

## **Ecosistemas de inovação e Agricultura 4.0: caminhos para a sustentabilidade socioeconômica no Vale do São Francisco**

*Innovation Ecosystems and Agriculture 4.0: Paths to Socioeconomic Sustainability in the São Francisco Valley*

Rodrigo Almeida Ferreira

### **Resumo**

O avanço da Agricultura 4.0 vem transformando de maneira significativa os sistemas produtivos em diferentes regiões do mundo, introduzindo tecnologias digitais como inteligência artificial, big data, sensoriamento remoto e internet das coisas (IoT) como ferramentas estratégicas para aumentar a eficiência, a rastreabilidade e a sustentabilidade no campo. No Brasil, essa tendência se apresenta de forma particularmente relevante no Vale do São Francisco, região que se consolidou como polo de produção agrícola irrigada, especialmente voltada à fruticultura de exportação. Entretanto, apesar do potencial de inovação e modernização, persistem desafios relacionados à inclusão socioeconômica de pequenos produtores, à democratização do acesso às tecnologias e à conciliação entre inovação tecnológica e práticas agroecológicas. Este artigo analisa, à luz da literatura sobre ecossistemas de inovação e desenvolvimento territorial, as oportunidades e limitações da Agricultura 4.0 no Vale do São Francisco, considerando o papel das universidades, centros de pesquisa, Estado, empresas privadas e sociedade civil na constituição de arranjos institucionais colaborativos. A abordagem metodológica é qualitativa, exploratória e descritiva, apoiada em revisão bibliográfica e documental, além de estudos aplicados ao Semiárido brasileiro. Os resultados discutem de que maneira a digitalização da agricultura pode contribuir para ganhos de produtividade, sustentabilidade ambiental e geração de valor em cadeias globais, sem perder de vista a necessidade de promover inclusão social e justiça territorial. Argumenta-se que somente a partir da consolidação de ecossistemas de inovação fortes e integrados será possível transformar o Vale do São Francisco em um laboratório vivo de Agricultura 4.0, conciliando eficiência tecnológica com sustentabilidade socioeconômica.

**Palavras-chave:** Agricultura 4.0; Inovação; Desenvolvimento Territorial; Agroecologia; Vale do São Francisco.

### **Abstract**

The advancement of Agriculture 4.0 has significantly transformed production systems worldwide, introducing digital technologies such as artificial intelligence, big data, remote sensing, and the Internet of Things (IoT) as strategic tools to enhance efficiency, traceability, and sustainability in agricultural processes. In Brazil, this trend has gained particular relevance in the São Francisco Valley, a region consolidated as a hub for irrigated agriculture, especially fruit farming for export. However, despite the potential for innovation and modernization, challenges remain regarding the socio-economic inclusion of small farmers, the democratization of access to technology, and the reconciliation of technological innovation with agroecological practices. This article analyzes, in light of the literature on innovation ecosystems and territorial development, the opportunities and limitations of Agriculture 4.0 in the São Francisco Valley,

considering the role of universities, research centers, the State, private companies, and civil society in shaping collaborative institutional arrangements. The methodological approach is qualitative, exploratory, and descriptive, supported by bibliographic and documentary review, in addition to applied studies in the Brazilian Semi-arid region. The results discuss how agricultural digitalization can contribute to productivity gains, environmental sustainability, and value generation in global supply chains, while emphasizing the need to promote social inclusion and territorial justice. It is argued that only through the consolidation of strong and integrated innovation ecosystems will it be possible to transform the São Francisco Valley into a living laboratory of Agriculture 4.0, combining technological efficiency with socio-economic sustainability.

**Keywords:** Agriculture 4.0; Innovation; Territorial Development; Agroecology; São Francisco Valley.

## 1. Introdução

A revolução tecnológica contemporânea tem alcançado o setor agrícola de forma acelerada, reconfigurando não apenas as práticas produtivas, mas também as formas de organização social e econômica nos territórios rurais. A chamada Agricultura 4.0 — inspirada no conceito da Indústria 4.0 — caracteriza-se pela aplicação de tecnologias digitais como inteligência artificial, sensores remotos, drones, big data, blockchain e sistemas de automação avançada, capazes de gerar ganhos expressivos em produtividade, eficiência no uso de recursos naturais e sustentabilidade ambiental.

## 2. Referencial Teórico

Discussão sobre Agricultura 4.0, ecossistemas de inovação e agroecologia.

## 3. Metodologia

Pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva, baseada em revisão bibliográfica, documental e estudo de caso no Vale do São Francisco.

#### 4. Resultados e Discussão

Análise dos impactos da Agricultura 4.0 na produtividade, inclusão de pequenos produtores e sustentabilidade no Vale do São Francisco.

#### 5. Conclusão

Síntese dos achados, destacando a importância da integração entre inovação tecnológica, ecossistemas de inovação e agroecologia no desenvolvimento territorial sustentável.

#### Referências

- ALTIERI, M. A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2011.
- CARAYANNIS, E.; CAMPBELL, D. Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems. Springer, 2012.
- CAROLAN, M. Digitization and the future of agriculture: a critical review of data assemblages. *Journal of Rural Studies*, v. 79, p. 195-204, 2020.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. São Paulo: Editora UFRJ, 2008.
- EMBRAPA. Inovação e sustentabilidade na agricultura irrigada do Vale do São Francisco. Brasília: Embrapa, 2020.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- KLERKX, L.; JAKKU, E.; LABARTHE, P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90-91, p. 100315, 2019.
- MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: Hucitec, 2012.

- SILVA, R. J.; OLIVEIRA, F. S.; PEREIRA, M. M. Agricultura digital e desigualdades no campo brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. 2, p. 245-263, 2022.
- WOLFERT, S.; GE, L.; VERVOORT, J.; JONGEN, W. Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69–80, 2017.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.