

Agricultura de precisão e experimentação on-farm na cana-de-açúcar e estudo de caso para validação das zonas diferenciadas de manejo numa área produtiva

Precision agriculture and on-farm experimentation with sugarcane and case study for validation of differentiated management zones in a productive area

Célia Regina Grego¹, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues², Eduardo Antonio Speranza³, Ariovaldo Luchiari Júnior⁴, Carlos César Ronquim⁵

¹ Pesquisadora, Embrapa Agricultura Digital, Campinas (SP), Brasil, celia.grego@embrapa.br

² Pesquisadora, Embrapa Territorial, Campinas (SP), Brasil, cristina.rodrigues@embrapa.br

³ Analista, Embrapa Agricultura Digital, Campinas (SP), Brasil, eduardo.speranza@embrapa.br

⁴ Pesquisador, Embrapa Agricultura Digital, Campinas (SP), Brasil, ariovaldo.luchiari@embrapa.br

⁵ Pesquisador, Embrapa Territorial, Campinas (SP), Brasil, carlos.ronquim@embrapa.br

RESUMO


A cana-de-açúcar ocupa grandes extensões de área principalmente no estado de São Paulo, o maior produtor nacional. Essas áreas de cultivo necessitam ser manejadas com tecnologias modernas que tragam maiores retornos financeiros ao produtor e menores impactos ao ambiente. Na adoção da agricultura de precisão (AP), dados de atributos do solo aliados aos índices vegetativos da cultura obtidos por sensoriamento podem gerar mapas com distintas zonas de manejo capazes de expressar a variabilidade espacial da área de cultivo da cana-de-açúcar e que podem ser correlacionados com a produtividade. Dentro dessa abordagem, o objetivo deste trabalho é revisar o estado da arte do on-farm em cana-de-açúcar e relatar o ensaio on-farm quanto a adubações diferenciadas em cada zona de manejo de área de cultivo da cana-de-açúcar na Fazenda Santa Helena, arrendada pela Usina Santa Cruz, localizada no município de Ibaté/SP. Os estudos indicam que o on-farm na cana-de-açúcar, além de proporcionar melhor interação com o produtor, atendendo as necessidades para teste e validação da agricultura de precisão, leva a melhorias na produtividade da cultura o mais próximo possível de seu máximo potencial produtivo, redução dos custos e minimização dos impactos negativos ao meio ambiente. Quanto ao estudo de caso, o diagnóstico de duas zonas diferenciadas de manejo foi útil para a alocação dos tratamentos do experimento on-farm em faixas, e a melhor resposta da produtividade da cana foi para a adubação sólida de 30 kg de N ha⁻¹, validando assim a AP na tomada de decisão de manejo da cultura.

Palavras chaves: variabilidade espacial; adubação nitrogenada; produtividade.

ABSTRACT

Sugarcane occupies large areas in Brazil, mainly in the State of São Paulo, the largest national producer. These cultivation areas require modern technological management that provides greater financial returns for the producer while minimizing environmental impacts. In adopting Precision Agriculture (PA), soil attribute data, combined with crop vegetative indices obtained by sensing, can generate maps presenting different management zones that express the spatial variability of the sugarcane cultivation area and that can be correlated with productivity. Working within this approach, the present study sought to review the state of the art for on-farm sugarcane and report on-farm test results for differentiated fertilization in each management zone of the sugarcane cultivation area on the Santa Helena farm, leased by Usina Santa Cruz, located in the municipality of Ibaté, SP. We found that on-farm sugarcane, in addition to providing greater ease for the producer, meets testing and validation

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000022>

 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.



requirements for PA, leading to improved crop productivity at near maximum potential, cost reductions, and reduced environmental impacts. Regarding the case study, the investigation of two different management zones proved useful for allocating the treatments for the on-farm experiment in strips, while the best sugarcane productivity response was observed for 30kg of solid N ha⁻¹ fertilizer, thereby validating PA for crop management decision-making.

Keywords: spatial variability; nitrogen fertilization; crop production.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação on-farm vem sendo cada vez mais aprimorada tecnicamente e utilizada pelos produtores de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) e agroindústria canavieira, principalmente nos dois últimos anos. O termo on-farm, ou seja, dentro da fazenda, diz respeito, principalmente, à produção de insumos biológicos (bioinsumos) para uso próprio, dentro da própria propriedade agrícola. Por definição do Programa Nacional de Bioinsumos (Brasil, 2023) criado por Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, bioinsumo é o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos.

Inicialmente, os bioinsumos eram mais utilizados no cultivo de grãos, como a soja, e agora, de forma rápida e crescente, para uso na cafeicultura (controle biológico), para a cana-de-açúcar (controle biológico e biofertilizante) e outras culturas. Conforme nota técnica da Embrapa (2021), a qualidade do produto biológico on-farm é essencial para que se possam promover os efeitos desejados, tanto para a promoção de crescimento vegetal quanto para o controle de insetos, pragas e doenças. Mas, conforme Bocatti et al. (2022) e Embrapa (2021), a produção on-farm pode trazer riscos para as culturas, para a saúde e para a cadeia produtiva caso não sejam observados três princípios básicos na produção de insumos biológicos por produtores (produção on-farm): 1- permitir a multiplicação apenas de microrganismos que constam das listas oficiais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); 2- necessidade de cadastro de estabelecimento produtor de bioinsumos junto ao MAPA; e 3- necessidade de um responsável técnico habilitado para a produção de bioinsumos nas fazendas.

Sob outro aspecto, ainda dentro da agricultura de precisão (AP) e aplicação “on-farm”, existem os en-

saio on-farm (ensaios na fazenda), os quais dizem respeito ao uso de novas tecnologias que são pesquisadas, testadas e validadas em campo na área cultivada da própria fazenda que se quer estudar/avaliar (Pires; Brandão, 2022). A intenção da experimentação on-farm é detectar as melhores opções de uso das tecnologias testadas para elevar a produtividade da cultura o mais próximo possível de seu máximo potencial produtivo. Normalmente, esses ensaios são desenvolvidos em ações conjuntas entre os produtores rurais ou empresas de agronegócio e técnicos especializados na condução de experimentos e delineamentos experimentais a serem utilizados em campo. Os experimentos são voltados à solução de problemas práticos de campo como manejo, qualificação e quantificação de produtos, determinação do ciclo agrônomico ótimo da cultura, entre outros. No documento de Pires e Brandão (2022) são apresentados e discutidos nove estudos de caso de ensaios on-farm, realizados no âmbito do Projeto Embrapa Tecnologias Habilitadoras 1 para automação e AP, com diferentes sistemas de produção em diferentes regiões do Brasil.

Portanto, mesmo a produção on-farm de bioinsumos necessitará de experimentação em campo (ensaio on-farm) voltada à validação dos novos produtos ou processos on-farm. Isso exposto, o objetivo deste trabalho é revisar o estado da arte do on-farm em cana-de-açúcar e relatar o ensaio on-farm quanto a adubações diferenciadas em cada zona de manejo de área de cultivo da cana-de-açúcar na Fazenda Santa Helena, arrendada pela Usina Santa Cruz, localizada no município de Ibaté/SP.

2 AGRICULTURA DE PRECISÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR

A lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022, institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão, com o objetivo de ampliar a utilização de técnicas de produção agropecuária no Brasil (Brasil, 2022). Para os efeitos desta lei, define-se a agricultura e pecuária de precisão (APP) como o conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas em um sistema de gerenciamento agropecuário baseado na variabilidade espacial ou individual e temporal que objeti-

va a elevação da eficiência na aplicação de recursos e insumos de produção, de forma a diminuir o desperdício e aumentar a produtividade e a competitividade, bem como garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica (Brasil, 2022).

Em estudo sobre a adoção da AP e seus impactos sobre a eficiência tecnológica em fazendas de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, Carrer et al. (2022) mostraram que o tamanho da propriedade rural, o nível de escolaridade do produtor rural e a assistência técnica no campo afetam a adoção de tecnologias de AP pelos produtores de cana-de-açúcar. Portanto, a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão vem oportunizar de forma igualitária aos pequenos, médios e grandes produtores rurais mais condições para incrementar a produtividade, com redução de custos e melhora na qualidade dos produtos.

De acordo com Grego et al. (2014), a agricultura de precisão (AP) tem como premissa que a variabilidade de espaço e de tempo influencia nos rendimentos da cultura devido às diferenças naturais nas áreas de plantio quanto à fertilidade do solo, infiltração de água, nível de compactação e tipos de solo, e às superfícies geomorfológicas ou outros atributos relevantes. Assim, Pusch, Machado e Amaral (2019) descrevem três estratégias que a AP busca e encontra: 1- a otimização do uso de insumo; 2- o aumento de produtividade do cultivo; e 3- a melhora na qualidade do produto colhido. Os autores (Pusch et al., 2019) citam o Sistema Global de Navegação por Satélite, o sensoramento (satélites, aviões, vant, drones, sensores), a estratégia de amostragem, o mapeamento da produtividade e o manejo localizado (aplicação localizada nos canaviais a taxas variáveis de fertilizantes químicos ou biofertilizantes on-farm, defensivos agrícolas ou bio-defensivos on-farm e outros) como as principais tecnologias envolvidas na AP. Essas tecnologias citadas foram as propulsoras e facilitadoras do uso de ensaios on-farm, que é uma etapa necessária, relativamente recente, dentro do ciclo de AP (Pires; Brandão, 2022).

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil foi uma das pioneiras a utilizar tecnologias de ponta, com uso efetivo da AP a partir do ano 2000 (Grego et al., 2014). Conforme a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento, 2022), a produção de cana-de-açúcar para a safra de 2022-2023 (terceiro levantamento da safra) é de 598,3 milhões de toneladas de cana, produzida em 8.307,3 mil ha de área de colheita. A produtividade nacional estimada é de 72 t/ha, 3,9% superior à obtida na safra de 2021/22. O estado de São Paulo, que é responsável por 49,5% da área colhida nacional, tem índice de colheita mecanizada de 99,2%, o maior do Brasil quando comparado ao índice nacional

de colheita mecanizada, que é de 89,7% (Companhia Nacional de Abastecimento, 2022).

A intensificação da mecanização na colheita da cana-de-açúcar por colheitadeiras modernas provocou a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como resposta à suspensão de queimadas nos canaviais e consequente impedimento da colheita manual. Portanto, a sistematização do manejo nas lavouras (por meio de ensaios on-farm e manejo on-farm), os avanços nos sistemas mecânicos das máquinas agrícolas (colheitadeiras, plantadeiras, pulverizadoras inteligentes, implementos e outros) e novas tecnologias e inovações proporcionadas pela agricultura de precisão (AP) só contribuem para elevação da produtividade das culturas (maior produção em mesmo tamanho de área), redução dos custos e minimização dos impactos negativos ao meio ambiente. Os impactos ao meio ambiente são reduzidos por meio de tecnologias como: manejo integrado de pragas e doenças, uso correto de bionsumos on-farm, aumento da longevidade do solo por práticas conservacionistas, redução do uso de defensivos por manejo localizado com taxa variável e outros.

Para o preparo do solo e plantio da cana-de-açúcar de forma mecanizada, também se faz uso de máquinas agrícolas com sensores eletrônicos acoplados, capazes de identificar a situação do solo. Conforme Sanches et al. (2017), um dos fatores limitantes para um mapeamento preciso dos solos dos canaviais é a quantidade de amostras necessárias para uma caracterização precisa da variabilidade de seus nutrientes, visando o uso correto e adequado de fertilizantes ou biofertilizantes on-farm. Os autores citam que tecnologias atuais de sensores de solo, como os sensores de condutividade elétrica aparente (CEa), são capazes de detectar a variabilidade espacial do terreno (mapas de CEa) em relação às propriedades físicas e/ou químicas do solo com precisão e menor custo. Esses mapas de CEa proporcionam uma robusta ferramenta para a fertilização a taxa variável nos canaviais, com uso eficiente dos insumos.

Quanto ao manejo direcionado a grandes áreas de cana-de-açúcar que podem até possuir características semelhantes de clima, solo, declividade e elevação, mas apresentam manchas diferenciadas de algum desses atributos (elevada variabilidade espacial), Marin et al. (2019) afirmam que pouco se sabe sobre as mudanças na produtividade da cana-de-açúcar e seus componentes (número de colmos e concentração de sacarose) influenciados pelo número de safras dos canaviais (tempo de replantio e número de colheitas de soqueira nos canaviais). E que há declínio no rendimento da produção do canavial com suces-

sivas colheitas em campo, apesar de não se ter uma explicação fisiológica. No entanto, os autores que utilizaram um grande banco de dados on-farm de milhares de talhões espalhados em variadas regiões de clima e solo constataram que o manejo cultural desempenha maior importância na variação do rendimento das colheitas nos diferentes canaviais. E sugerem que esse declínio do rendimento das colheitas é consequência do manejo e não uma característica fisiológica inerente à cultura.

3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO ON-FARM EM ÁREA DA USINA SANTA CRUZ EM IBATÉ/SP

Considerando o levantamento exposto sobre o estado da arte da aplicação on-farm em cana-de-açúcar, será relatado como estudo de caso o ensaio on-farm utilizado para validar a agricultura de precisão aplicada na cultura da cana-de-açúcar em área da Fazenda Santa Helena, sendo a experimentação em condições reais do sistema de produção.

A área de estudo compreende um talhão de cana-de-açúcar (cultivar Sweet 9005HP CTC) com aproximadamente 15 ha numa área em Ibaté/SP (Figura 1), arrendada pela Usina Santa Cruz. A experimentação on-farm foi realizada em cana soca no quarto ano de produção considerando duas regiões de zona diferenciada de manejo (ZDM) identificadas conforme

Speranza et al. (2019). Foi implantado experimento de adubação para aplicação localizada em cobertura variando as doses dos insumos dentro de cada ZDM considerando as necessidades e manejos da usina. Foram testados tratamentos relacionados à adubação, principalmente de nitrogênio na forma sólida em cobertura e líquida, sendo cinco tratamentos: T1 – testemunha; T2 – adubação sólida 30 kg de N ha⁻¹; T3 – adubação foliar 3 l de fonte de N, B, Zn, Mg ha⁻¹; T4 – adubação foliar 1,5 l de fonte de N, B, Zn, Mg ha⁻¹; T5 – adubação sólida 30 kg de N ha⁻¹ e adubação foliar 3 l de fonte de N, B, Zn, Mg ha⁻¹) conforme a Figura 1.

Os tratamentos foram aplicados em faixas de 18 m de largura contemplando 12 linhas da cultura com 650 m de comprimento. Análise química de solo, colheita para a produtividade e medição do teor de brix foram realizadas em cada ZDM e em cada tratamento. Os dados foram submetidos a análise estatística para análise e validação em relação à resposta da planta aos tratamentos. Foi realizada análise estatística ANOVA, com delineamento em blocos casualizados e em faixa no software R, utilizando o teste F de Fisher-Snedecor (Fisher, 1922).

Os resultados da análise estatística indicaram que as duas ZDM não alteraram significativamente os atributos do solo e a produtividade da cana com adubação sólida e foliar nas diferentes doses. Speranza et al. (2019) também não encontraram diferenças entre ZDM considerando a produtividade da cana-de-açú-

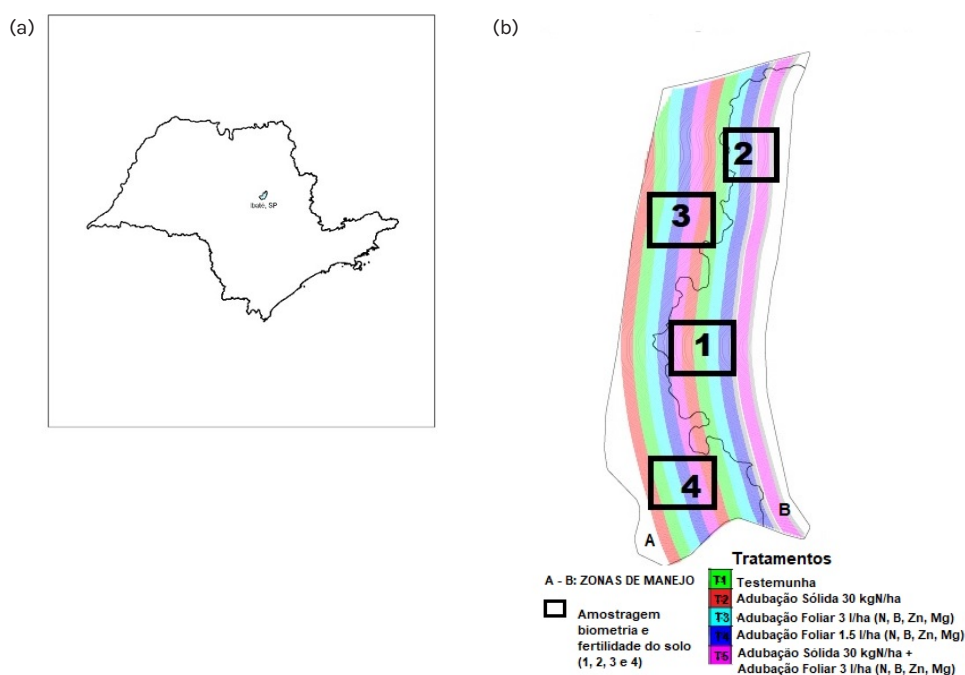


Figura 1. Localização do município e aplicação dos cinco tratamentos em faixas distribuídos em duas posições dentro de cada uma das ZDM (A e B).

Tabela 1. Análise estatística dos tratamentos com adubação na cana-de-açúcar, para os dados da análise química do solo.

| Tratamentos | Fósforo | Potássio | Magnésio | Cálcio | pH | Matéria orgânica | SB | CTC | V% |
|-------------|---------|----------|----------|----------|---------|------------------|---------|---------|----------|
| T1 | 1,096ab | 0,61 | 1,22 a | 2,66ab | 4,83 ab | 24,50 b | 4,01 ab | 8,18 ab | 54,13 ab |
| T2 | 1,094b | 0,36 | 1,38 a | 3,15 a | 5,12 a | 27,75 ab | 4,90 a | 8,08 bc | 60,52 a |
| T3 | 1,127ab | 0,67 | 1,03 ab | 2,37 bc | 4,63 b | 27,50 a | 4,07 ab | 9,07 a | 43,20 b |
| T4 | 1,112ab | 0,50 | 0,78 b | 2,11 c | 4,53 b | 25,75 ab | 3,4 b | 7,79 bc | 43,28 b |
| T5 | 1,067 c | 0,44 | 1,24 a | 2,67 abc | 4,86 ab | 24,25 b | 4,35 ab | 7,15 c | 59,9 a |
| Média | 1,097 | 0,519 | 1,13 | 2,62 | 4,81 | 25,95 | 4,26 | 8,097 | 52,23 |
| DMS 0,05 | 1,34 | 0,44 | 0,41 | 0,60 | 0,43 | 2,85 | 1,34 | 0,95 | 13,78 |
| CV | 0,022 | 56,23 | 23,99 | 15,21 | 5,90 | 7,29 | 20,87 | 7,79 | 17,49 |

DMS: Diferença Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variação; Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas, na linha indicam diferença estatística.

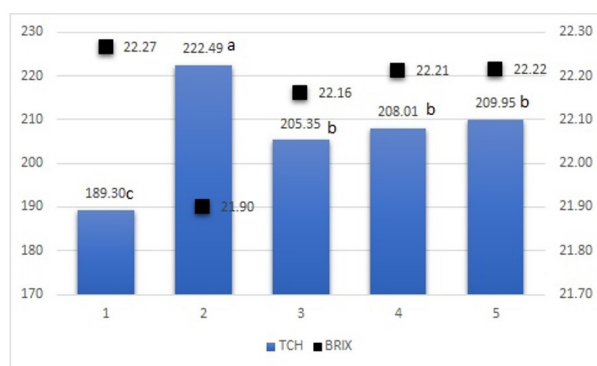


Figura 2. Análise estatística para a produtividade (tha-1) e teor de brix (%) da cana-de-açúcar de acordo com os cinco tratamentos para a cana-de-açúcar.

car, e Bramley et al. (2006) ressaltaram que a experimentação on-farm pode não indicar resultados conclusivos no primeiro ano de ensaio. Na Tabela 1 estão apresentadas as análises estatísticas considerando os tratamentos de aplicações em faixas de insumos e doses nas duas ZDM, para os atributos químicos do solo coletados após colheita. Houve diferença significativa entre os tratamentos para os atributos fósforo, magnésio, cálcio, pH, matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), e o tratamento que resultou em maiores teores dos macronutrientes foi o T2 seguido do T3.

A análise de significância dos cinco tratamentos para produtividade e teor de brix da cana-de-açúcar está apresentada na Figura 2. Verifica-se que houve diferença estatística apenas para a produtividade com maior valor no T2 (adubação na forma sólida com a dose de 30 kg de N ha⁻¹), corroborando os resultados para a química do solo.

Verifica-se que nenhum dos cinco tratamentos resultou em melhorias de produtividade, teor de brix e

nem para química do solo. Para os tratamentos com a combinação de adubação foliar e sólida podem ter fornecido um aporte excessivo de nitrogênio para a planta, considerando que o excesso pode não ser absorvido e se perder por lixiviação e volatilização.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro da agricultura de precisão foram encontrados na literatura diversos ensaios on-farm (ensaios na fazenda), os quais dizem respeito ao uso de novas tecnologias que são pesquisadas, testadas e validadas em campo na área cultivada com cana-de-açúcar. Os estudos levam à detecção de melhores opções de uso das tecnologias testadas para elevar a produtividade da cultura o mais próximo possível de seu máximo potencial produtivo, redução dos custos e minimização dos impactos negativos ao meio ambiente. Além disso, deve-se ressaltar a interação com o produtor, para que as necessidades do mesmo possam ser testadas e validadas diretamente no ambiente produtivo.

Quanto ao estudo de caso, tanto a química do solo quanto a produtividade da cana-de-açúcar foram alteradas apenas entre os tratamentos de adubação e não entre as ZDM. A melhor resposta da produtividade da cana foi para a adubação sólida de 30 kg de N ha⁻¹. Outros ciclos produtivos da cultura devem ser considerados para que a experimentação on-farm possa validar a técnica de agricultura de precisão da cana-de-açúcar para a área de estudo.

AGRADECIMENTOS

À equipe da Usina Santa Cruz, de Ibaté/SP, pelo apoio na condução do trabalho de campo e nas discussões para definição dos tratamentos on-farm.

REFERÊNCIAS

- BOCATTI, C. R.; FERREIRA, E.; RIBEIRO, R. A.; CHUEIRE, L. M. de O.; DELAMUTA, J. R. M.; KOBAYASHI, R. K. T.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Microbiological quality analysis of inoculants based on *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* produced “on-farm” reveals high contamination with non-target microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, n. 1, p. 267-280, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1007/s42770-021-00649-2>.
- BRAMLEY, R.; COOK, S.; ADAMS, M.; CORNER, R. **Designing your own on-farm experiments: how PA can help**. Barton: Grains Research & Development Corporation – GRDC/CSIRO Land and Water, 2006, 36 p.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Programa Nacional de Bioinsumos**. Brasília, DF: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022**. Institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão para ampliação da eficiência na aplicação de recursos e insumos de produção, de forma a diminuir o desperdício, reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade e a lucratividade, bem como garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14475.htm. Acesso em: 25 jan. 2023.
- CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M.; VINHOLIS, M. M. B.; MOZAMBANI, C. I. Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 177, p. 121510, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121510>.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, DF: CONAB, v. 9, safra 2022/23, n. 3, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- EMBRAPA. **Produção de microrganismos para uso próprio na agricultura (on-farm)**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/esclarecimentos-oficiais>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- FISHER, R. A. On the mathematical foundations of theoretical statistics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London: mathematical, physical and engineering sciences**, v. 222, n. 594-604, p. 368-368, 1922. Series A. Disponível em: http://l.academicdirect.org/Horticulture/GAs/Refs/Fisher_1922_Estimation.pdf. Acesso em: 13 jan. 2022.
- GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; VAZ, C. M. P.; HURTADO, S. M. C.; RABELLO, L. M.; BRACALIÃO, S. R.; JORGE, L. A. C.; AFFONSO, R. B. Integração espacial de dados para agricultura de precisão na Unidade Piloto com cana-de-açúcar, Mogi Mirim, SP. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (eds.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014, v. 1, p. 458-466.
- MARIN, F. R.; EDREIRA, J. I. R.; ANDRADE, J.; GRASSINI, P. On-farm sugarcane yield and yield components as influenced by number of harvests. **Field Crops Research**, v. 240, p. 134-142, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.011>.
- PIRES, J. L. F.; BRANDAO, Z. N. **Experimentação on-farm na agricultura de precisão**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. 154 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150179/1/Documentos-201-online.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- PUSCH, M.; MACHADO, T. P.; AMARAL, L. R. **Introdução a Agricultura de Precisão**. Campinas: Unicamp, 2019. Disponível em: www.feagri.unicamp.br/gitap. Acesso em: 23 jan. 2023.
- SANCHES, G. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; FRANCO, H. C. J. Agricultura de Precisão: uma realidade para a cana-de-açúcar? **Revista Canavieiros**, 2017, p. 46-48. Disponível em: <https://www.bibliotecaagppta.org.br/agricultura/precisao/artigos/AGRICULTURA%20DE%20PRECISAO%20UMA%20REALIDADE%20PARA%20A%20CANA-DE-ACUCAR.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- SPERANZA, E. A.; GREGO, C. R.; JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, C. A. G.; LUCHIARI JUNIOR, A.; RONQUIM, C. C.; SANCHES, G. M. Delineamento de zonas de manejo em cana-de-açúcar a partir de atributos do solo e da cultura e imagens georreferenciadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2019, São Carlos. **Ciência, inovação e mercado: anais**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2019.