

Prontidão tecnológica e inclusão digital no campo: evidências e proposições para o desenvolvimento de um Distrito Agrotecnológico (DAT)

Coordenador (a):

Paulo Henrique Montagnana Vicente Leme, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, Minas Gerais.

Apresentadores (as):

Mateus da Mata Melo, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, Minas Gerais.

Athila Leandro de Oliveira, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, Minas Gerais.

Fernanda Nunes Maciel, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, Minas Gerais.

Francine de Camargo Procópio, Universidade de São Paulo (USP). Piracicaba, São Paulo.

Justificativa:

Esta SORG visa discutir como a Agricultura 4.0 pode atuar como vetor de resiliência ou exclusão diante de incertezas socioeconômicas e ambientais. O debate destaca que a adoção de tecnologias digitais no agronegócio depende de infraestruturas que vão além do aparato técnico, incorporando dimensões cognitivas e organizacionais.

Os estudos que compõem esta sessão integram o Projeto do Centro de Ciências para o Desenvolvimento em Agricultura Digital - Semear Digital (Processo FAPESP nº 2022/09319-9). O projeto, liderado pela Embrapa em colaboração com instituições como a Universidade Federal de Lavras, busca diminuir as desigualdades no campo por meio de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologias da informação e comunicação, com o objetivo de ampliar a produção e a produtividade de pequenos e médios produtores.

A sessão apresenta resultados preliminares e propostas voltadas ao Distrito Agrotecnológico (DAT) de Ingaí, em Minas Gerais, com foco na pecuária leiteira. Evidencia-se que a transição para sistemas mais eficientes é limitada por vulnerabilidades estruturais, como instabilidade energética, baixa alfabetização digital e ausência de sucessão familiar. A contribuição acadêmica reside na proposição de um framework integrado que analisa a prontidão tecnológica sob uma perspectiva sociotécnica, priorizando abordagens regionalizadas.

Defende-se que o letramento digital deve estar associado ao fortalecimento da extensão rural e à superação de carências básicas, evitando a exclusão da agricultura familiar. A adoção de inovações depende de incentivos econômicos e da valorização do campo para reter jovens. Assim, a digitalização só será efetiva se for inclusiva e adaptada ao território.

1. Um estudo sobre os fatores essenciais para a implementação de um Distrito Agrotecnológico

O objetivo principal do estudo foi investigar quais são as infraestruturas de mercado necessárias para a consolidação de Distritos Agrotecnológicos (DATs), com foco especial no contexto da adoção da agricultura digital. O seu aparato teórico baseia-se nas abordagens sociológicas e construtivistas dos estudos de mercado, estabelecendo uma distinção conceitual entre os dispositivos de mercado (como tecnologias específicas) e as amplas infraestruturas invisíveis, relacionais e sociomateriais que sustentam e organizam as atividades de troca e a inovação agrícola. A metodologia da pesquisa consistiu em uma abordagem qualitativa e exploratória, fundamentada em uma revisão sistemática da literatura nas bases Scopus e Web of Science, resultando na seleção e análise de conteúdo de 44 artigos relevantes para a formulação do modelo. Os resultados do estudo detalha a construção de um modelo analítico com seis categorias interdependentes: a infraestrutura física e logística (estradas, armazenamento, processamento), que é a base material que garante o fluxo de bens; a tecnológica e produtiva (equipamentos, sementes e mecanização adaptada), que intensifica a eficiência; a informacional e comunicacional (canais e mídias), que reduz assimetrias de informação e permite acesso a dados do mercado; a organizacional e governança (cooperativas e contratos), responsável por estruturar arranjos institucionais e proteger o produtor; a digital e de dados (conectividade, plataformas e IA), que sustenta a digitalização operacional; e a cognitiva e de conhecimento (treinamento e letramento digital), indispensável para a capacidade de interpretar e agir com a tecnologia. O principal achado é que a interdependência dessas categorias é total: falhas em uma única dimensão (como entregar aplicativos sem prover conectividade ou sem haver alfabetização digital) comprometem o ecossistema e reforçam desigualdades. A efetividade dos DATs e as conclusões das políticas de inclusão só se materializam se todas as camadas operarem de forma sinérgica. Assim, os resultados enfatizam que a mera disponibilidade de equipamentos digitais é ineficiente de forma isolada, uma vez que falhas em qualquer uma dessas dimensões estruturais comprometem o sucesso do ecossistema sociotécnico, sendo

imprescindível a integração dessas camadas para reduzir desigualdades e viabilizar a transformação territorial nas áreas rurais.

Palavras-chave: estudos construtivistas de mercado; agricultura digital; inclusão rural.

2. Prontidão tecnológica na agricultura familiar: evidências de Distritos Agrotecnológicos

O objetivo central do estudo é analisar a interdependência socioestrutural e delinear tipologias de prontidão tecnológica em 10 municípios que integram o projeto Semear Digital, visando fornecer subsídios para a formulação de estratégias precisas de letramento digital no meio rural. O aparato teórico aborda os conceitos de Agricultura 4.0, inclusão sociotécnica e as barreiras limitantes da difusão de tecnologias junto aos pequenos produtores, evidenciando que o acesso à modernização ocorre de forma assimétrica e dependente da mitigação de vulnerabilidades sistêmicas. A metodologia empregada fundamentou-se no uso de estatística multivariada sobre dados secundários coletados a partir do Censo Agropecuário e do Cadastro Ambiental Rural (CAR), utilizando a correlação de Spearman para observar as dependências entre os fatores e a Análise de Cluster Hierárquico (método de Ward) para segmentar e classificar os distritos. Em relação aos resultados, as análises de correlação evidenciaram uma forte e significativa dependência entre a infraestrutura básica de energia elétrica e o capital humano local, especificamente na alfabetização ($\rho = 0,86$) e no acesso à orientação técnica ($\rho = 0,62$). A clusterização revelou três realidades muito distintas no campo: o Cluster 1 (Vulnerabilidade Estrutural), englobando municípios como Breves-PA e Boa Vista do Tupim-BA, que sofre com falta de energia (cobertura de 30,5% a 68,6%) e alfabetização estagnada na faixa dos 50%, exigindo políticas prévias de sobrevivência básica; o Cluster 2 (Escala Produtiva e Transição Patronal), em áreas de RS e MS, que conta com estabilidade infraestrutural e alfabetização acima de 97%, mas enfrenta desafios corporativos pela alta presença de gestores não familiares (até 27%); e o Cluster 3 (Agricultura Familiar Intensificada e Sucessão), abrangendo o interior paulista e mineiro, marcado por estabilidade na posse da terra, excelente alfabetização e assistência técnica forte, mas cuja fragmentação fundiária (minifúndios) impõe a sucessão geracional como principal barreira tecnológica. Como conclusões, a análise estatística demonstrou uma forte dependência entre a disponibilidade de infraestrutura básica e o nível de capital humano. As políticas de letramento digital não podem ser genéricas, devendo ser rigorosamente regionalizadas para respeitar a dinâmica e a capacidade de absorção e resposta de cada tipologia territorial.

Palavras-chave: inclusão sociotécnica; extensão rural; sucessão geracional; políticas públicas; análise multivariada.

3. Agricultura digital aplicada à pecuária leiteira: avaliação da conectividade e entraves à adoção tecnológica no Distrito Agrotecnológico de Ingaí

Este estudo possui o objetivo de diagnosticar as condições atuais de conectividade e avaliar os fatores que impulsionam ou barram a adoção de tecnologias digitais entre produtores de leite localizados no Distrito Agrotecnológico de Ingaí-MG. O aparato teórico da pesquisa parte do princípio de que a inclusão tecnológica é uma premissa indispensável para assegurar a sustentabilidade e a competitividade da pecuária leiteira familiar contemporânea, contrapondo os ganhos de eficiência prometidos pela tecnologia digital aos desafios empíricos representados pela falta de infraestrutura rural adequada. A metodologia baseou-se em um modelo exploratório-descritivo por meio de abordagem mista (quali-quantitativa), envolvendo visitas *in loco* e a aplicação de questionários semiestruturados com 114 questões a um grupo de 29 produtores de leite de pequena e média escala. Os resultados do estudo revelam um quadro majoritariamente intergeracional com gestores 100% masculinos, dos quais 65,5% têm mais de 50 anos e quase 80% possuem no máximo ensino médio. Como motivadores, os produtores anseiam por eficiência e qualidade de vida, resultando na presença marcante de uma "digitalização informal", impulsionada primordialmente pelo uso do WhatsApp para gestão, marketing e comunicação. Entretanto, os resultados sobre as barreiras foram enfáticos: os agricultores apontaram a instabilidade crônica no fornecimento de energia elétrica, o alto custo de inovação contra uma baixa escala de volume e a conectividade restrita (limitada quase sempre às sedes das propriedades). Além disso, o desinteresse dos jovens pela sucessão agrava a estagnação tecnológica. Notou-se ainda uma severa deficiência nos processos zootécnicos básicos (alta mastite, falta de controle de registros, manejo manual). Conclui-se, assim, que a tentativa de adoção de inovações disruptivas é prematura sem antes resolver gargalos estruturais e falhas de processos básicos de higiene e gestão, o que ressalta a urgência de uma extensão técnica sólida, padronização de procedimentos e melhorias efetivas na infraestrutura elétrica e de crédito agrícola.

Palavras chave: pecuária leiteira; agricultura digital; conectividade rural; inclusão digital.

4. Tecnificação e boas práticas na ordenha: uma análise por porte de propriedades leiteiras

O objetivo desse trabalho foi avaliar a relação entre a escala produtiva das propriedades leiteiras em Ingaí-MG e os seus respectivos graus de adoção tecnológica e de boas práticas voltadas ao manejo higiênico da ordenha. O aparato teórico apoia-se em conceitos voltados à gestão do agronegócio e extensão rural, analisando como as exigências mercadológicas, as legislações de qualidade do leite e os programas de bonificação financeira funcionam como catalisadores para a profissionalização e incorporação de tecnologias sanitárias no campo. O esforço metodológico apoiou-se em uma pesquisa quantitativa com 30 produtores locais, onde utilizou-se o algoritmo de K-Means para separar as propriedades em três categorias de porte (pequenas, médias e grandes), paralelamente à criação de um *Score* de Higiene, cujos dados foram submetidos a inferências por meio dos testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e de comparações de Dunn. Os resultados apresentam uma assimetria tecnológica condicionada à escala dos produtores. Os pequenos produtores (com média de 142,5 L/dia) tiveram o score mais baixo, revelando práticas rudimentares: 89% admitiram lavar os tetos somente "quando estão sujos" e apenas 11% realizavam profilaxia preventiva como o pré e pós-dipping. Os médios produtores (368,8 L/dia) apresentaram um salto estatístico expressivo, caracterizando uma fase de transição impulsionada por pagamentos por qualidade. Neste grupo, 100% testam a mastite clínica, 70% fazem uso de secagem de papel e *dipping*, e rotinas químicas complexas de limpeza já são adotadas. Por outro lado, os grandes produtores (média de 2.390 L/dia) alcançaram o teto da tecnificação, demonstrando 100% de adesão a todas as rotinas recomendadas e automatização estruturada, com linhas de ordenha e sistemas CIP (Clean-In-Place) implementados. Conclui-se que o avanço tecnológico na área sanitária é refém do tamanho produtivo da fazenda, sinalizando que a pequena escala precisa de intervenções maciças em extensão rural para alcançar os mesmos padrões de qualidade. São necessárias políticas iminentes de extensão rural para mitigar essas assimetrias, capacitando de forma básica e contínua os menores produtores e difundindo um padrão de tecnologia e manejo sanitário condizente com a competitividade da cadeia.

Palavras chave: escala produtiva; extensão rural; ordenha higiênica; Tecnificação leiteira.

5. Propostas de Ações para o Desenvolvimento do Distrito Agrotecnológico (DAT) de Ingaí-MG

O objetivo deste trabalho é propor diretrizes estratégicas e ações práticas para o acompanhamento dos produtores de leite em Ingaí-MG, visando superar barreiras estruturais, elevar os índices de tecnificação sanitária e promover a inclusão digital sustentável no contexto do projeto Semear Digital. As atividades desenvolvidas em Ingaí basearam-se em uma abordagem mista (quantitativa e qualitativa), integrando diagnósticos sociotécnicos e análises de infraestrutura. Foram realizadas entrevistas estruturadas com produtores locais e observações diretas nas propriedades para avaliar o nível de adoção tecnológica, das condições de conectividade e dos demais elementos que compõem a infraestrutura das propriedades. Os diagnósticos revelaram uma acentuada assimetria tecnológica: enquanto grandes produtores consolidam a automação e sistemas de gestão, pequenos produtores ainda dependem de manejos rudimentares e enfrentam vulnerabilidades estruturais. Como atividades práticas futuras, propõe-se a implementação de um programa de assistência técnica intensiva focado no letramento digital, utilizando ferramentas já difundidas como softwares de gestão e aplicativos como o WhatsApp para a gestão de dados e comercialização. Também se propõe o acompanhamento zootécnico dos produtores por meio de um projeto de extensão universitária. As ações devem priorizar a padronização de processos básicos de higiene (pré e pós-dipping) e boas práticas de gestão, condições indispensáveis antes da introdução de tecnologias mais avançadas. No âmbito social, as atividades devem focar na retenção da juventude rural como ponte para a modernização, combatendo o desestímulo gerado pela falta de sucessão familiar.

Palavras-chave: inclusão digital; pecuária leiteira; extensão rural; infraestrutura de mercado; sucessão familiar.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio dos pesquisadores do Centro de Ciência e Desenvolvimento em Agricultura Digital – CCDAD - Semear Digital. O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil (Processos nº 2022/09319-9; 2025/06048-2; 2025/10368-2; 2025/10367-6; 2024/12887-4).