

TECNOLOGIAS NO CAMPO E CAPACITAÇÃO DE PRODUTORES: UM MODELO DE COMPUTAÇÃO APLICADA PARA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO MEIO RURAL

Maria Salete Marcon Gomes Vaz (UEPG) E-mail: salete@uepg.br

José Carlos Ferreira da Rocha (UEPG) E-mail: jrocha@uepg.br

Emili Everz Golombiési (UEPG/UNICESUMAR) E-mail: emilieverz043@gmail.com

Guilherme Daneliv (UEPG) E-mail: 24023223@uepg.br

Marcele Fatel Muraki (UEPG) E-mail: 22012126@uepg.br

Sarah Letícia Moreira Gabriel (UEPG) E-mail: 23055223@uepg.br

Resumo: A transformação digital no meio rural configura-se como um dos principais vetores para o fortalecimento do desenvolvimento sustentável da agricultura familiar e dos pequenos e médios produtores. A incorporação efetiva de tecnologias digitais no campo enfrenta desafios relacionados à capacitação técnica, à inclusão digital e à adaptação das ferramentas tecnológicas às realidades locais. Nesse contexto, o Projeto “Tecnologias no Campo e Capacitação de Pequenos e Médios Produtores Rurais”, financiado com recursos do Fundo Paraná, foi estruturado com o objetivo de promover a adoção de práticas de computação aplicada na agricultura, por meio de formação continuada, suporte técnico especializado e acompanhamento sistemático dos produtores. A metodologia adotada combinou diagnóstico territorial, capacitação presencial, acompanhamento técnico e uso de ferramentas digitais voltadas à gestão e análise de dados produtivos. O projeto foi alinhado à área prioritária “Agricultura e o Agronegócio” e articulou ações de formação de capital humano, inovação tecnológica e integração entre universidade e setor produtivo, fortalecendo o papel da extensão universitária como instrumento de transformação territorial. Os resultados alcançados evidenciam avanços na organização da gestão produtiva, na melhoria do uso de insumos, na ampliação da compreensão sobre ferramentas digitais e no fortalecimento da capacidade decisória dos produtores participantes. Observou-se, ainda, impacto positivo na inclusão digital e na disseminação de práticas sustentáveis no manejo agrícola. Conclui-se que a computação aplicada, quando associada a processos estruturados de capacitação e acompanhamento técnico, constitui instrumento estratégico para a modernização produtiva, a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico regional no meio rural.

Palavras-chave: Agricultura Digital; Computação Aplicada; Extensão Tecnológica; Inovação Rural; Capacitação Tecnológica.

TECHNOLOGIES IN THE FIELD AND PRODUCER TRAINING: AN APPLIED COMPUTING MODEL FOR DIGITAL TRANSFORMATION IN RURAL AREAS

Abstract: Digital transformation in rural areas has become one of the main drivers for strengthening the sustainable development of family farming and small and medium-sized producers. The effective incorporation of digital technologies in the countryside faces challenges related to technical training, digital inclusion, and the adaptation of technological tools to local realities. In this context, the project “Technologies in the Field and Training of Small and Medium-Sized Rural Producers,” funded by resources from Fundo Paraná, was structured with the objective of promoting the adoption of applied computing practices in agriculture through continuing education, specialized technical support, and systematic follow-up with producers. The methodology adopted combined territorial diagnosis, in-person training, technical monitoring, and the use of digital tools focused on the management and analysis of production data. The project was aligned with the priority area “Agriculture and Agribusiness” and articulated actions aimed at human capital development, technological innovation, and integration between the university and the productive sector, strengthening the role of university extension as an instrument of territorial transformation. The results achieved demonstrate advances in the organization of production management, improved use of inputs, enhanced understanding of digital tools, and strengthened decision-making capacity among participating producers. A positive impact was also observed in digital inclusion and in the dissemination of sustainable practices in agricultural management. It is concluded that applied computing, when associated with structured training processes and technical support, constitutes a

strategic instrument for productive modernization, environmental sustainability, and regional socioeconomic development in rural areas.

Keywords: Digital Agriculture; Applied Computing; Technological Extension; Rural Innovation; Technological Training.

1. INTRODUÇÃO

A transformação digital no meio rural tem sido apontada como um dos principais caminhos para o fortalecimento da agricultura familiar e dos pequenos e médios produtores, especialmente diante dos desafios atuais relacionados à eficiência produtiva, sustentabilidade ambiental e competitividade de mercado. Entretanto, a adoção efetiva de tecnologias digitais no campo encontra barreiras estruturais, como limitações de capacitação técnica, dificuldades de acesso a ferramentas especializadas e ausência de acompanhamento sistemático.

Nesse contexto, o Projeto “Tecnologias no Campo e Capacitação de Pequenos e Médios Produtores Rurais” foi implementado com o objetivo de promover a incorporação de práticas de computação aplicada à agricultura, por meio de diagnóstico territorial, formação continuada e suporte técnico especializado. A proposta estruturou-se como um modelo de extensão tecnológica orientado à aplicação prática de ferramentas digitais de gestão e análise de dados produtivos.

Decorrido o período de execução, torna-se fundamental analisar os resultados alcançados e os impactos gerados nas propriedades participantes. Este artigo apresenta a avaliação dos efeitos do projeto sob as dimensões produtiva, gerencial, social e ambiental, buscando identificar avanços na organização da gestão rural, na otimização do uso de insumos, na ampliação da compreensão sobre ferramentas digitais e no fortalecimento da capacidade decisória dos produtores.

A análise dos resultados permite compreender em que medida a integração entre computação aplicada, capacitação estruturada e acompanhamento técnico contínuo pode constituir instrumento estratégico para a modernização produtiva e o desenvolvimento socioeconômico regional. Assim, o estudo contribui para o debate sobre modelos replicáveis de extensão tecnológica voltados à transformação digital sustentável no meio rural.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A agricultura digital fundamenta-se na integração estratégica das tecnologias da informação e comunicação (TICs) aos sistemas produtivos rurais, configurando uma transformação estrutural na forma como a atividade agrícola é planejada, monitorada e gerenciada (WOLFERT et al., 2017). Diferentemente dos modelos tradicionais, predominantemente baseados na experiência empírica, a agricultura digital apoia-se na coleta sistemática de dados, em sua organização estruturada e na análise orientada por evidências, permitindo decisões mais precisas e contextualizadas (FAO, 2019). Trata-se de uma mudança paradigmática que desloca o eixo da gestão rural da intuição isolada para a racionalidade analítica baseada em dados.

Nesse contexto, os sistemas de informação agrícola assumem papel central ao possibilitar o registro, organização e processamento de dados relacionados à produção, custos operacionais, uso de insumos, variáveis climáticas e desempenho financeiro (EASTWOOD et al., 2017). Ao consolidar informações anteriormente dispersas, essas plataformas promovem maior integração da gestão da propriedade rural, favorecendo planejamento estratégico e controle de desempenho.

O sensoriamento remoto e a coleta automatizada de dados ampliam esse potencial. Tecnologias como sensores de solo, estações meteorológicas, dispositivos embarcados em máquinas agrícolas, drones e imagens de satélite possibilitam monitoramento contínuo das lavouras, reduzindo incertezas e aumentando a eficiência produtiva (ZHANG; KOVACS, 2012). A agricultura de precisão, nesse sentido, representa um dos principais desdobramentos da digitalização do campo, permitindo aplicação localizada de insumos e otimização do uso de recursos naturais.

A modelagem computacional constitui outro pilar estruturante da agricultura digital. Por meio de simulações e análise preditiva, torna-se possível estimar produtividade, avaliar impactos climáticos e testar estratégias de manejo antes de sua implementação prática (LIU et al., 2021). A capacidade de antecipação fortalece o planejamento de médio e longo prazo e contribui para decisões mais resilientes frente à variabilidade ambiental.

Complementarmente, a análise de dados e a aplicação de técnicas de inteligência artificial ampliam o escopo da tomada de decisão agrícola. Algoritmos de aprendizado de máquina possibilitam identificar padrões complexos, prever rendimento de culturas e otimizar a aplicação de insumos (KAMBLE; GUNASEKARAN; DHONE, 2020). Dessa forma, a tecnologia deixa de exercer função meramente operacional e passa a desempenhar papel estratégico na condução do negócio rural.

Do ponto de vista econômico e ambiental, estudos indicam que a adoção de tecnologias digitais pode reduzir desperdícios de água, fertilizantes e defensivos, promovendo maior eficiência produtiva e sustentabilidade (FAO, 2019; WOLFERT et al., 2017). Além disso, a gestão baseada em dados contribui para diminuição de riscos, permitindo antecipar eventos climáticos adversos e flutuações de mercado, fortalecendo a resiliência econômica dos produtores (EASTWOOD et al., 2017).

Entretanto, apesar do potencial transformador dessas tecnologias, a principal barreira à sua ampla adoção permanece relacionada à lacuna de capacitação técnica e inclusão digital, especialmente entre pequenos e médios produtores (ROTZA et al., 2019). A transformação digital no campo depende da disponibilidade de ferramentas tecnológicas e da construção de competências técnicas e gerenciais que possibilitem sua apropriação efetiva.

Assim, a literatura converge ao afirmar que a digitalização agrícola deve estar associada a processos estruturados de extensão tecnológica, formação continuada e suporte técnico especializado, de modo a garantir inclusão, sustentabilidade e desenvolvimento socioeconômico duradouro no meio rural.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O Projeto foi desenvolvido a partir de uma abordagem aplicada de extensão tecnológica voltada à implementação e avaliação de práticas de computação aplicada na agricultura familiar e entre pequenos e médios produtores rurais. O estudo adotou abordagem metodológica mista (quantitativa e qualitativa), com duração de 12 meses, estruturada em três etapas integradas: diagnóstico inicial, intervenção formativa com implementação tecnológica e avaliação de resultados.

Na etapa diagnóstica, foram realizadas visitas técnicas às propriedades participantes, aplicação de questionários estruturados e entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de levantar informações sobre organização produtiva, controle de custos, uso de insumos, nível de digitalização e práticas gerenciais. Esses dados constituíram a linha de base para comparação posterior.

A fase de intervenção envolveu capacitação presencial contextualizada e implementação de ferramentas digitais de gestão rural e análise de dados produtivos. As atividades formativas priorizaram a aplicação prática das tecnologias no ambiente produtivo, com foco na organização de registros, controle de custos, monitoramento de indicadores e apoio à tomada de decisão. Após a capacitação, foi realizado acompanhamento técnico contínuo, oferecendo suporte para inserção de dados, interpretação de relatórios e uso estratégico das plataformas adotadas.

A avaliação dos resultados foi conduzida por meio da comparação entre os dados coletados no diagnóstico inicial e os indicadores observados ao final do período de execução. A análise quantitativa foi realizada de forma descritiva, utilizando percentuais de adoção tecnológica e evolução organizacional. A análise qualitativa baseou-se na interpretação das percepções dos produtores quanto à melhoria gerencial, eficiência produtiva e inclusão digital.

A execução contou com equipe multidisciplinar composta por docentes, assessor técnico e bolsistas da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), sob coordenação de docente da área de Ciência da Computação. Do total de recursos investidos no projeto, 87,71% foram destinados à formação de capital humano, evidenciando o caráter formativo e extensionista da iniciativa e reforçando a prioridade estratégica atribuída à capacitação técnica e à qualificação profissional como elementos centrais da transformação digital no meio rural.

A sistematização dos procedimentos metodológicos e dos indicadores adotados encontra-se sintetizada na Tabela 1, que apresenta as dimensões avaliadas, os indicadores selecionados, os instrumentos de coleta utilizados e os respectivos tipos de análise empregados na avaliação dos resultados.

Tabela 1: Indicadores de Avaliação da Intervenção Tecnológica

Dimensão Avaliada	Indicador	Instrumento de Coleta	Tipo de Análise
Produtiva	Implantação de registro sistemático de dados produtivos (%)	Questionário diagnóstico e verificação in loco	Comparação antes/depois
Produtiva	Redução estimada de desperdício de insumos	Relato do produtor + análise de registros	Análise descritiva
Gerencial	Implementação de controle de custos (%)	Verificação de planilhas/plataformas digitais	Percentual de adoção
Gerencial	Uso de indicadores para tomada de decisão	Entrevista semiestruturada	Análise qualitativa
Tecnológica	Adoção de ferramenta digital de gestão (%)	Registro de uso na plataforma	Percentual de uso

Dimensão Avaliada	Indicador	Instrumento de Coleta	Tipo de Análise
Tecnológica	Frequência de atualização de dados	Monitoramento do sistema	Frequência mensal
Social	Grau de autonomia no uso da ferramenta	Questionário final	Escala de percepção
Social	Satisfação com a capacitação	Questionário estruturado	Estatística descritiva

A organização dos indicadores apresentada na Tabela 1 demonstra que a avaliação do projeto foi conduzida de forma multidimensional, contemplando aspectos produtivos, gerenciais, tecnológicos e sociais. Essa estrutura permitiu mensurar a adoção de ferramentas digitais e analisar mudanças comportamentais e organizacionais decorrentes da intervenção.

Observa-se que a combinação entre instrumentos quantitativos, como percentuais de adoção e frequência de uso, e instrumentos qualitativos, como entrevistas e escalas de percepção, possibilitou uma compreensão abrangente dos impactos do projeto. A abordagem comparativa antes/depois reforçou a consistência da análise, permitindo verificar evolução organizacional e tecnológica ao longo do período de execução. Dessa forma, a metodologia adotada assegurou rigor na coleta e interpretação dos dados, fortalecendo a validade dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que o impacto do projeto ultrapassou a dimensão estritamente tecnológica, alcançando efeitos econômicos, sociais e ambientais interdependentes. A intervenção estruturada, baseada em diagnóstico, capacitação e acompanhamento técnico contínuo, contribuiu para transformações concretas na organização produtiva e gerencial dos produtores rurais nas suas propriedades.

Na dimensão econômica e produtiva, observou-se avanço na organização do registro produtivo e no controle sistemático de custos. A adoção de ferramentas digitais de gestão possibilitou maior previsibilidade operacional, redução de falhas no planejamento e melhor monitoramento do uso de insumos. Produtores que anteriormente realizavam registros informais ou inexistentes passaram a utilizar ferramentas de controle, favorecendo decisões baseadas em dados.

A melhoria na precisão da aplicação de insumos, especialmente fertilizantes e defensivos, contribuiu para redução de desperdícios e maior racionalização de recursos. Ainda que os resultados variem conforme o perfil produtivo de cada produtor, identificou-se tendência consistente de aumento da eficiência operacional. Essa reorganização produtiva repercutiu positivamente na percepção de rentabilidade e na capacidade de planejamento de médio prazo.

No âmbito gerencial, verificou-se evolução na cultura de tomada de decisão baseada em indicadores. A introdução de plataformas digitais promoveu maior transparência das

informações produtivas e financeiras, permitindo acompanhamento de custos, produtividade e desempenho.

A inclusão digital constituiu resultado da intervenção. Produtores que apresentavam baixo nível de familiaridade com ferramentas digitais passaram a demonstrar autonomia progressiva no uso das ferramentas adotadas. O acompanhamento técnico contínuo mostrou-se elemento decisivo para consolidação dessa autonomia, evidenciando que a capacitação isolada não seria suficiente para garantir apropriação tecnológica duradoura.

A capacitação tecnológica contribuiu para fortalecimento da autoconfiança e da capacidade de gestão dos produtores. O desenvolvimento de competências digitais reduziu barreiras históricas de acesso à informação e aproximou o meio rural de práticas gerenciais estruturadas. Além disso, o envolvimento de bolsistas e estudantes no processo extensionista promoveu formação prática qualificada, fortalecendo a integração entre ensino, pesquisa, extensão e inovação.

Sob a perspectiva ambiental, a gestão orientada por dados favoreceu uso racional de insumos e melhor planejamento das intervenções no campo. A diminuição de desperdícios e a aplicação precisa de recursos produtivos indicam alinhamento com práticas agrícolas sustentáveis. Embora o projeto não tenha sido estruturado como experimento ambiental controlado, os relatos e registros apontam para avanços consistentes na racionalização do manejo.

Os resultados demonstram que a combinação entre tecnologia digital, capacitação e acompanhamento técnico contínuo constitui fator determinante para a efetividade da transformação digital no meio rural. A intervenção não se limitou à introdução de ferramentas tecnológicas, mas promoveu mudança cultural na gestão das propriedades.

Verifica-se, portanto, um ciclo virtuoso no qual capacitação, inovação tecnológica e melhoria produtiva se reforçam mutuamente. A sistematização dos dados fortalece decisões precisas, que por sua vez ampliam eficiência econômica e estimulam práticas ambientalmente responsáveis.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

O Projeto consolidou-se como um modelo estruturado de extensão tecnológica e computação aplicada voltado à agricultura familiar e aos pequenos e médios produtores rurais. A integração entre diagnóstico territorial, capacitação, implementação de ferramentas digitais e acompanhamento técnico mostrou-se eficaz na promoção de mudanças organizacionais, gerenciais e tecnológicas nas propriedades atendidas.

Os resultados obtidos confirmam que a transformação digital no meio rural não depende exclusivamente da introdução de tecnologias, mas da articulação entre ciência, inovação e formação de capital humano. A experiência demonstrou que a capacitação, associada ao suporte técnico, é fator determinante para a apropriação efetiva das ferramentas digitais e para a consolidação de uma cultura de gestão orientada por dados.

A intervenção contribuiu para avanços na eficiência produtiva, na racionalização do uso de insumos e na organização financeira das propriedades, além de promover inclusão digital e fortalecimento da autonomia dos produtores. Esses efeitos repercutem positivamente na sustentabilidade econômica das unidades produtivas, no dinamismo das cadeias locais e na consolidação de práticas agrícolas responsáveis do ponto de vista ambiental.

Do ponto de vista institucional, o projeto reafirma o papel estratégico da universidade pública como agente de inovação territorial, capaz de articular conhecimento científico,

políticas públicas e demandas do setor produtivo de maneira integrada e sustentável. A experiência evidencia que a extensão universitária, quando estruturada metodologicamente e orientada por indicadores, pode gerar impactos mensuráveis e replicáveis.

Como perspectivas de trabalhos futuros, destacam-se: (i) a ampliação do modelo para um número maior de propriedades e municípios, possibilitando análises comparativas em diferentes contextos produtivos; (ii) a incorporação de métricas quantitativas mais aprofundadas, incluindo análise estatística de ganhos produtivos e redução de custos; (iii) o desenvolvimento de plataformas digitais customizadas para agricultura familiar, com maior integração entre dados produtivos, financeiros e ambientais; e (iv) a implementação de estudos longitudinais para avaliar a sustentabilidade dos impactos ao longo do tempo.

Adicionalmente, recomenda-se o aprofundamento das análises sobre indicadores ambientais e de resiliência climática, bem como a integração com políticas públicas de inovação e desenvolvimento rural. Essas iniciativas poderão fortalecer a consolidação de um ecossistema digital agrícola inclusivo, sustentável e orientado ao desenvolvimento regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI), à Unidade Executiva do Fundo Paraná (UEF) e à Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) pelo apoio institucional e financeiro.

REFERÊNCIAS

EASTWOOD, C.; KLERKX, L.; AYRE, M.; DARNHOFER, I. Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming: From a fragmented to a comprehensive approach for responsible innovation. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, v. 30, p. 741–768, 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Digital technologies in agriculture and rural areas: Status report*. Rome: FAO, 2019.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; DHONE, N. C. Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, v. 58, n. 5, p. 1319–1337, 2020.

LIU, Y.; MA, X.; SHU, L.; HANCKE, G. P.; ABDELRAHMAN, A. M. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 17, n. 6, p. 4322–4334, 2021.

ROTZA, S.; GRUNERT, K.; ALBERTSEN, L.; RASMUSSEN, M. Digital agriculture and the farmer: adoption barriers and opportunities. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 162, p. 337–347, 2019.

WOLFERT, S.; GE, L.; VERNOOY, R.; KLERKX, L. Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69–80, 2017.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, v. 13, p. 693–712, 2012.