso em questão. A estratégia adotada permitiu o monitoramento de variáveis tanto de forma massal, na área total dos experimentos, quanto em avaliações pontuais, na parte central das parcelas. Assim, por exemplo, foram obtidos índices de vegetação (ex: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI), por meio de imagens de satélite do talhão com os experimentos, e por sensor portátil (GreenSeeker®) diretamente no campo. No caso da avaliação do rendimento de grãos, foram colhidas, manualmente, quatro linhas de 3 metros de comprimento na área central das parcelas. Em seguida, realizou-se a colheita em área total, monitorada com os dispositivos da colhedora da fazenda, permitindo, posteriormente, gerar o mapa de rendimento de grãos da cultura.

A implantação dos dois experimentos (com ou sem inclusão da braquiária no sistema soja/milho segunda safra), em delineamento de blocos inteiramente casualizados, possibilitou que tanto os dados coletados manualmente nas parcelas quanto os derivados de imagens de satélite e de drones, ou de monitoramento da colheita, fossem submetidos à análise de variância e a testes estatísticos tradicionais. Para isso, os dados provenientes de imagens, após serem tratados, permitiram a confecção de mapas de índices de vegetação (Figura 3) e valores pontuais foram “extraídos” com uso do geoprocessamento. Adicionalmente, para estudo da variabilidade espacial, os dados de imagens e de colheita passaram por análise geoestatística e preparação de mapas após interpolação por krigagem, utilizando-se softwares proprietários como Surfer e ArcGis.

Dados médios em um raio de até 20 metros em torno do ponto central das parcelas foram extraídos dos mapas, possibilitando comparar as medidas estimadas nos mapeamentos com as obtidas manualmente. Entende-se que essa flexibilidade de tratamento estatístico na pesquisa on-farm foi vantajosa, ao permitir a complementaridade de interpretação por diferentes formas de abordagem na análise de dados de interesse agrônomo. Além disso, esses procedimentos comparativos foram essenciais na validação de opções de monitoramento/avaliação automatizadas e/ou remotas em lavouras, para posterior indicação como prática passível de adoção na rotina das fazendas.

Para validação dos dados de rendimento de grãos registrados pela colhedora no caso de Unaí, inicialmente foi feita uma inspeção nos registros com remoção de erros e *outliers*. Em seguida, realizou-se a geoespacialização dos dados limpos, avaliando as opções de interpolação por krigagem (método utilizado em geoestatística para interpolação de dados) ordinária e pelo inverso do quadrado da distância, sendo que os mapas gerados com o segundo método apresentaram mais coerência com a distribuição espacial de tratamentos contrastantes no campo. Após essa etapa, foram extraídos pontos da produtividade obtida com a colhedora, usando uma máscara de raio de aproximadamente 20 metros em torno dos pontos centrais das parcelas, para coincidir com o local da colheita manual e evitar os efeitos das bordaduras entre tratamentos. Esse procedimento permitiu correlacionar os dados de rendimento de grãos fornecidos pela colhedora com os obtidos na colheita manual de uma pequena subárea (quatro linhas de 3 metros de comprimento) no centro de cada parcela.

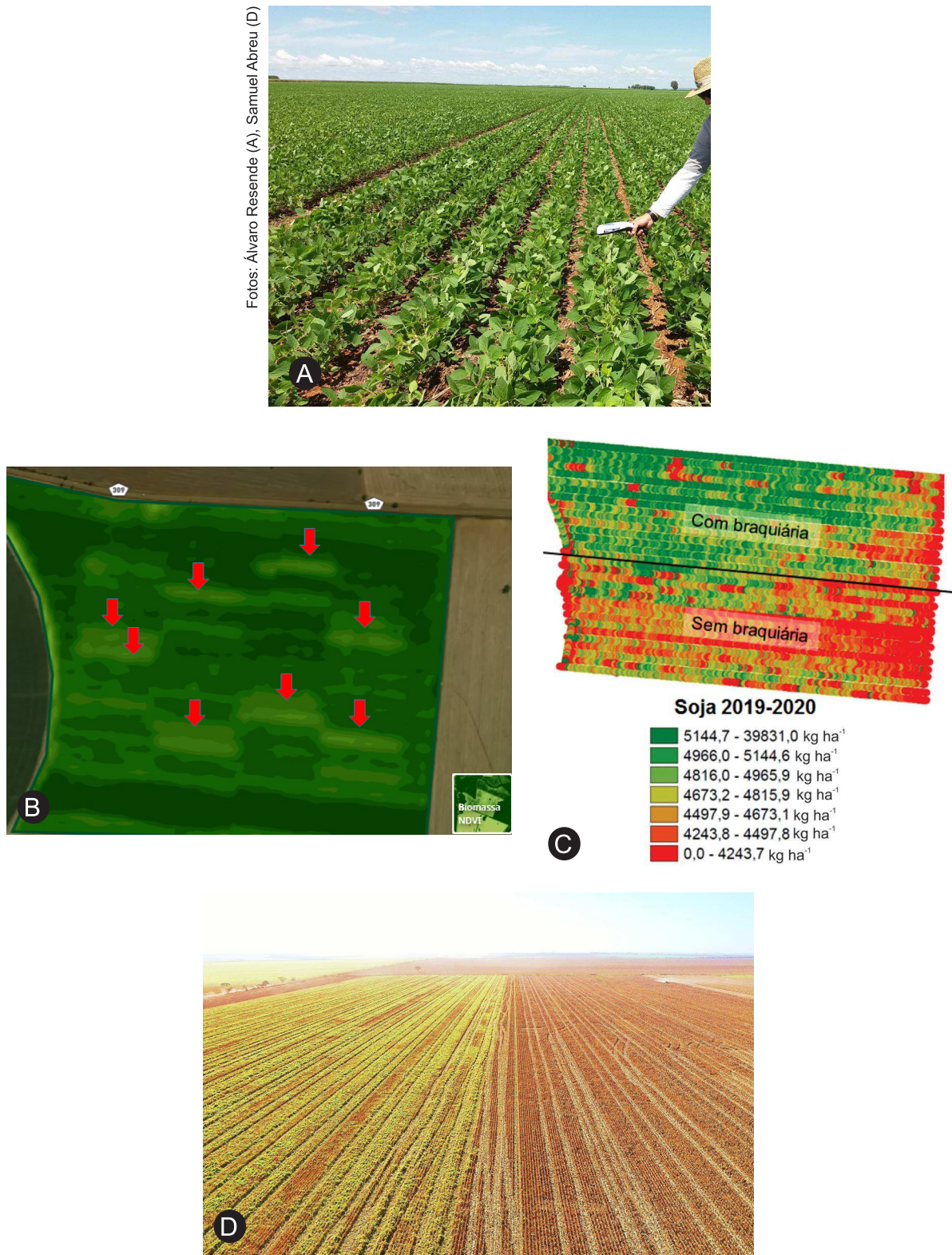


Figura 3. Exemplos de avaliações realizadas em experimentação on-farm na Fazenda Decisão, Unai, MG. A) avaliação manual de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na cultura da soja, com o equipamento portátil GreenSeeker®; B) imagem de NDVI do talhão no cultivo de milho, pelo aplicativo AtFarm®, contrastando a área com braquiária (verde mais escuro na metade superior) e parcelas menos adubadas (setas); C) mapa de rendimento de grãos na área experimental, a partir de dados brutos do monitor da colhedora; e D) imagem de drone contrastando o padrão de cobertura do solo nos experimentos com braquiária (lado esquerdo) e sem braquiária (lado direito), após a colheita.

Fonte: (B) Google Earth (2021).

Resultados e Discussão

Resultados para validação da pesquisa on-farm

Os resultados experimentais envolvendo os tratamentos do estudo de caso na Fazenda Decisão não serão apresentados em detalhes e discutidos nesta publicação, mas os exemplos de mapas da Figura 4 dão ideia da variação espacial do rendimento de grãos na área dos experimentos.

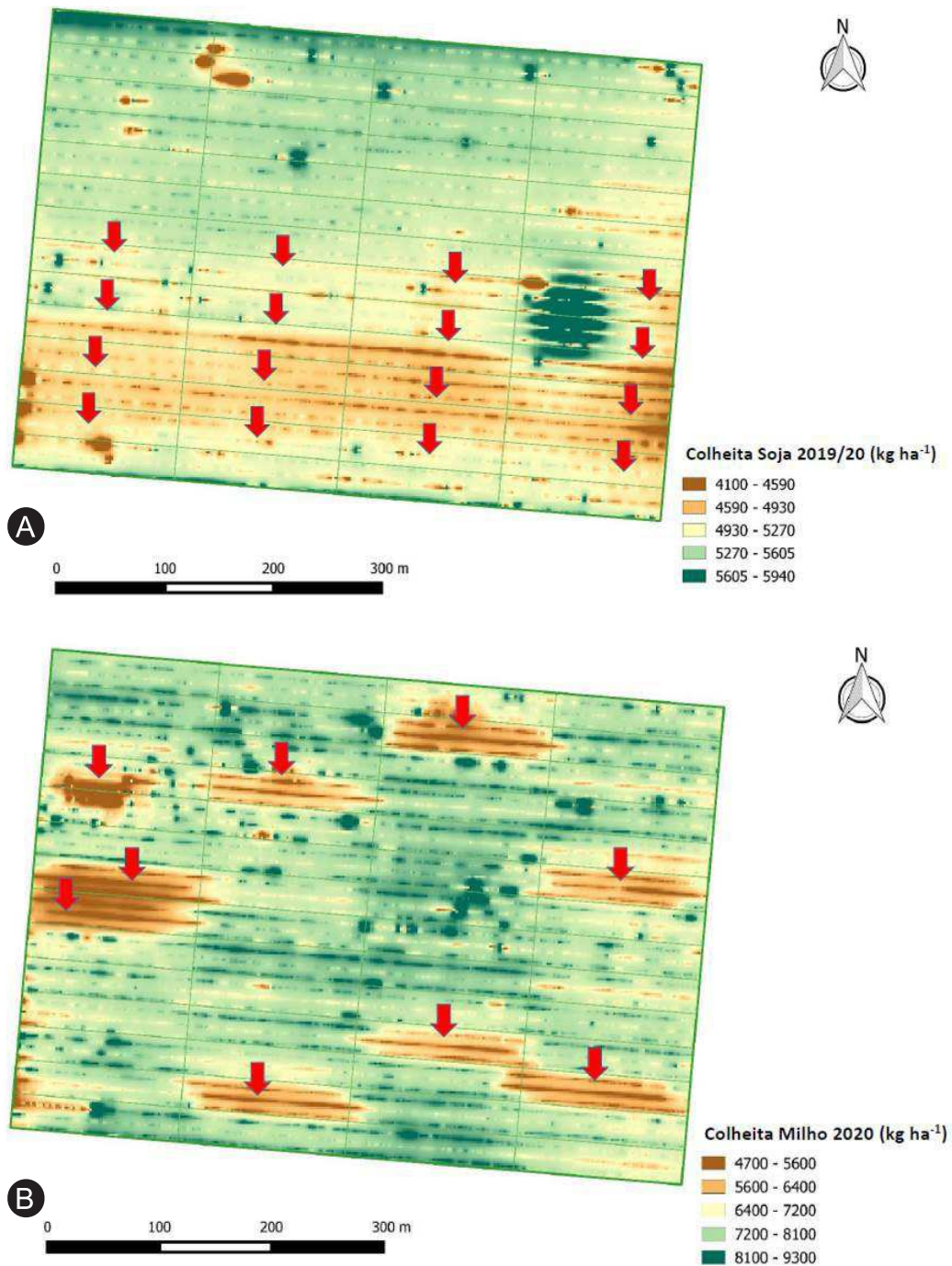


Figura 4. Exemplos de mapas de rendimento de grãos (kg ha⁻¹) em experimentação on-farm na Fazenda Decisão, Unai, MG. A) Soja na safra 2019/2020; e B) Milho segunda safra 2020. Setas indicam experimento/parcela com menor produtividade em função dos tratamentos.

A soja da safra 2019/2020 não apresentou resposta estatisticamente significativa aos tratamentos de adubação (dados não apresentados), mas, quando cultivada sobre a palhada do experimento que teve a inserção da braquiária como planta de cobertura, expressou um ganho médio significativo de 5,6 sc ha⁻¹. Tal diferença aparece visualmente no mapa de rendimento de grãos, embora sem uma correspondência exata com os limites dos dois experimentos (Figura 4).

Já no milho cultivado em sucessão na segunda safra 2020, houve parcelas com grande redução de produtividade no mapa interpolado da colhedora (Figura 4), coincidindo nitidamente com a localização do tratamento “Controle sem adubação”.

Como reflexo do comportamento das duas culturas frente aos tratamentos, os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o rendimento estimado a partir dos mapas de colheita e o determinado na avaliação manual foram de 0,54 e 0,82 para a soja e para o milho, respectivamente, em 2019/2020.

De forma análoga, os dados do mapa de índice de vegetação (NDVI) derivados do sensoriamento remoto por imagem de satélite apresentaram boa correlação com as leituras feitas a campo com o equipamento portátil GreenSeeker no estágio fenológico V6 ($r = 0,79$) e com o rendimento de grãos ($r = 0,77$) do milho segunda safra 2021. No caso da soja, as correlações sempre foram menos consistentes devido à baixa resposta dessa cultura aos tratamentos de adubação, nas condições da Fazenda Decisão.

Desse modo, confirmou-se que os expedientes de avaliação automatizada/mecanizada do vigor de plantas e da produtividade empregados na experimentação on-farm em Unai foram válidos para a amplitude de variação encontrada nos experimentos e para as dimensões das parcelas. Entretanto, constatou-se que o processamento dos dados e os resultados podem ficar melhores se essas dimensões forem redefinidas para trabalhos futuros, aumentando a largura e reduzindo o comprimento das parcelas.

Um resultado prático é que as informações obtidas na experimentação on-farm indicaram que o ferramental de agricultura de precisão disponível na Fazenda Decisão poderia ser empregado de forma rotineira, viabilizando meios para aperfeiçoar/facilitar o monitoramento das lavouras, elaborar diagnósticos espacializados e orientar o manejo nutricional nos talhões de cultivo.

Dificuldades e oportunidades na pesquisa on-farm

A experiência vivenciada na Fazenda Decisão permitiu lidar e buscar soluções para algumas limitações operacionais na execução de pesquisa on-farm, ao mesmo tempo em que revelou oportunidades para novas aplicações em agricultura de precisão. Dentre os entraves operacionais, destacaram-se as 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. Essas questões foram superadas pela atuação direta dos usuários, envolvendo algum grau de improviso. Entretanto, aos poucos, as soluções de compatibilidade evoluirão pelas ações corporativas dos fornecedores de softwares e de equipamentos.

Os mapas de colheita constituem informação das mais valiosas para a pesquisa on-farm e têm grande utilidade como ferramenta de monitoramento de desempenho da própria fazenda. Entretanto, há necessidade de tratamento dos dados brutos coletados por sensores de colheita (Figura 3), para filtragem de *outliers* e mapeamento final de maior confiabilidade. As plataformas associadas aos dispositivos das colhedoras fornecem um mapa resumo, mas não tratam as particularidades, pelo menos por enquanto.

Já outros fatores interferentes na experimentação on-farm são de mais difícil previsibilidade e controle. Vão desde o risco de deriva de adubo durante a distribuição na modalidade a lanço, conforme a presença e sentido do vento na aplicação de tratamentos de adubação, até a 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. Os problemas de deriva e de meteorologia também podem prejudicar a qualidade dos tratamentos fitossanitários (pulverizações de defensivos) e influenciar na produtividade em certas partes do experimento. Para amenizar tais interferências, no planejamento experimental, deve-se prever um tamanho de parcela razoável, com bordaduras ampliadas e, na medida do possível, um maior número de repetições. Pode-se, ainda, aumentar o número de pontos de mensuração de variáveis dentro de cada parcela no campo, visando a melhorar a representatividade nas avaliações dos tratamentos. Por fim, cabe frisar que a repetição dos tratamentos no tempo, por meio da experimentação ao longo de várias safras e em cultivos diversificados, contribui para diluir o efeito de fatores não controlados, além de conferir maior consistência e confiabilidade às conclusões do estudo.

A sobreposição das linhas de semeadura a cada novo cultivo, para preservar os limites das parcelas, pode criar dificuldades operacionais ao maquinário, que funciona melhor quando não há coincidência exata com o sulco da safra anterior. Na Fazenda Decisão observou-se, durante a semeadura, maior frequência de acúmulo (“embuchamento”) e arraste de palhada nos carrinhos da semeadora (não quantificado) ao seguir sempre o mesmo traçado no campo. Além disso, as rotas fixas do equipamento distribuidor de fertilizantes a lanço e do pulverizador, no mesmo sentido da semeadura para os tratamentos durante o ciclo da cultura, acabam por sacrificar linhas inteiras do experimento.

No caso específico de tratamentos que envolvem adubação localizada no sulco de semeadura, a sobreposição das linhas de semeadura promove a concentração de nutrientes residuais no sulco, o que exige controle e procedimentos específicos na amostragem de solo para o monitoramento da fertilidade. Caso contrário, pode induzir a erros de interpretação dos resultados de análises do experimento.

No tocante às oportunidades, os ambientes de fazenda criam possibilidades de repensar a execução de praticamente todas as etapas do sistema produtivo tradicional, as quais, em última instância, podem vir a ser realizadas de novas formas, mais inteligentes, ágeis e eficientes. Diante da constante atualização tecnológica e mercadológica vinculada à agricultura de precisão, 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 já nascem customizadas para a realidade das fazendas, necessariamente.

Assim, há diversos caminhos a percorrer para a geração de soluções integradas de implementação, monitoramento, análise de desempenho e reorientação contínuos 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 agricultura de precisão, em avanço rumo à agricultura digital ou 4.0, “com os pés no chão”.

Agradecimentos

Aos proprietários, gerente e funcionários da Fazenda Decisão, pelo compromisso e apoio imprescindíveis a este trabalho de experimentação on-farm. À Fundação Agrisus (PA 2484/18), pelo suporte financeiro complementar a esta iniciativa.

Referência

RESENDE, A. V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; CARVALHO, M. C. S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 10, p. 342-398, 2019.