

**UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
DOUTORADO**

**Váldeson Amaro Lima**

**ATIVIDADES DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO DO BRASIL:  
uma análise na perspectiva dos Sistemas de Inovação Tecnológica**

**São Caetano do Sul  
2019**

VÁLDESON AMARO LIMA

**ATIVIDADES DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO DO BRASIL:  
uma análise na perspectiva dos Sistemas de Inovação Tecnológica**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul como requisito para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Área de concentração: Gestão e Regionalidade

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina dos Santos

**São Caetano do Sul**

**2019**

LIMA, Váldeon Amaro

Atividades de inovação na agricultura de precisão do Brasil: uma análise na perspectiva dos Sistemas de Inovação Tecnológica / Váldeon Amaro Lima. – São Caetano do Sul: USCS / Universidade Municipal de São Caetano do Sul, 2019.  
124f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina dos Santos  
Tese (Doutorado) – USCS, Universidade Municipal de São Caetano do Sul,  
Programa de Pós-Graduação em Administração, 2019.

1. Inovação no agronegócio 2. Agricultura de precisão 3. Sistemas de inovação 4. Sistemas tecnológicos I. Título II. Dos Santos, Isabel Cristina III. USCS - Programa de Pós-Graduação em Administração

**Reitor da Universidade Municipal de São Caetano do Sul**

**Prof. Dr. Marcos Sidnei Bassi**

**Pró-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa**

**Profa. Dra. Maria do Carmo Romeiro**

**Gestor do Programa de Pós-Graduação em Administração**

**Prof. Dr. Eduardo de Camargo Oliva**

Tese defendida e aprovada em 21/02/2019 pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Profa. Dra. Isabel Cristina dos Santos  
Orientadora

Prof. Dr. João Batista Pamplona  
PPGA/USCS

Prof. Dr. Milton Carlos Farina  
PPGA/USCS

Prof. Dr. João Amato Neto  
POLI/USP

Prof. Dr. Henrique Machado Barros  
PPGA/FEI

Aos meus pais, Dorinha e Valderi;  
às minhas irmãs, Valéria e Valdicléia;  
ao Douglas, companheiro e amigo de todas as horas.

## Agradecimentos

Agradeço aos professores do Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul e a todos os funcionários que contribuíram para viabilizar a realização deste Doutorado, em especial àqueles com quem tive a satisfação de conviver diretamente nas atividades de disciplinas, ampliando esforços e conhecimentos, mas delimitando campos de estudo: Bresciani, Carminha, Crispim, Farina, Gil, Isabel, Leandro, Pamplona e Raquel. Também a Ana, Denise e Marlene, sempre muito colaborativas nas atividades de apoio.

Em particular, gostaria de expressar minha mais sincera e profunda gratidão à minha orientadora, Profa. Dra. Isabel Cristina dos Santos, pela forma precisa com que me conduziu durante a pesquisa, porém com a delegação de autonomia necessária para que essa experiência se tornasse um aprendizado mais amplo e profundo.

Agradeço também à Universidade Municipal de São Caetano do Sul pela “bolsa-contrapartida” sem a qual não teria sido possível minha vinculação a este Programa *Stricto Sensu*, tampouco teria sido possível todo o aprendizado vivenciado em torno das atividades realizadas junto à Revista Gestão e Regionalidade.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, onde atuo como professor, expressei meu profundo agradecimento pela sensibilidade de suas políticas de capacitação profissional, que permitiram meu afastamento das atividades profissionais rotineiras para a dedicação exclusiva ao Doutorado.

*Enquanto a autoridade inspirar temor reverencial, a confusão e o absurdo irão ressaltar as tendências mais conservadoras da sociedade. Primeiramente, porque o pensamento claro e lógico conduz à acumulação de conhecimentos (cujo melhor exemplo é fornecido pelo progresso das ciências naturais), e o avanço do conhecimento cedo ou tarde solapa a ordem tradicional. Pensamento confuso, por outro lado, leva a lugar nenhum e pode ser tolerado indefinidamente sem produzir qualquer impacto no mundo.*

(Stanislav Andreski, 1972)



## RESUMO

LIMA, V. A. **Atividades de Inovação na Agricultura de Precisão do Brasil: uma análise na perspectiva dos Sistemas de Inovação Tecnológica.** Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, SP, 2019.

O agronegócio brasileiro tem obtido grande atenção mundial pelos números crescentes de produtividade e, no Brasil, pela participação expressiva que tem desempenhado no Produto Interno Bruto (PIB). Se, por um lado, esse protagonismo se deve a vantagens comparativas, como clima favorável, terra e água em abundância, que permitem a utilização de grandes áreas para a produção agrícola e a colheita de mais de uma safra por ano, por outro, deve-se igualmente a vantagens competitivas advindas das atividades de inovação, com inserção de um amplo pacote tecnológico gerado pela Embrapa e outras organizações públicas e privadas que tem agregado valor à produção, onde tem se destacado as tecnologias de agricultura de precisão, pela convergência de tecnologia gerencial e tecnologia de informação, com minimização de impactos ambientais. Diante disso, o presente estudo objetivou analisar as atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil, enfatizando as estruturas e os processos que as suportam ou dificultam. Para tanto, seguiu a vertente teórica da economia evolucionária e o consequente quadro de sistemas de inovação, centrado na perspectiva dos sistemas de inovação tecnológica, a partir de uma abordagem metodológica mista que considerou aspectos da pesquisa qualitativa, com entrevistas e análise de documentos, e quantitativa, com a realização de levantamento de campo, centrados no objetivo da pesquisa. Como resultados, são apresentados a trajetória de desenvolvimento da agricultura de precisão no Brasil, a estrutura das atividades de inovação a partir dos atores, instituições, redes e fatores tecnológicos que compõem essas atividades e o funcionamento sistêmico das atividades de inovação a partir da literatura sobre padrões funcionais em sistemas de inovação tecnológica. Como conclusões, tem-se que, no geral, existem mais estruturas que suportam e mais processos que dificultam as atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil, principalmente relacionados à articulação político-organizacional em nível macro para sua difusão como preceituado pela Embrapa. Além disso, pode-se dizer que o sistema se encontra em fase inicial de desenvolvimento, considerando que, apesar da avaliação positiva em relação às infraestruturas de pesquisa e desenvolvimento de conhecimento, existe uma deficiência nas relações de troca, com uma concentração do conhecimento desenvolvido em um grupo de organizações dominantes do processo de inovação, o que prejudica o avanço da tecnologia, tendo em vista a maior importância da função de troca de conhecimentos para esse quadro, identificada a partir do estudo.

**Palavras-Chave:** Inovação no agronegócio. Agricultura de precisão. Sistemas de inovação. Sistemas tecnológicos.

## ABSTRACT

LIMA, V. A. **Activities of Innovation in Precision Agriculture of Brazil: an analysis from the perspective of Technological Innovation Systems**. Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul, SP, 2019.

The Brazilian agribusiness has received great attention worldwide by the increasing numbers of productivity and, in Brazil, by the expressive participation that it has played in the Gross Domestic Product (GDP). If, on the one hand, this is due to comparative advantages, such as favorable climate, abundant land and water, which allow the use of large areas for agricultural production and the harvesting of more than one crop per year, on the other, it is also due to the competitive advantages of innovation activities, with the insertion of a broad technological package generated by Embrapa and other public and private organizations that have added value to production, where precision agriculture technologies have been highlighted, by the convergence of management technology and information technology, with minimization of environmental impacts. Therefore, the present study aimed to analyze innovation activities in precision agriculture in Brazil, emphasizing the structures and processes that support or hinder them. In order to do so, it followed the theoretical framework of evolutionary economics and the consequent framework of innovation systems, centered on the perspective of technological innovation systems, based on a mixed methodological approach that considered aspects of qualitative research, with interviews and analysis of documents, and quantitative, with the accomplishment of field survey, centered in the objective of the research. As results, the development trajectory of precision agriculture in Brazil is presented, the structure of innovation activities based on the actors, institutions, networks and technological factors that compose these activities and the systemic functioning of innovation activities from the literature on functional patterns in technological innovation systems. As a conclusion, there are, in general, more structures that support and more processes that hamper innovation activities in precision agriculture in Brazil, mainly related to the political-organizational articulation at the macro level for its diffusion as precepted by Embrapa. In addition, it can be said that the system is in an early stage of development, considering that, despite the positive evaluation in relation to the infrastructures of research and development of knowledge, there is a deficiency in the relations of exchange, with a concentration of developed knowledge in a group of dominant organizations of the innovation process, which harms the advancement of technology in view of the greater importance of the knowledge exchange function for this framework, identified from the study.

**Keywords:** Innovation in agribusiness. Precision agriculture. Precision farming. Innovation systems. Technological systems.

## Lista de Figuras

Figura 1. Modelo interativo de inovação Kline-Rosenberg	39
Figura 2. Mapa teórico do sistema nacional de inovação do Brasil	42
Figure 3. <i>Framework</i> da difusão de inovações em países em desenvolvimento	45
Figura 4. Padrões funcionais por fase de desenvolvimento da tecnologia	48
Figura 5. Representação da estratégia exploratória sequencial	63
Figura 6. Organização da Rede AP	79
Figura 7. Subgrupos de rede existentes na Rede AP	88
Figura 8. Configuração das trocas existentes na Rede AP	89
Figura 9. Configuração das trocas existentes no sistema	92
Figura 10. Padrão funcional da tecnologia na fase de desenvolvimento	101

## Lista de Quadros

Quadro 1. Publicações sobre agricultura de precisão, categorizadas pelo eixo teórico dominante da inovação	31
Quadro 2. Funções dos sistemas de inovação tecnológica	47
Quadro 3. <i>Frameworks</i> de suporte a pesquisa agrícola	50
Quadro 4. Descrição das principais tecnologias utilizadas em AP	56
Quadro 5. Proposições e hipóteses	59
Quadro 6. Relação de atores entrevistados	65
Quadro 7. Plano metodológico de análise	69
Quadro 8. Atores e instituições na Rede AP	82

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Perfil dos respondentes	98
Tabela 2. Coeficientes da regressão	100

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	25
1.1	Problema da pesquisa.....	27
1.2	Objetivos .....	28
1.2.1	Objetivo Geral.....	28
1.2.2	Objetivos Específicos .....	28
1.3	Delimitação do estudo.....	28
1.4	Justificativa do trabalho.....	30
1.5	Organização do trabalho.....	33
1.6	Contribuições da pesquisa .....	34
2	REFERENCIAL CONCEITUAL.....	35
2.1	A geração de inovações como processo social contínuo.....	35
2.2	O quadro teórico dos sistemas de inovação e a difusão da inovação tecnológica.....	39
2.2.1	As funções dos sistemas de inovação tecnológica.....	46
2.2.2	O sistema de inovação agrícola e as políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil.....	50
2.3	Agricultura de precisão como postura gerencial .....	55
2.4	Proposições e hipóteses .....	59
3	MÉTODO .....	61
3.1	Pressupostos teóricos da abordagem.....	61
3.2	Delineamento do método .....	62
3.3	Participantes, instrumentos de coleta e tratamento dos dados .....	64
3.3.1	Procedimentos qualitativos.....	64
3.3.2	Procedimentos quantitativos.....	67
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO .....	71
4.1	Análise de dados qualitativos.....	71
4.1.1	Caracterização do campo da pesquisa.....	72
4.1.2	Resultados qualitativos obtidos .....	75
4.2	Análise de dados quantitativos.....	97
4.2.1	Perfil dos respondentes .....	97
4.2.2	Resultados quantitativos obtidos .....	98
4.3	Discussão dos resultados .....	102
5	CONCLUSÕES.....	107
	REFERÊNCIAS.....	113
	APÊNDICE A. Instrumento de coleta de dados quantitativo .....	123
	APÊNDICE B. Quadro resumo das estruturas e processos identificados .....	127
	APÊNDICE C. Cursos de Agronomia com PPC analisados.....	129
	APÊNDICE E. Matriz completa de correlações .....	134

## 1 INTRODUÇÃO

A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) para o período 2016 a 2022, elaborada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil (MCTIC, 2016), apresenta a disponibilidade de alimentos como um dos tópicos centrais de atuação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) brasileiro.

O setor de alimentos está destacado na ENCTI como um dos temas estratégicos para o desenvolvimento nacional, com o qual o SNCTI possui responsabilidades crescentes quanto ao aumento sustentável de sua produção agrícola, a partir do desenvolvimento e aprimoramento de sistemas produtivos integrados sustentáveis e do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, capazes de gerar aumento de produtividade, ao mesmo tempo em que atuam na melhoria de uso dos recursos naturais aplicados ao processo produtivo, como terra, água e energia.

A importância atribuída ao setor é reflexo não apenas da participação crescente do agronegócio no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, mas principalmente da elevada participação do agronegócio brasileiro no mercado global de alimentos, que responde por 5,7% da fatia de mercado mundial como terceiro maior exportador, e do crescimento iminente dessa demanda mundial. Com a população mundial prevista para 9,8 bilhões de pessoas em 2050, a produção de alimentos precisaria aumentar em 70% até o mesmo ano para garantir o abastecimento (FAO, 2013).

A emergência do tema foi reforçada na edição de 2017 do Global Innovation Index, documento que fornece métricas detalhadas sobre o desempenho de inovação de 127 países e economias ao redor do mundo, e que naquela edição dedicou-se à temática “*innovation feeding the world*” (inovação alimentando o mundo – tradução livre), concentrando-se na inovação na agricultura e nos sistemas alimentares, enfatizando a inovação como meio fundamental para sustentar o crescimento da produtividade necessário para atender à crescente demanda mundial de alimentos.

Diante desse desafio, o documento da ENCTI aponta para a necessidade de fortalecimento dos processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em áreas de fronteira do conhecimento associado à produção de alimentos, como biotecnologia, bioinformática, nanotecnologia, modelagem, simulação e automação, visando ao aumento da produtividade, à adaptação à mudança do clima e à defesa

agropecuária, em que o modelo de agricultura de precisão ganha considerável destaque, citado no próprio documento, pela convergência de tecnologia gerencial, tecnologia de informação e agregação de valor à produção, com minimização de impactos ambientais.

O pressuposto básico para a aplicação da agricultura de precisão é a ocorrência de variações de produtividade dentro de uma área de cultivo (RESENDE et al., 2010), sendo considerada um conceito de gestão agrícola relativamente novo (AUBERT; SCHROEDER; GRIMAUDDO, 2012; ADENLE; AZADI; ARBIOL, 2015), abordado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) como uma “postura gerencial da lavoura que leva em conta a variabilidade espacial para obter retorno econômico e ambiental” (INAMASU; BERNARDI, 2014, p.25). Esse modelo de gestão agrícola apoia a decisão dos agricultores sobre a alocação espacial de insumos para a produtividade da cultura e, posteriormente, monitora os rendimentos das colheitas (ADENLE; AZADI; ARBIOL, 2015).

Ainda que a agricultura de precisão congregue uma série de técnicas e ferramentas distintas, como sistemas de informações gerenciais, sistemas de posicionamento geográfico, sensoriamento remoto etc., aplicáveis em diferentes situações de variabilidade produtiva, os estudos mais recentes nesse campo têm assumido a abordagem de modelo gerencial para se referir à sua aplicação (AUBERT; SCHROEDER; GRIMAUDDO, 2012; INAMASU; BERNARDI, 2014; ADENLE; AZADI; ARBIOL, 2015). É por este viés que a agricultura de precisão será abordada neste estudo, portanto, sempre que mencionado ‘agricultura de precisão’ ou ‘tecnologia de agricultura de precisão’ a referência é sobre este modelo ou o conjunto de atividades a ele relacionadas.

De acordo com Bernardi et al. (2014), os esforços de PD&I em agricultura de precisão no Brasil estão estruturados em uma rede, organizada e liderada pela Embrapa, que reúne cerca de 200 pesquisadores, 20 centros de pesquisa da Embrapa, mais de 30 empresas privadas, nove universidades, três fundações, quatro institutos de pesquisa, além de um Laboratório de Referência Nacional em Agricultura de Precisão (Lanapre), operando em 15 campos experimentais de culturas perenes e anuais, distribuídos em todo o território nacional. Denominada Rede Agricultura de Precisão (ou Rede AP), tal configuração sugere a existência de um sistema tecnológico (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991; HEKKERT et al., 2007; HEKKERT et al., 2011) atrelado às atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil.



Desse contexto, utilizando uma lente analítica derivada da literatura sobre abordagens de inovação a partir da economia evolucionária (NELSON; WINTER, 1982), comumente utilizada em estudos que discutem dinâmicas de desenvolvimento econômico, a presente pesquisa visa a investigação das atividades de inovação relacionadas à agricultura de precisão brasileira pela ótica dos sistemas de inovação tecnológica, analisando as estruturas e processos que as suportam ou dificultam.

## 1.1 Problema da pesquisa

No mercado globalizado, a inserção e a competitividade comercial dos países, mesmo os produtores de *commodities* agrícolas, têm estado cada vez mais relacionadas ao desenvolvimento e à aplicação de tecnologias no processo produtivo (SOUSA et al., 2014). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, da sigla em inglês), o Brasil, ao lado de China e Índia, é um dos principais países em desenvolvimento que tem feito grandes progressos na P&D agrícola (FAO, 2013).

Parte deste esforço é representado pela constituição da Rede AP, institucionalizada e liderada pela Embrapa desde 2009, que busca alinhar a capacidade tecnológica brasileira com sua disponibilidade de terras e condições climáticas favoráveis, para contribuir cientificamente com as atividades de PD&I voltadas à produção agrícola, com ênfase na agricultura de precisão como caminho viável neste sentido (INAMASU et al., 2011).

A ENCTI, tal como foi elaborada, indica uma forte necessidade do governo brasileiro de influenciar a velocidade e a direção das inovações tecnológicas relacionadas à produção de alimentos, por meio da aplicação de novas tecnologias produtivas, mais sustentáveis e que possibilitem maior volume e qualidade da produção, o que é possibilitado a partir de uma visão sistêmica de análise, uma vez que o processo de mudança é resultante de muitas atividades inter-relacionadas (HEKKERT et al, 2007).

No entanto, o processo inovativo relacionado ao desenvolvimento de novas tecnologias é bastante complexo e exige grande esforço das organizações, públicas e privadas, na implementação de infraestruturas de pesquisa, desenvolvimento e inovação que favoreçam o estabelecimento de relações para a troca de

conhecimentos necessários à geração e difusão de inovações (SALERNO; KUBOTA, 2008).

Dadas as estruturas e relacionamentos que estão postos pela Rede AP, cabe refletir sobre como têm funcionado as atividades de inovação tecnológica nesse campo diante dos desafios que se apresentam para a produção agrícola brasileira. Assim, a pesquisa se ateve a buscar responder:

Quais estruturas e processos suportam ou dificultam as atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Analisar as atividades de inovação em agricultura de precisão desenvolvidas no Brasil, enfatizando as estruturas e processos que as suportam ou dificultam.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

I. Identificar a estrutura presente nas atividades de inovação em agricultura de precisão brasileira, descrevendo os papéis desempenhados pelos principais atores, suas interações e evidenciando suas redes sociais de troca de conhecimentos.

II. Investigar o funcionamento das atividades de inovação em agricultura de precisão sob a ótica do sistema de inovação tecnológica, a partir das funções estabelecidas na literatura sobre esse tema, analisando cada função e as interações entre as funções.

III. Conhecer as estruturas e processos dominantes nas atividades de inovação em agricultura de precisão e suas possíveis implicações para as políticas de geração e difusão de inovações nesse campo.

## **1.3 Delimitação do estudo**

É sabido que o desenvolvimento de inovações relacionadas a uma tecnologia e sua posterior aplicação depende de interações estabelecidas com diversos atores e instituições que, em muitas vezes, extrapolam os limites geográficos e/ou setoriais e, portanto, não devem, essas inovações, ser analisadas como restritas a um sistema

setorial (SSI), regional (SRI) e/ou nacional de inovação (SNI), apesar de estarem contidas neles (HEKKERT et al., 2007).

Assim, esta pesquisa apropria-se da definição de agricultura de precisão como modelo gerencial (INAMASU; BERNARDI, 2014) defendida pela Embrapa, para delimitar sua análise como tecnologia específica capaz de movimentar uma rede dinâmica de agentes envolvidos na geração, difusão e utilização dessa tecnologia, sob uma infraestrutura institucional particular, à luz do que determinam os pressupostos teóricos sobre sistemas de inovação tecnológica (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991).

Não cabe, portanto, ao presente estudo uma delimitação geográfica. No entanto, a grande abrangência das atividades de geração, difusão e aplicação de inovação em agricultura de precisão, em diferentes culturas e setores produtivos relacionados ao agronegócio, e por diferentes empresas instaladas no país, exige que sejam estabelecidos alguns marcos, ou pontos de partida, para viabilidade da pesquisa. À vista disso, o estudo centra-se na análise das atividades de geração de inovação tecnológica, a partir da rede constituída pela Embrapa, considerando a importância e o reconhecimento mundial do trabalho desenvolvido por essa organização no setor agropecuário (YUSUF, 2015).

Denominada Rede Agricultura de Precisão, ou Rede AP, a iniciativa tem o objetivo de “gerar conhecimentos, ferramentas e inovações tecnológicas em agricultura de precisão, visando incrementar a eficiência de sistemas produtivos, em busca de maior competitividade e sustentabilidade do agronegócio brasileiro” (INAMASU et al., 2011, p.33). Sediada pela Embrapa Instrumentação, sua estratégia de organização está estruturada em forma de projetos componentes, coordenados e compostos por diferentes organizações, em afinidade com suas atividades produtivas, que passam a ser o foco de atenção inicial da pesquisa, com possíveis desdobramentos.

Alinhada aos objetivos do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Administração em que está inserida, fica evidenciada também a delimitação do estudo à linha de pesquisa Redes Organizacionais e Inovação, com enquadramento no eixo temático da inovação em setores estratégicos.

#### 1.4 Justificativa do trabalho

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), a adoção da agricultura de precisão pelos produtores pode representar um incremento de produção com redução de custos, elevando o rendimento global das lavouras em até 67% (GLOBO RURAL, 2015). Isso significaria também um acréscimo no protagonismo do agronegócio na economia brasileira, que já tem sido bastante dominante.

Em 2017, a agricultura registrou safra recorde de 237,7 milhões de toneladas de grãos, um crescimento de 13% em comparação com 2016, o que fez com que o setor passasse a representar 5,3% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (MAPA, 2018). Considerando além das atividades primárias realizadas nos estabelecimentos, as atividades de transformação e de distribuição, a Confederação Nacional da Agricultura (CNA) estima que o agronegócio participou com cerca de 23,5% do PIB brasileiro no ano e 50% das exportações, contribuindo significativamente para o superávit da balança comercial.

Esse protagonismo deve-se a vantagens comparativas, como clima favorável, terra e água em abundância, que permitem não só a utilização de grandes áreas para a produção agrícola e a colheita de mais de uma safra por ano, mas também vantagens competitivas advindas das atividades de inovação, com inserção de um amplo pacote tecnológico gerado pela Embrapa e outras organizações públicas e privadas que tem agregado valor à produção.

Considerando que o desenvolvimento de novas tecnologias não é um processo autônomo, faz-se importante o estudo da tecnologia em interação com o sistema ao qual se incorpora (HEKKERT et al, 2007).

A análise da inovação pelo quadro teórico dos sistemas de inovação tem se mostrado muito eficaz em explicar diferenças de desenvolvimento entre setores, regiões ou países, a partir do estudo dos seus mecanismos de interação, em que a análise de sistemas tecnológicos é apontada como um caminho promissor para se entender algumas questões relacionadas, inclusive, com o desenvolvimento de sistemas nacionais de inovação e suas políticas (LUNDVALL, 2007).

Nesse sentido, a temática de sistemas de inovação permanece atual e carente ainda de maiores estudos, principalmente em países que ainda não alcançaram a dinâmica de desenvolvimento desejada, como é o caso do Brasil, que tem

apresentado estagnação e declínio em seus índices de inovação quando comparado com outros países de mesmo nível de desenvolvimento (GLOBAL INNOVATION INDEX, 2017).

Uma possível lacuna foi identificada a partir de um levantamento bibliométrico realizado na biblioteca virtual Portal de Periódicos CAPES/MEC, quando buscou-se identificar as tendências de pesquisa que relacionam a agricultura de precisão com o termo sistemas de inovação. Neste intuito, foram utilizados na plataforma os termos de busca (“*precision agriculture*” OR “*precision farming*”) AND “*innovation systems*”, e, posteriormente, “*innovation systems*” AND (“*precision agriculture*” OR “*precision farming*”), sem que fossem encontradas variações no retorno da busca em decorrência da ordem dos termos.

A leitura criteriosa das publicações possibilitou a identificação do enfoque atribuído à temática por cada um dos autores, resultando na categorização dos trabalhos de acordo com a abordagem teórica apresentada sobre inovação, conforme Quadro 1.

**Quadro 1.** Publicações sobre agricultura de precisão, categorizadas pelo eixo teórico dominante da inovação

Eixo teórico	Publicações	Principais periódicos (Qualis)
Difusão e adoção de novas tecnologias	Gollin, Morris e Byerlee (2005); Cirani et al. (2010); Aleke, Ojiako e Wainwright (2011); Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012); Adenle, Azadi e Arbiol (2015).	Journal of Enterprise Information Management (A1); American Journal of Agricultural Economics (A1); Innovation & Management Review (B1).
Interações entre atores no sistema de inovação agrícola	Basu e Leeuwis (2012); Busse et al. (2014); Wood et al. (2014); Eastwood, Klerkx e Nettle (2017); Joffre et al. (2017).	Agricultural Systems (A2); Plos One (A2); Precision Agriculture; Journal of Rural Studies.
Redes sociais de aprendizagem e gestão do conhecimento	Cock et al. (2011); Dutrénit, Rivera-Huerta e Vera-Cruz (2016); Eastwood, Chapman e Paine (2012); Eastwood, Trotter e Scott (2013); MacMillan e Benton (2014); Girard (2015).	Journal of Knowledge Management (A1); Agricultural Systems (A2); Brazilian Journal of Science and Technology (B2); Nature.
Abordagens metodológicas	Porceddu e Rabbinge (1997); Salles-Filho et al. (2010); König et al. (2012).	European Journal of Agronomy; Research Evaluation.

Fonte: elaboração do autor.

De modo geral, as preocupações dos pesquisadores nessa perspectiva de investigação têm se voltado para aspectos individuais presentes nos sistemas de inovação relacionados à agricultura de precisão, em especial à troca de conhecimentos entre cientistas e agricultores (EASTWOOD; CHAPMAN; PAINE, 2012; EASTWOOD; TROTTER; SCOTT, 2013; MACMILLAN; BENTON, 2014; DUTRÉNIT; RIVERA-HUERTA; VERA-CRUZ, 2016) e à adoção das tecnologias por esse último grupo (ALEKE; OJIAKO; WAINWRIGHT, 2011; AUBERT; SCHROEDER; GRIMAUDDO, 2012).

As interações presentes nesses sistemas também foram estudadas de maneira individualizada, na maioria considerando apenas dois atores, como produtores e meios de comunicação (BASU; LEEUWIS, 2012), ou pesquisadores e agricultores (WOOD et al., 2014) ou organizações de pesquisa públicas e privadas (EASTWOOD; KLERKX; NETTLE, 2017), à exceção de Busse et al. (2014), que buscou apresentar explicações para as complexas interações entre atores em toda a cadeia do processo de inovação relacionada à agricultura de precisão da Alemanha, a partir de uma abordagem de sistema setorial de inovação.

A análise da agricultura de precisão nessa perspectiva, além de fazer avançar o debate sobre a inovação nesse campo, pode elucidar potenciais barreiras e desafios para os mecanismos de inovação em um nível mais abrangente relacionado ao sistema de inovação agrícola, contribuindo para melhor compreensão desses mecanismos, superação de barreiras e melhoria do desempenho do setor, a partir das complexas interações entre atores importantes na cadeia do processo de inovação agrícola.

Somando-se a isso, o caráter recente do SNCTI brasileiro indica ainda a necessidade de pesquisas mais aprofundadas para conhecimento dos subsistemas a ele vinculados, considerando principalmente as áreas definidas pela ENCTI como estratégicas para o desenvolvimento nacional. Dessa forma, estudos no nível de subsistemas podem contribuir para a reflexão sobre as insuficiências presentes nas políticas de apoio à inovação empresarial enquanto processo complexo e sistêmico (SALERNO; KUBOTA, 2008; EASTWOOD; KLERKX; NETTLE, 2017).

De acordo com Hekkert et al. (2011), mesmo que diferentes sistemas ou subsistemas de inovação possam ter componentes semelhantes, eles podem funcionar de uma maneira completamente diferente. Portanto, analisar como esses

sistemas estão funcionando pode ser considerado um grande avanço na pesquisa de sistemas de inovação.

Além disso, o foco nas atividades que contribuem para a geração dessa inovação segue a sugestão de Baskerville et al. (2014) para que as futuras pesquisas, que visassem abordar à difusão de inovações, papel importante a ser cumprido em um sistema de inovação, centrem-se mais nas próprias tecnologias e nas suas trajetórias institucionais e histórias, ao invés do foco comumente encontrado na aceitação da tecnologia pelos usuários, individuais ou organizacionais.

## **1.5 Organização do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, contando o primeiro com esta introdução, que apresenta a motivação para sua elaboração a partir da identificação de um *locus* de estudo na perspectiva do desenvolvimento econômico pela inovação, considerando os recentes e crescentes números apresentados pelo agronegócio brasileiro.

O Capítulo 2, a título de Referencial Conceitual, discute as pesquisas sobre inovação como um processo social contínuo e dinâmico e o quadro teórico de sistemas de inovação decorrente dessa visão e suas especificidades, bem como a concepção de agricultura de precisão como inovação agrícola gerencial e sua implementação.

O Capítulo 3 detalha o método de pesquisa misto (qualitativo e quantitativo) utilizado para a realização do estudo, descrevendo os procedimentos da abordagem exploratória sequencial, os participantes e a forma de coleta e tratamento dos dados em cada uma das etapas da pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta os principais resultados e discute-os com a literatura utilizada como base teórica, ensejando a discussão sobre as estruturas e processos que suportam ou dificultam o funcionamento do sistema de inovação, concluída no Capítulo 5 com os direcionamentos para pesquisas futuras no sentido de melhoria do próprio sistema.

## **1.6 Contribuições da pesquisa**

Este estudo contribui para a compreensão das condições estruturais e padrões funcionais que influenciam na geração e difusão de inovações no campo da agricultura de precisão, aplicadas à produção agrícola brasileira, bem como para analisar o contexto em que se dá o amadurecimento da própria inovação e sua influência sobre o processo de mudança tecnológica, restituindo à literatura quatro possíveis categorias de análise.

O estudo dessas estruturas e padrões de funcionamento pode contribuir para a atuação mais eficiente de formuladores de políticas públicas e atores públicos e privados que atuam ou desejam atuar nesse campo, tanto no Brasil como em outros países com características semelhantes, a partir do exemplo brasileiro.

Além disso, um grande passo para o avanço do desenvolvimento tecnológico é o reconhecimento das fragilidades e potencialidades que permeiam seu ambiente no momento atual, com vistas à implementação de políticas mais assertivas na direção do futuro da tecnologia, ao que se espera que este estudo possa contribuir também neste sentido.

Teoricamente, o estudo contribui ainda para o aprimoramento do quadro teórico sobre sistemas de inovação tecnológica, ao considerar que os padrões funcionais devem variar não somente em função da fase de desenvolvimento da tecnologia, mas também da própria tecnologia analisada.



## 2 REFERENCIAL CONCEITUAL

Este capítulo trata do marco teórico conceitual a partir do qual se busca responder ao problema de pesquisa, alinhado ao objetivo geral de analisar as estruturas e processos que influenciam nas atividades de inovação em agricultura de precisão. Nesse sentido, foram eleitos para esta discussão o campo teórico da economia da inovação e seus pressupostos mais contemporâneos sobre o quadro teórico dos sistemas de inovação, com foco nas interações e relações entre atores que são capazes de desenvolver e acumular competências para gerar e difundir a inovação tecnológica no campo da agricultura.

Esta escolha, em detrimento de outras abordagens, como a hélice tríplice, por exemplo, deve-se pelo entendimento *a priori* de que a complexidade do processo de inovação, especialmente em relação à agricultura de precisão, não poderia ser explicada por um número delimitado de atores e com importâncias distintas de atuação, onde se atribui um peso maior para a atuação da universidade, aproximando-se do modelo linear de inovação em que o P&D acadêmico era o principal ponto de partida desse processo. Faz-se necessária uma visão com múltiplos elementos-chave, igualmente importantes, como propicia a abordagem de sistema de inovação.

Embora se tenha feito um levantamento das publicações recentes sobre agricultura de precisão na perspectiva dos sistemas de inovação, que serviu para a definição do foco do trabalho nas interações entre atores presentes nas atividades de inovação, é importante esclarecer ao leitor que este tópico trata do estabelecimento do marco conceitual em que se embasa o trabalho com resgate da essência dos termos e seu entendimento mais contemporâneo, dito 'estado da arte', e não de uma revisão bibliográfica voltada ao levantamento exaustivo de toda a produção mais recente sobre o tema.

### 2.1 A geração de inovações como processo social contínuo

A literatura sobre inovação tem sido disseminada pelas mais diversas áreas do conhecimento e sobre os mais variados enfoques. Se, por um lado, essa propagação demonstra o interesse crescente da academia e do mercado pelo tema, o que pode gerar efeitos econômicos e sociais positivos, haja vista a relação cada vez mais estreita entre crescimento econômico nacional e vantagem competitiva das empresas

com a capacidade de inovação (TIDD; BESSANT, 2015); por outro lado, pode contribuir para o alastramento de distorções conceituais graves sobre o assunto, tornando necessário, sempre que oportuno, o resgate à essência do termo (LIMA; MÜLLER, 2017a).

No caso da inovação, não se pode realizar qualquer tentativa de resgate conceitual sem que seja considerada a influência de Joseph Schumpeter (1883-1950). O conceito schumpeteriano de inovação caracteriza o ato empresarial em cinco tipos de inovação: *i)* lançamento de um novo produto ou de uma nova espécie de produto já conhecido; *ii)* aplicação de novos métodos de produção ou vendas de um produto; *iii)* abertura de um novo mercado; *iv)* aquisição de novas fontes de abastecimento de matérias-primas ou produtos semiacabados; *v)* nova organização de um setor industrial, como a criação ou destruição de uma posição de monopólio (NELSON, 2006; SLEDZIK, 2013; LIMA; MÜLLER, 2017a).

Assim, na essência do entendimento da teoria schumpeteriana, o movimento empreendedor (ou empresarial) em torno dessas inovações produziria um conjunto de efeitos e mudanças que levaria ao desenvolvimento econômico. Esses efeitos e mudanças seriam provocados pelo conceito de “destruição criativa”, uma mutação dos processos de produção e circulação, promovendo endogenamente a contínua evolução das estruturas econômicas a partir das inovações que nelas surgem (NELSON, 2006; LIMA; MÜLLER, 2017a).

Na evolução conceitual do termo, mantiveram-se os preceitos schumpeterianos quanto aos tipos de inovação, além de resultar em desdobramentos importantes, como o quadro de sistemas de inovação a ser abordado na sequência desta revisão.

Nesse processo de evolução conceitual, mais recentemente o Manual de Oslo (OECD, 2005, p.55) reconhece a inovação em quatro tipos: de produto, de processo, organizacional e de marketing, conceituando-a como a implementação de um ou mais desses tipos nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas da empresa.

Nesse sentido, a implementação da inovação é enfatizada na abordagem de Tidd e Bessant (2015, p.19), para quem “a inovação é o processo de transformar as oportunidades em novas ideias que tenham amplo uso prático”, ficando subentendida também a distinção entre inovação e invenção, uma vez que esta última nem sempre conseguirá se colocar em condição de uso prático.

A ênfase atribuída à necessidade de implementação da inovação, para que assim possa ser considerada, deve-se à indispensabilidade de separação das etapas do processo de inovação, tendo em conta a ocorrência de atividades de pesquisa e desenvolvimento que não necessariamente produzem inovações (HASENCLEVER; TIGRE, 2013). Esse entendimento é também defendido no conceito sobre atividades de inovação contida no Manual de Oslo (OECD, 2005, p.56), para quem:

As atividades de inovação são etapas científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais que conduzem, ou visam conduzir, à implementação de inovações. Algumas atividades de inovação são em si inovadoras, outras não são atividades novas, mas são necessárias para a implementação de inovações. As atividades de inovação também inserem a P&D que não está diretamente relacionada ao desenvolvimento de uma inovação específica.

Pelo conceito de atividades de inovação do Manual de Oslo (OECD, 2005) fica claro o entendimento de que, embora as atividades de P&D, bem como outras atividades inerentes ao processo inovativo, sejam essenciais para a geração de inovações, nem sempre essas atividades serão por si inovadoras e tampouco serão capazes de gerar uma inovação de sucesso, visto que se não houver aceitação e difusão comercial pode-se ter apenas uma invenção sem retorno econômico ou social.

Essas atividades, porém, via de regra acrescentam aprendizado e algum grau de novidade para quem as desenvolve, impactando no desempenho da inovação e da organização a médio e longo prazo, que tende a ser melhor quanto maior o investimento em pesquisa e desenvolvimento (DOSI; GRAZZI; MATHEW, 2017).

O processo de inovação, no entanto, é bastante complexo e demanda, além de conhecimento especializado, alguma habilidade em estabelecer relações e identificar oportunidades capazes de gerar inovações bem-sucedidas (TIDD; BESSANT, 2015; LIMA; MÜLLER, 2017b). Dada a complexidade, seja no âmbito de uma empresa ou de um setor, a condução desse processo de forma sistêmica, observando e interagindo com outras empresas, instituições de pesquisa, universidades e agentes financiadores, pode ser o ponto decisivo para a geração de inovações bem-sucedidas.

Nesta concepção, um modelo de inovação interativo e dinâmico é o que melhor representa o papel central exercido pela intensidade e multiplicidade com que essas interações ocorrem entre os diferentes agentes do processo de inovação. Este papel protagonista das interações tem sido o ponto convergente de diferentes estudos teóricos e empíricos, denominados como abordagem evolucionista (NELSON;

WINTER, 1982; ROSENBERG, 1983; DOSI, 1988; LUNDVALL, 1988; NELSON, 1992; 1993; FREEMAN, 1982; FREEMAN; SOETE, 2008), que buscam a compreensão do campo da economia da inovação.

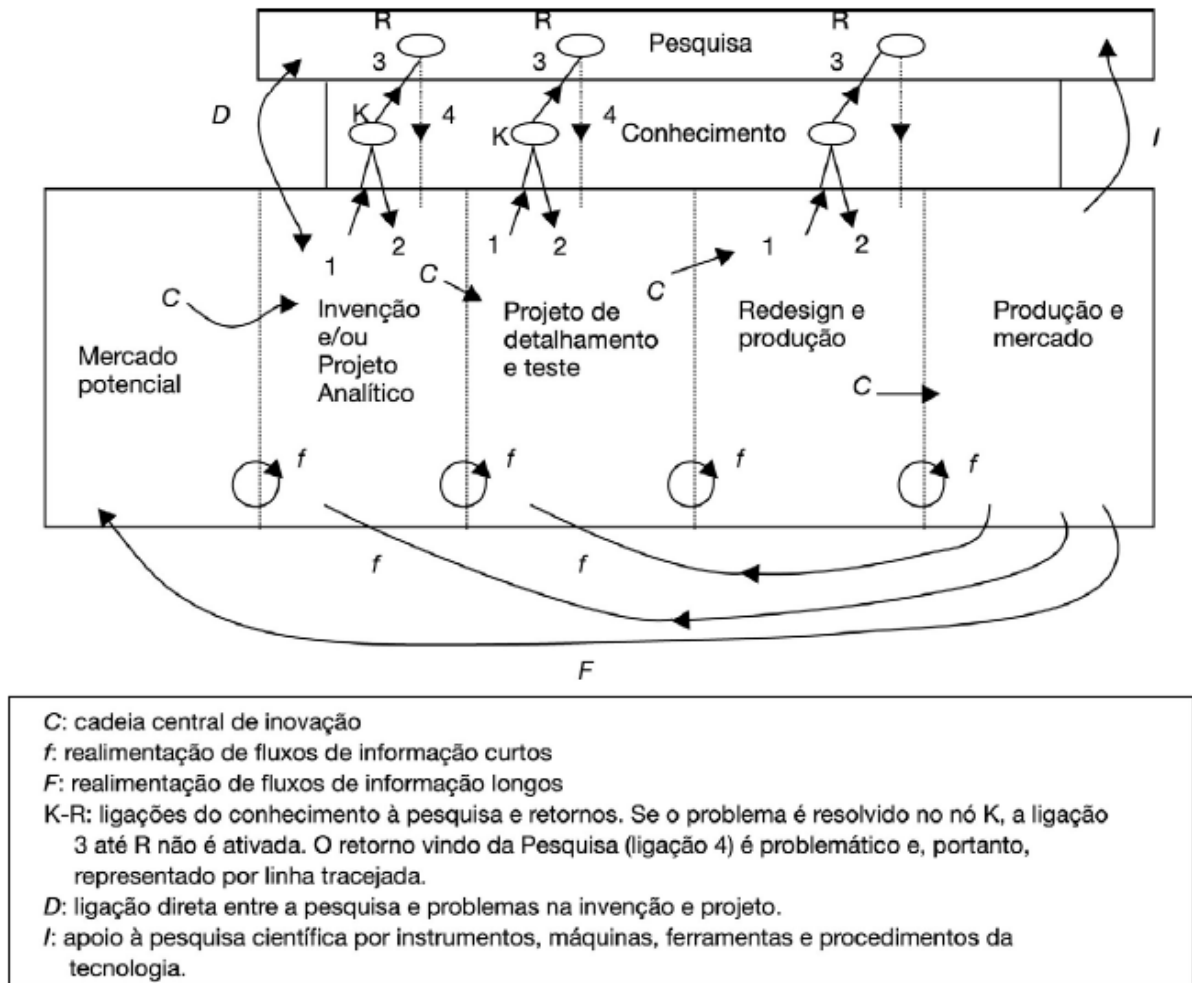
São essas interações que possibilitam o entendimento da inovação como processo social contínuo, a partir das atividades de coordenação, aprendizado, identificação de necessidades de usuários, aquisição de competência, gestão financeira, dentre outras, em oposição a um modelo linear de inovação, sequencial e tecnocrático (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

No âmbito de uma organização empresarial, este modelo pode ser representado pelo esquema desenvolvido em 1986 por Stephen Kline e Nathan Rosenberg, que enfatiza a geração de inovações a partir das interações entre as atividades de P&D e outras funções das empresas, como produção, marketing e vendas, embora Hasenclever e Tigre (2013) atestem também sua utilização para a captação de interações em cadeia de valor, incluindo atividades que envolvam redes de empresas com diferentes especializações, universidades e centros de pesquisa.

Este modelo, apresentado na Figura 1, é dotado de uma cadeia central linear (C), considerada o caminho para a geração de conhecimento, porém realimentada com fluxos curtos (f) e longos (F) de informações ao longo de cada etapa do processo produtivo que parte da concepção para a produção e comercialização. Essa cadeia (C) possui também intensas interações com o ambiente de pesquisa (R), não apenas no momento da concepção do projeto (D), mas ao longo de todo o processo produtivo, permitindo o acúmulo de conhecimento (K) por parte da empresa ou rede de empresas, e a realimentação do processo inovativo pela troca de informações entre usuários e desenvolvedores, configurando um modelo dinâmico e interativo.

Este entendimento implica que o processo de inovação envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, como descrito pelo Manual de Oslo (OECD, 2005), e, portanto, compreende a empresa como organização de aprendizado, capaz de desenvolver e acumular competências que lhes permitam constituir uma trajetória tecnológica própria.

**Figura 1.** Modelo interativo de inovação Kline-Rosenberg



**Fonte:** Hasenclever e Tigre (2013).

Para além de uma empresa, essa concepção interativa e dinâmica do processo de inovação pode ser extrapolada para um conjunto diversificado de empresas especializadas que se inter-relacionam como clientes e fornecedoras, ou, ainda, um conjunto de empresas especializadas, institutos de pesquisa e universidades que fazem parcerias com a finalidade de gerar inovações (HASENCLEVER; TIGRE, 2013), constituindo um sistema evolutivo e auto organizado cujas interações são fundamentais para o processo inovador (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017).

## 2.2 O quadro teórico dos sistemas de inovação e a difusão da inovação tecnológica

A economia evolucionária, também denominada neo-schumpeteriana, considera a existência dos sistemas de inovação como desencadeadores de

desenvolvimento econômico, a partir das mudanças tecnológicas empreendidas nos sistemas produtivos, tendo no avanço tecnológico o motor do desenvolvimento econômico (NELSON; WINTER, 1982; FREEMAN, 1982; POSSAS, 2008; CUNHA; BOSZCZOWSKI; FACCO, 2011). Os evolucionários ressaltam o papel das inovações como elemento fundamental para o entendimento da dinâmica dos sistemas econômicos, já que a concorrência entre as firmas leva à grande diversidade e multiplicidade de estratégias, provocando certo desequilíbrio a partir dos esforços inovativos das empresas (FELIPE, 2008).

A dinâmica dos sistemas econômicos é, por essa abordagem, gerada endogenamente pela emergência persistente de inovações em produtos, processos, formas de organização, mercados e fontes de matéria-prima. A evolução desses métodos dá-se pelos comportamentos de busca que estão na base dos sistemas de inovação (CORAZZA; FRACALANZA, 2004), pois “é um processo dinâmico que depende tanto da geração e uso das inovações quanto dos seus processos de difusão” (CUNHA; BOSZCZOWSKI; FACCO, 2011, p.73).

Ainda que a abordagem inicial, tanto de Nelson e Winter (1982) quanto de Freeman (1982), estivesse pautada na economia industrial, logo se popularizou como abordagem de análise sobre diferentes perspectivas da economia, servindo de base essencial para o quadro específico de sistemas de inovação elaborado posteriormente.

Somente com a superação do modelo linear de inovação é que as correntes evolucionistas puderam desenvolver, aplicar e aprimorar o conceito de sistema de inovação, que tem sido utilizado não só para a identificação de redes e inter-relações entre instituições envolvidas com a geração e difusão de inovações, mas também como instrumento de política para a promoção dessas relações (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

De acordo com Nelson (1992, p.349), os sistemas de inovação podem ser conceituados como um conjunto de atores institucionais cujas interações exercem importante papel de influência no desempenho inovador de uma nação. É uma configuração institucional envolvendo leis, regras e normas que favorecem e determinam a articulação entre empresas, universidades, instituições governamentais, de pesquisa, de ciência, de tecnologia e de fomento para a implantação de processos de inovação.

Tanto os trabalhos de Nelson (1992) quanto de Lundvall (1992) destacam o caráter nacional dos sistemas de inovação com foco nos níveis da economia do Estado-nação, “[...] como resultado das relações entre os atores econômicos, políticos e sociais, e reflete condições culturais e institucionais próprias” (CASSIOLATO; LASTRES, 2005, p.37). No entanto, Lundvall (2005; 2007) reconhece também os avanços na literatura sobre outras abordagens de sistemas em níveis menos abrangentes, como regionais, setoriais e tecnológicos, enfatizando análises pormenorizadas de sistemas de inovação em regiões ou campos específicos – como o farmacêutico ou o aeronáutico – em que mais recentemente, nos trabalhos de Mazzucato (2014), tem sido destacado o papel ativo do Estado como agente desses sistemas.

Segundo Watkins et al. (2015), esse reconhecimento deve-se a uma série de mudanças ocorridas nas últimas três décadas na literatura sobre sistemas de inovação, principalmente como resposta crítica à abrangência e complexidade de análise dos quadros de sistemas nacionais de inovação. Essas mudanças estão relacionadas principalmente ao afastamento de argumentações macro institucionais e maior focalização em processos de sistemas específicos; maior ênfase sobre o papel desempenhado por atores não-governamentais e intermediários na atuação desses sistemas; e o aumento da internacionalização e aplicação do conceito de sistemas nacionais de inovação, incluindo países em desenvolvimento até então fora dessa discussão (WATKINS et al., 2015).

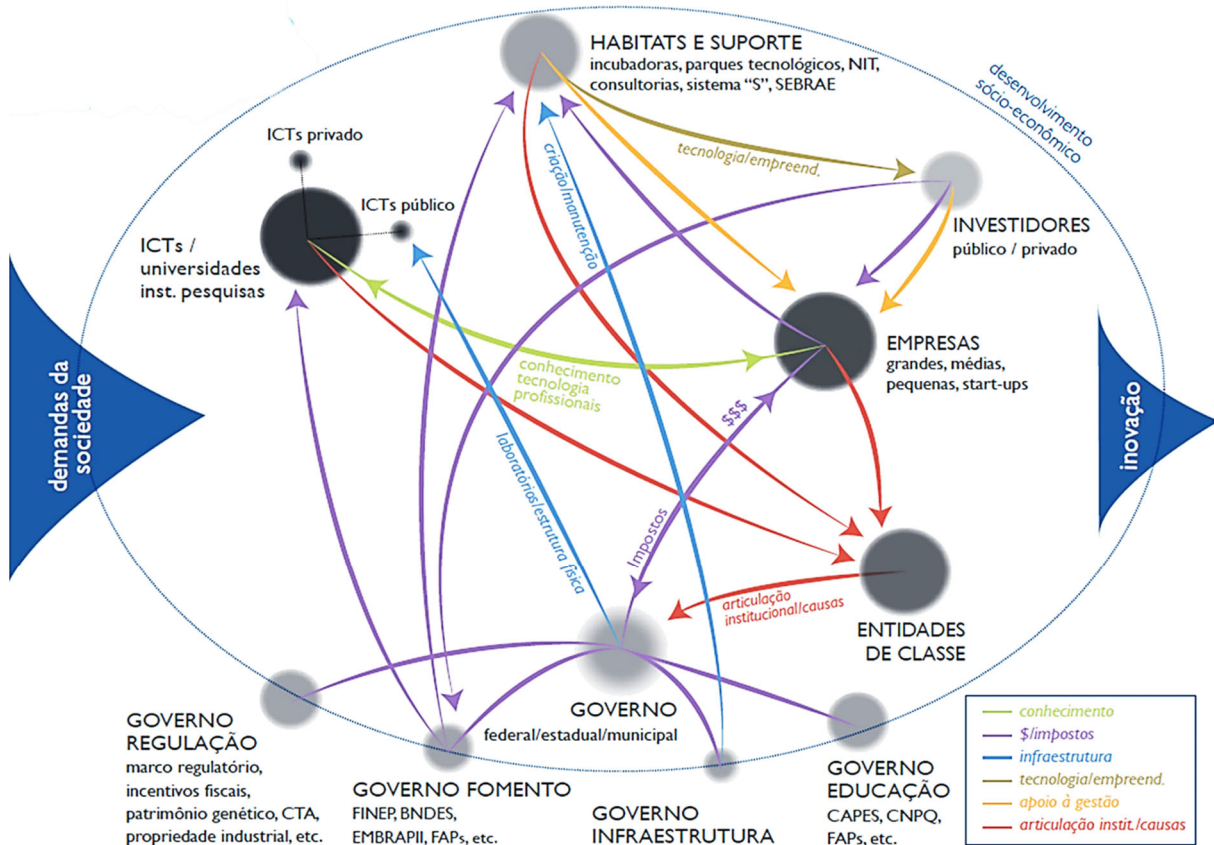
A partir desse entendimento, o quadro atual considera a existência de quatro abordagens e conceitos relacionados à análise de sistemas de inovação, variando em função de suas delimitações espaciais ou geográficas, setoriais e tecnológicas (HEKKERT et al., 2007; MARKARD; TRUFFER, 2008; HEKKERT; NEGRO, 2009; DALITZ; HOLMÉN; SCOTT-KEMMIS, 2012; WATKINS et al., 2015).

Dessa forma, além dos sistemas nacionais de inovação (LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993), encontram-se definidas na literatura as abordagens de sistemas regionais (COOKE, 2001; DOLOREUX; PARTO, 2005), sistemas tecnológicos (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991) e sistemas setoriais de inovação (MALERBA, 2002).

Como derivação da teoria evolucionista de desenvolvimento econômico, o argumento principal por detrás do conceito de sistema nacional de inovação é o de que governos, universidades, atividades empresariais, organizações intermediárias,

instituições financeiras e sociedade civil, agindo coletivamente e sob um determinado aparato institucional, podem desempenhar um papel central e orquestrador na geração e difusão da inovação em uma economia nacional (WATKINS et al., 2015; ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). A Figura 2 oferece uma representação desse conceito, considerando o caso brasileiro.

**Figura 2.** Mapa teórico do sistema nacional de inovação do Brasil



A abordagem dominante em sistemas nacionais de inovação é, portanto, essencialmente institucional, assim como o é a abordagem de sistema regional (DALITZ; HOLMÉN; SCOTT-KEMMIS, 2012). No entanto, o principal argumento de Cooke (2001) é de que as atividades de inovação tecnológica tendem a formar aglomerados em determinadas localidades ou regiões e, nesse sentido, a dinâmica de inovação e da mudança tecnológica podem ser melhor compreendidas como um fenômeno regional, considerando as interações estabelecidas entre atores geograficamente próximos, em que o sistema de inovação está delimitado a um território em particular, normalmente subnacional (DALITZ; HOLMÉN; SCOTT-KEMMIS, 2012; WATKINS et al., 2015). Essa abordagem contribui para o



entendimento das políticas, instituições e agentes do processo de inovação em um nível menos complexo em relação a um sistema nacional de inovação, possibilitando maior assertividade dos processos decisórios quanto à implementação de ações que favoreçam o desenvolvimento de um determinado sistema localizado.

Análogos ao sistema regional de inovação, os sistemas setoriais são definidos por Malerba (2002, p.250) como “um conjunto de produtos novos e estabelecidos para usos específicos e um conjunto de agentes executando interações dentro e fora dos mercados para criação, produção e venda destes produtos”. Com isso, sua principal base de argumentação está na existência de forte interação entre empresas concorrentes de um mesmo setor que produzem produtos semelhantes e são influenciadas por um conjunto comum de instituições, o que pode permitir melhor compreensão de como setores interagem e mudam ao longo do tempo e de como influenciam a mudança tecnológica e institucional relacionada à atividade (HEKKERT et al., 2007; DALITZ; HOLMÉN; SCOTT-KEMMIS, 2012).

Por fim, a abordagem de sistemas tecnológicos traz a argumentação de que as inovações ocorrem em um nível multidimensional, não restritivas a uma delimitação geográfica ou setorial, dadas principalmente à conectividade vivenciada pela atual sociedade do conhecimento e à necessidade constante de troca de conhecimentos e uso de infraestruturas compartilhadas com diferentes atores e instituições, de diferentes setores, regiões e países (HEKKERT et al., 2007; MARKARD; TRUFFER, 2008; HEKKERT; NEGRO, 2009).

Dessa forma, os sistemas tecnológicos analisam a geração, difusão e utilização de uma tecnologia, a partir de interações entre atores e instituições diversos que com ela se relacionam e a influenciam, bem como a influência que essa tecnologia específica ou seu sistema exercem sobre o processo de desenvolvimento tecnológico (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991).

Independentemente do delineamento ou abrangência adotada, o que define a existência de um sistema de inovação é a ocorrência de interações diversas entre seus componentes (atores e instituições), bem como a frequência e o nível dessas interações que influenciam o grau de desenvolvimento do sistema. Logo, deve-se admitir uma dupla relação sujeito-objeto entre atores e instituições (MARKARD; TRUFFER, 2008), em que os atores colaboram tanto quanto competem entre si, apoiados por instituições nem sempre coesas, por vezes conflitantes, que moldam

seus comportamentos, mas que também podem ser moldadas ou alteradas à medida que deixam de atender as necessidades dos atores.

Nesse sentido, o estudo da disposição e combinação de organizações e instituições em um limite geográfico regional ou nacional ou, ainda, num recorte setorial ou tecnológico, tem sido de grande relevância na medida em que contribui para o surgimento de arranjos mais propícios à consolidação da inovação como elemento portador de desenvolvimento ou para o melhor entendimento dos arranjos já existentes (MAMEDE et al., 2016), favorecendo também a forma como a inovação é difundida para e pelo mercado.

De acordo com Rogers (2003, p.5), “a difusão é o processo em que uma inovação é comunicada por meio de diferentes canais, em um certo período de tempo, entre os membros de um sistema social”. Assim, a difusão da inovação compreende a disseminação do produto tecnológico inovador a partir de seu criador para diferentes categorias de usuários (DI BENEDETTO, 2015), sendo parte do processo inovador e uma atividade tão complexa e importante quanto a criação de uma inovação. Um exemplo dessa importância está relatado no trabalho recente de Andrews, Criscuolo e Gal (2015) que aponta à amplificação do fenômeno da menor produtividade nos países ricos devido a forças que enfraqueceram a inovação tecnológica e a difusão, em conjunto com a desaceleração econômica.

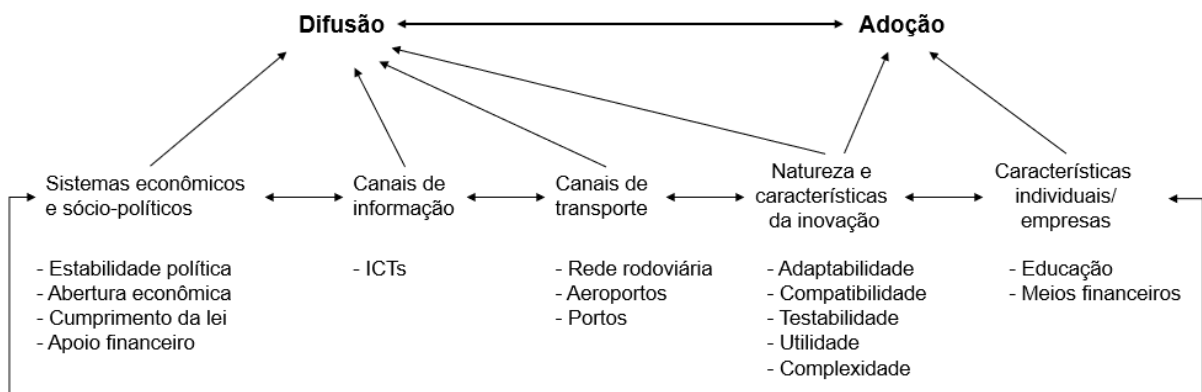
Também nos países em desenvolvimento, a capacidade inovativa e de transformação econômica e social dos sistemas de inovação é constituída pelas dinâmicas entre subsistemas – incluindo os geográficos, socioeconômicos, políticos e legais – em que o contexto institucional típico desses países afeta sobremaneira a forma como ocorre a difusão das tecnologias (ZANELLO et al., 2016). A difusão e adoção da inovação é, portanto, um fator crítico para o bom funcionamento de um sistema de inovação, com reflexos no crescimento econômico de um país (FAGERBERG; SRHOLEC, 2008).

Para Zanello et al. (2016) existe uma relação direta de mútua influência entre difusão e adoção de inovações, no sentido de que a escolha dos canais de transmissão adequados para a comunicação da nova tecnologia é um fator determinante para a absorção correta da informação e consequente adoção dessa inovação.

Porém, nessa mesma relação, a inovação proposta pode não se encaixar nas necessidades locais, principalmente se a nova tecnologia foi criada em países

desenvolvidos e está sendo transferida para países em desenvolvimento, fazendo com que seja necessário repensar não somente possíveis falhas dos canais de transmissão, mas também a adequação de design às necessidades locais. Um resumo dos fatores que afetam a difusão de inovações e a interação com a adoção em países em desenvolvimento está apresentado na Figura 3.

**Figure 3.** *Framework* da difusão de inovações em países em desenvolvimento



**Fonte:** Adaptado de Zanello et al. (2016)

Os autores (ZANELLO et al., 2016) destacam especialmente a natureza e as características da inovação como um fator decisivo sobre a possibilidade de difusão e a velocidade com que ocorrerá, influenciando tanto a difusão quanto a adoção, uma vez que sua utilidade percebida e facilidade de uso são determinantes sobre a disposição de aceitação da inovação tecnológica (DAVIS, 1989). Além disso, os sistemas de inovação compostos por arranjos institucionais incompletos ou desatualizados, normalmente, possuem fraco cumprimento da lei e sofrem mais negativamente em ambientes com instabilidade política, desencorajando atividades inovadoras e investimentos estrangeiros, restringindo oportunidades de difusão, dada a fraca interação e cooperação entre atores públicos e privados presentes nestes sistemas (ZANELLO et al., 2016).

Uma forma de avaliar o cumprimento desse papel pelo sistema de inovação é proposta por Hekkert et al. (2007) ao sugerir a análise de um sistema de inovação tecnológica a partir de sete funções pré-determinadas, descritas no próximo tópico.

### 2.2.1 As funções dos sistemas de inovação tecnológica

Carlsson e Stankiewicz (1991, p.94) definem um sistema de inovação tecnológica como “uma rede dinâmica de agentes interagindo nas áreas econômica/industrial, sob uma infraestrutura institucional particular e envolvidos na geração, difusão e utilização de uma tecnologia específica”. Dentro dos quadros teóricos de sistemas de inovação, a concepção de sistema tecnológico é tida por alguns autores (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991; CARLSSON et al., 2002; JACOBSSON; BERGEK, 2004; HEKKERT et al., 2007; HEKKERT; NEGRO, 2009; HEKKERT et al., 2011; SANDÉN; HILLMAN, 2011) como mais adequada para explicar mudanças tecnológicas provocadas pelos processos de inovação, uma vez que sua análise se dá em um nível micro, menos complexo.

Os sistemas de inovação tecnológica, ou simplesmente sistemas tecnológicos, foram propostos por Carlsson e Stankiewicz (1991) como alternativa à delimitação geográfica presente na definição de sistemas nacionais de inovação. Assim, a definição de sistema tecnológico cunhada pelos autores tem como premissa que seus limites podem ou não coincidir com as fronteiras nacionais, como também podem variar de uma área tecnoindustrial para outra, a depender dos agentes econômicos que deles participem.

Sendo assim, esse sistema pode ser definido como o conjunto de atores, redes e instituições (leis e regras) que, ao interagirem uns com os outros, influenciam a velocidade e a direção da mudança tecnológica em uma área tecnológica específica (HEKKERT et al., 2007; BERGEK et al., 2008; MARKARD; TRUFFER, 2008).

De acordo com Wieczorek et al. (2015), esse conjunto de atores, redes e instituições formam os componentes estruturais dos sistemas tecnológicos, seguindo as estruturas mais gerais dos sistemas de inovação. Um aspecto inovador e essencial da perspectiva do sistema tecnológico refere-se à sua atenção para o desempenho funcional dos componentes do sistema, conceitualizado por meio de um conjunto de sete funções apresentadas resumidamente no Quadro 2, definido em dois trabalhos programáticos de Hekkert et al. (2007) e Bergek et al. (2008).

## Quadro 2. Funções dos sistemas de inovação tecnológica

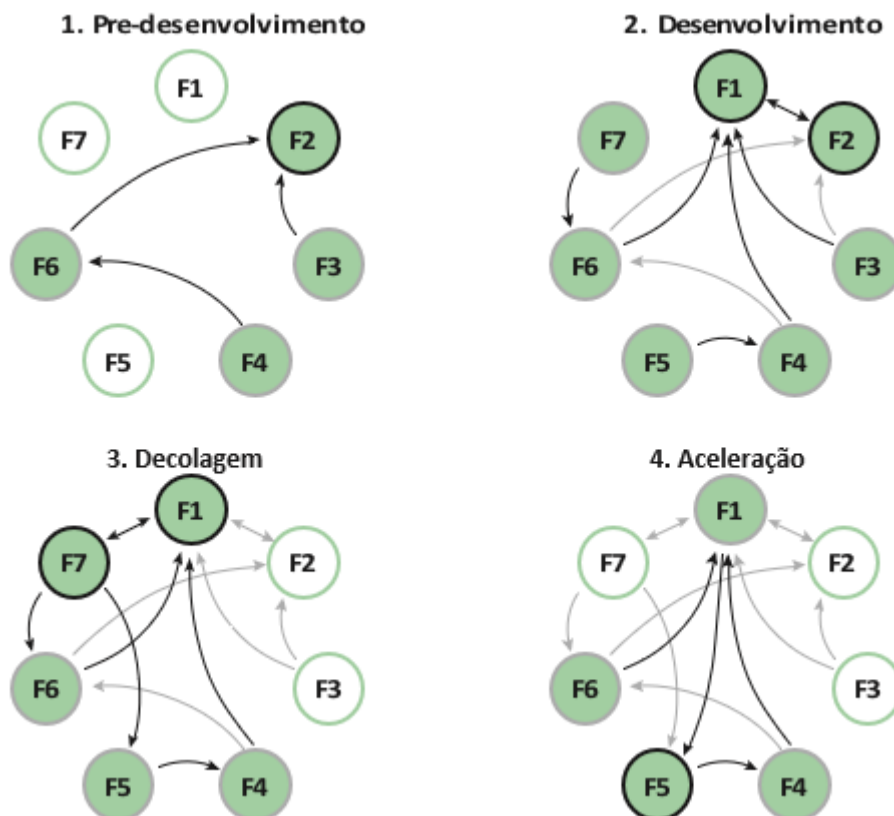
Funções	Definição
F1. Atividades empreendedoras	As atividades realizadas pelos empresários integrantes do sistema, incluindo experiências comerciais, demonstração de P&D e abertura para entrada de novas empresas.
F2. Desenvolvimento de conhecimento	A descoberta básica de pesquisa e tecnologia criada por investimentos e atividades de P&D, pré-requisitos para inovações.
F3. Troca de conhecimento	O processo em que o conhecimento e a tecnologia são transferidos de uma rede ou organização para outras redes ou organizações.
F4. Orientação da pesquisa	O direcionamento necessário para facilitar a convergência no desenvolvimento tecnológico, envolvendo metas políticas e expectativas sobre opções tecnológicas.
F5. Formação de mercado	A formação de um novo mercado ou nicho de mercado, criando vantagem competitiva temporária através de regimes fiscais favoráveis, quotas de consumo ou outras atividades de políticas públicas.
F6. Mobilização de recursos	O investimento em capital humano, capital financeiro e de infraestrutura, que foram incorporados pelo governo, capital de risco ou empresas financeiras.
F7. Criação de legitimidade	Governo, coalizão jurídica e apoio público à tecnologia para combater a resistência de atores estabelecidos, bem como a disponibilidade das empresas em apoiar a maturação dos projetos desenvolvidos.

**Fonte:** Adaptado de Van Alphen et al. (2010) e Lai et al. (2012).

As funções do sistema são uma série de processos ou atividades consideradas pelos autores como de extrema importância para o bom funcionamento de um sistema de inovação (HEKKERT et al., 2007). O mapeamento desses processos permite analisar a dinâmica de um sistema de inovação tecnológica, com orientações práticas do que está contribuindo para o avanço da tecnologia inovadora e o que está retardando sua evolução (BERGEK et al., 2008).

A principal contribuição dessa abordagem de análise gira em torno da noção de causalidade cumulativa entre as funções do sistema tecnológico, que se reforçam mutuamente ao longo do tempo. Porém, do mesmo modo que se complementam, um sistema de inovação pode entrar em colapso devido à ausência de uma única função desse sistema (SUURS et al., 2010; LAI et al., 2012).

Essa complementação estabelece certos padrões funcionais de acordo com a fase de desenvolvimento da tecnologia em análise. Dessa forma, a importância atribuída às funções será diferente em cada fase, dada a necessidade do sistema naquele momento para o desenvolvimento da tecnologia (HEKKERT et al., 2011). Um esquema dessa importância relativa pode ser visualizado na Figura 4.

**Figura 4.** Padrões funcionais por fase de desenvolvimento da tecnologia

Fonte: Hekkert et al. (2011).

As setas pretas são as relações que ocorrem na fase atual, ao passo que as setas acinzentadas representam as relações que ocorreram em fases anteriores e ainda estão ocorrendo para melhorar o desenvolvimento da tecnologia, visto que o conhecimento é acumulado em cada fase. As funções com círculos em negrito representam a função mais importante para aquela fase.

Por exemplo, na fase de pré-desenvolvimento, caracterizada principalmente pelo desenvolvimento de protótipos testados de forma experimental em condições controladas, o desenvolvimento de conhecimento é a função mais importante, influenciada de maneira crítica pelas funções de troca de conhecimento e mobilização de recursos que dão suporte à função principal, sendo a orientação da pesquisa uma função crítica para a mobilização de recursos.

Na fase de desenvolvimento, em complementação aos padrões do pré-desenvolvimento, espera-se que a atividade empreendedora seja a função mais importante no sistema, já que as primeiras experiências já foram realizadas. A partir dessa fase, pode-se verificar se a inovação também funciona na prática, o que

demanda que a função desenvolvimento de conhecimento permaneça ativa. No entanto, todas as outras funções do sistema podem influenciar positivamente ou negativamente essa função, portanto, todas podem ser críticas nesta fase e precisarão ser cuidadosamente analisadas (HEKKERT et al., 2011).

Algumas das principais críticas a essa perspectiva concentra-se no fato de que ela foi concebida e aplicada em países desenvolvidos e que países em desenvolvimento possuem, em geral, um baixo nível de desenvolvimento das diversas funções do sistema tecnológico. Além disso, argumenta-se que a fronteira do sistema tecnológico em si mesmo desconsidera fatores exógenos que podem influenciar o desempenho das funções, sobretudo nos países em desenvolvimento (EDSAND, 2017).

Apesar disso, estudos nessa linha de abordagem obtiveram êxito em países como Etiópia (KEBEDE; MITSUFUJI, 2017) e China (CHEN; ZHAO, 2012; LAI et al., 2012), sugerindo que a utilização de abordagens multiníveis, considerando também os fatos históricos relacionados à tecnologia e ao contexto institucional em que os atores estão inseridos, pode minimizar essa aparente limitação da abordagem (BERGEK et al., 2008; HEKKERT et al., 2011).

Nas pesquisas em agricultura de precisão, a abordagem de sistemas tecnológicos foi recomendada por Eastwood, Chapman e Paine (2012) para melhor visualização dos atores envolvidos no processo de inovação. Posteriormente, foi utilizada por Eastwood, Trotter e Scott (2013) ao abordar os desafios atuais para a agricultura de precisão bem-sucedida na prática dos setores leiteiro, bovino e ovino da Austrália; e por Eastwood, Klerkx e Nettle (2017) ao analisar a divisão de funções da pesquisa e da extensão públicas e privadas nos sistemas de inovação agrícola.

Diante dos desafios alimentares e de mudança climática que motivam diferentes pesquisas de inovação na agricultura, a perspectiva dos sistemas de inovação agrícola aparece como um importante catalisador no sentido de minimizar as contingências do cenário agrícola emergente. Com uma visão de concepção da inovação de forma sistêmica, pode-se favorecer, por exemplo, tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, um paradoxo da agricultura em qualquer contexto mundial.

## 2.2.2 O sistema de inovação agrícola e as políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil

De acordo com Spielman e Birner (2008), a abordagem de sistema de inovação aplicado à atividade agrícola surgiu no final dos anos de 1990, a partir da evolução dos modelos conceituais de Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola, na década de 1970, e Sistema de Informação e Conhecimento para a Agricultura, na década de 1980, utilizados para o estudo da ciência, tecnologia e inovação na agricultura, conforme características resumidas no Quadro 3.

**Quadro 3. Frameworks de suporte a pesquisa agrícola**

<b>Características definidoras</b>	<b>Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola (SNPA)</b>	<b>Sistema de Informação e Conhecimento para a Agricultura (SICA)</b>	<b>Sistema de Inovação Agrícola (SIA)</b>
<b>Objetivo</b>	Capacidade de planejamento para a pesquisa agrícola, desenvolvimento de tecnologia e transferência de tecnologia	Fortalecimento da comunicação e transferência de conhecimento para as pessoas no setor rural	Reforço da capacidade de inovação em todo o sistema de produção e comercialização agrícola
<b>Atores</b>	Organizações de pesquisa agrícola nacionais, universidades agrícolas e faculdades de agricultura, serviços de extensão e agricultores	Organizações de pesquisa agrícola nacionais, universidades agrícolas e faculdades de agricultura, serviços de extensão, agricultores, ONGs e empresários em áreas rurais	Todos os atores potenciais nos setores público e privado envolvidos na criação, difusão, adaptação e uso de todos os tipos de conhecimento relevantes para a produção e comercialização agrícola
<b>Resultados</b>	Invenções tecnológicas e transferência de tecnologias	Adoção de tecnologias e inovação na produção agrícola	Combinações de inovações técnicas e institucionais em toda a produção, comercialização, pesquisa de políticas e domínios empresariais
<b>Princípio organizador</b>	Uso da ciência para criação de novas tecnologias	Acesso ao conhecimento agrícola	Novos usos do conhecimento para a mudança social e econômica
<b>Mecanismo para a inovação</b>	Transferências de tecnologia	Intercâmbio de conhecimento e informação	Aprendizado interativo
<b>Papel da política</b>	Alocação de recursos, definição de prioridades	Estrutura facilitadora	Integração de componentes e estrutura facilitadora
<b>Natureza de reforço das capacidades</b>	Fortalecimento da infraestrutura e recursos humanos para a investigação científica	Fortalecimento da comunicação entre os agentes em áreas rurais	Fortalecimento das interações entre atores; criação de um ambiente favorável

Fonte: Adaptado de Spielman e Birner (2008)



Em resumo, pode-se compreender do quadro que a abordagem de SNPA tem como eixo central a articulação para a geração de conhecimento; o SICA amplia para a geração e a difusão de conhecimento; e o SIA integra geração, difusão e uso do conhecimento (MENDES, 2009). A análise das características definidoras elencadas pelos autores em cada abordagem revela principalmente a importância atribuída aos agentes do processo de inovação dentro do sistema de inovação agrícola, com definição mais clara de papéis, e a concepção de aprendizado interativo como mecanismo para a inovação, reforçando também a importância das relações entre os agentes.

Um sistema de inovação agrícola pode ser definido como a operacionalização da PD&I em agricultura de um país ou região, incluindo todos os atores e organizações a nível local, regional e nacional envolvidos na produção, transformação e comercialização de produtos agrícolas (KLERKX; VAN MIERLO; LEEUWIS, 2012), mais próximo do conceito de sistema setorial de inovação (MALERBA, 2002).

Contudo, o processo inovativo relacionado ao desenvolvimento de novas tecnologias exige grande esforço das organizações de pesquisa, públicas e privadas, inclusive para se empreender as mudanças institucionais necessárias à sua aceitação. Dessa forma, o desenvolvimento de um sistema de inovação agrícola demanda a formulação e a implementação de políticas públicas que favoreçam a geração, difusão e utilização de conhecimentos e inovações aplicados à produção agrícola, inclusive por meio do reforço da cooperação internacional, visando à implementação de infraestruturas de PD&I e envolvendo diferentes atores institucionais (SALERNO; KUBOTA, 2008; ONU, 2015).

Porém, esse desenvolvimento não é trivial, porque as políticas públicas podem forjar o ambiente, mas não o sistema. Quer dizer que não têm poder determinístico para estabelecer um sistema de inovação agrícola, o que contraria a própria concepção teórica de sistema de inovação, que enfatiza o processo de autocorreção, ou autorregulação, por meio da retroalimentação e busca à evolução auto organizada (EZTKOWITZ; ZHOU, 2017).

É esperado que a política pública provenha, direta ou indiretamente, os mecanismos institucionais necessários ao desenvolvimento do sistema, que se configuram nas fontes de financiamento para inovação (YANIKIAN; PAMPLONA, 2015; ARBIX, 2017); nas legislações específicas e de incentivo às parcerias público-privadas (CARVALHO, 2016; TURCHI; ARCURI, 2017); nas condições da

infraestrutura de pesquisa (DE NEGRI; SQUEFF, 2016; DE NEGRI, 2017); nas regulações das carreiras do sistema de pesquisa e ensino superior (NEVES; NEVES, 2011; LEMOS; CARIO, 2017); e nos regramentos jurídicos que condicionam outras atividades do setor público. Ou seja, “o conjunto de regras que governa a forma pela qual agentes econômicos podem cooperar e/ou competir” (FIANI, 2013, p.22).

No Brasil, as políticas mais recentes direcionadas a criar um ambiente institucional favorável ao desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação seguem esta perspectiva sistêmica e versam sobre as infraestruturas de pesquisa científica e tecnológica, o financiamento da pesquisa e inovação e a formulação de regulamentações para incentivar atividades de inovação.

Dentre as iniciativas voltadas ao financiamento da inovação, pode-se citar a criação de um conjunto de programas para financiar as atividades de pesquisa e inovação – como os Fundos de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, conhecidos como Fundos Setoriais – que destinam partes de recursos arrecadados para as atividades de inovação em setores específicos como o agronegócio (CT-Agro) ou mesmo o financiamento da modernização das infraestruturas de pesquisa de um modo geral (CT-Infra); o Programa de Sustentação do Investimento voltado a produção, aquisição e exportação de bens de capital e a inovação tecnológica; e planos específicos como o Inova Empresa, o Inovar-Auto e o Inova Agro, por meio de incentivos fiscais, crédito público para inovação, investimento público em CT&I e investimentos obrigatórios de empresas reguladas (YANIKIAN; PAMPLONA, 2015; TURCHI; MORAIS, 2017).

Esses programas são operados por instituições como a Financiadora de Estudos e Projetos – Finep, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, que buscam garantir o fortalecimento de instituições da infraestrutura pública de pesquisa e a formação de pesquisadores. Especificamente sobre a PD&I nas Ciências Agrárias brasileira, estima-se que 73% do financiamento para a infraestrutura de pesquisa decorre do setor público, sendo um terço do financiamento decorrente unicamente do MCTIC, por meio da FINEP e do CNPq (CAMPOLINA, 2016).

O acesso a essas fontes de financiamento para a inovação exigiu que se desenhassem marcos legais para sua regulamentação, tais como a Lei de Inovação

(Lei 10.973, de 2 de dezembro de 2004), atualizada pela Lei 13.243/2016; a Lei do Bem (Lei 11.196, de 21 de novembro de 2005); e a Lei do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Lei 11.540, de 12 de novembro de 2007).

Além dessas, outras normativas são também importantes para garantir legitimidade aos processos de cooperação e/ou competição relacionados à inovação tecnológica, como a Lei de Informática (Lei 8.248, de 23 de outubro de 1991), atualizada pelas Leis 10.176/01, 11.077/04 e 13.023/14; a Lei da Propriedade Intelectual (Lei 9.279, de 14 de maio de 1996); a Lei da Biossegurança (Lei 11.105, de 24 de março de 2005); a Lei de Proteção de Dados Pessoais (Lei 13.709, de 14 de agosto de 2018); e a Emenda Constitucional 85, de 26 de fevereiro de 2015, que colocou o tema da inovação ao lado dos incentivos à Ciência e Tecnologia na Constituição Federal.

Em que pesem os avanços que representaram esses instrumentos de fomento à inovação para a política de CT&I brasileira, os resultados alcançados têm sido modestos. A fragmentação excessiva do financiamento, a baixa escala dos projetos de C&T, a falta de sentido estratégico, a ausência de eficiência e objetividade das agências governamentais no direcionamento dos investimentos, o ambiente institucional rígido e burocrático e uma economia fechada e pouco competitiva têm sido comumente apontados como fatores limitantes para a configuração de um SNCTI eficiente (DE NEGRI, 2017).

Fragilidade semelhante é apontada em relação à inovação agrícola, em que a sistemática de organização e coordenação das políticas de CT&I, sem um direcionamento claro, com objetivos pouco mensuráveis e baixo dispêndio de recursos para a P&D em relação ao PIB do agronegócio (cerca de 0,31% em 2012), contribuíram para o agravamento de um reconhecido dualismo estrutural-tecnológico entre bolsões de sistemas produtivos modernos criados pelo aproveitamento localizado do fomento à inovação tecnológica e à agricultura tradicional, gerando crescimento econômico sem necessariamente contribuir para o desenvolvimento (GELINSKI JÚNIOR et al., 2014).

Especificamente sobre a agricultura de precisão, o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos da América reforçou, ainda em 1997, que a exploração de todo o seu potencial para a gestão ambiental exigiria mudanças fundamentais nos incentivos públicos e privados, podendo exigir o compartilhamento de custos ou outros incentivos para sua adoção, necessitando de uma gama de respostas em políticas

públicas para a evolução e adoção da agricultura de precisão (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997). Embora as políticas de incentivo à inovação tenham passado por mudanças fundamentais no Brasil nos últimos anos, não existem dados sobre essa adequação em relação à agricultura de precisão.

Essas limitações corroboram o entendimento de que, embora o arranjo institucional seja determinante para a sinergia dos elementos que compõem o sistema de inovação, a capacidade de inovação e difusão tecnológica sofrem demasiada influência de outros intervenientes que se configuram como fatores condicionantes do desenvolvimento do sistema, como os fatores econômicos, técnicos e estruturais (TIGRE, 2014), exigindo uma ampliação do papel da política empreendida até o momento no país, com redirecionamento sob a ótica da demanda, priorizando projetos de pesquisa com maior aplicabilidade comercial (DE NEGRI, 2017).

Um caminho importante nessa direção tem sido o reforço do papel que as organizações de pesquisa e os serviços extensionistas com financiamento público têm sob a geração e adoção de inovações, com atuação direcionada para o compartilhamento da inteligência coletiva sobre inovação agrícola desenvolvida até o momento, principalmente com a formação de redes de inovação que privilegiem a troca de conhecimento entre as regiões mais avançadas e aquelas menos desenvolvidas, visando a geração de inovação aplicada às necessidades locais de cada um (ROCHA-LACKIZ; DE LA CERDA, 2016).

No Brasil, esse papel vem sendo reconhecidamente cumprido pela Embrapa e também pelas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAs), no sentido de tornar aplicável o conhecimento desenvolvido e acumulado ao longo do tempo, por vezes atuando como elo para aproximação entre a indústria e produtores agrícolas por meio de seus projetos de pesquisa (FREIRE; SANTOS; SAUER, 2016).

A Embrapa é o principal ator do sistema de inovação agrícola nacional (GELINSKI JÚNIOR et al., 2014), com função essencial tanto na geração de conhecimento (FREIRE; SANTOS; SAUER, 2016) quanto na articulação institucional com outras organizações públicas e privadas para o desenvolvimento de políticas que favoreçam a captação de investimentos para a inovação e transferência de tecnologias aplicadas à agricultura (VIEIRA et al., 2015).

Sua atuação tem se pautado por uma série de programas e projetos alinhados com uma diversidade de políticas que têm a inovação como ponto comum, e que acompanharam a trajetória de desenvolvimento da agricultura brasileira, marcada por

quatro vetores principais: *a)* expansão da fronteira agrícola; *b)* obtenção de ganhos de produtividade; *c)* busca de sustentabilidade econômica; e, mais recentemente, *d)* necessidade de produzir com maior sustentabilidade ambiental e social (VIEIRA et al., 2015).

Essa configuração mais recente voltada à produção com maior sustentabilidade econômica, ambiental e social, com foco na aplicabilidade comercial por meio de projetos que envolvam a indústria e produtores agrícolas, mostra-se alinhada com as estratégias atuais de outras organizações públicas de pesquisa agrícola em países como Estados Unidos, Uruguai e Canadá, reorientando a própria relação da Embrapa com outros atores importantes nesse processo (BIN et al., 2013).

É neste cenário complexo e diverso, onde a Embrapa exerce o papel de principal agente executor da política de inovação agrícola, que a agricultura de precisão tem sido lançada a se firmar como modelo de gestão agrícola sustentável, alternativo ao aumento da produção pela expansão desequilibrada da área produtiva e exaustão dos recursos naturais.

### **2.3 Agricultura de precisão como postura gerencial**

As pesquisas sobre sistemas agrícolas se encaminham cada vez mais para uma visão sistêmica do processo produtivo, considerando a emergência por resultados que sejam sustentáveis social, econômico e ambientalmente, principalmente na produção de *commodities* com inserção no mercado global (KÖNIG et al., 2012).

Ganha força nesse cenário a agricultura de precisão, defendida pela Embrapa como “um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva que visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (BRASIL, 2012, p.6). Nisso, a variabilidade espacial se refere a variações de nutrientes e água na composição do solo em determinada localização.

Outros conceitos são comumente encontrados em diversas publicações da área, sendo um dos mais referenciados aquele que classifica a agricultura de precisão como o “monitoramento eletrônico e controle aplicado à coleta de dados, processamento de informações e suporte à decisão para a alocação temporal e espacial de insumos para produção de culturas” (BONGIOVANNI; LOWENBERG-

DEBOER, 2004, p.361 – tradução nossa), em que Soares Filho e Cunha (2015) acrescentam a avaliação econômica e ambiental dos resultados alcançados.

Resumidamente, a agricultura de precisão se baseia na utilização de novas tecnologias de posicionamento e representação, como o sistema de posicionamento global (GPS) e o sistema de informação geográfica (GIS), para mapear e quantificar a variabilidade existente em uma área produtiva, o que permite a elaboração de estratégias de aplicação localizada de insumos ou defensivos, utilizando-se de sensores, computadores e outros equipamentos eletrônicos (ALAMO et al., 2012; SOARES FILHO; CUNHA, 2015). O Quadro 4 apresenta algumas das principais tecnologias utilizadas.

**Quadro 4.** Descrição das principais tecnologias utilizadas em agricultura de precisão

<b>Tecnologia</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>
Sistema de posicionamento global (GPS)	Um sistema de posicionamento global é usado para levantamento topográfico ou em conjunto com outros sensores para fornecer mapas georreferenciados (coordenadas x, y) de rendimento, salinidade ou outros itens mensuráveis e exigem mapeamento dentro de uma cultura de campo.	Ferramentas de diagnóstico
Sistema de informação geográfica (GIS)	Um sistema de informação geográfica é um banco de dados que armazena dados, como o tipo de solo e outras informações específicas da localização.	
Monitores de rendimento	Os monitores de rendimento coletam dados nos campos de corte para medir as possíveis variações. Eles também podem coletar dados de fertilidade e umidade no solo.	
Exploração de culturas e sensoriamento remoto	Os dispositivos de imagem são usados para identificar problemas na cultura e fazer registros de lamaçal, limites de campo, rochas, etc.	
Aplicação de taxa variável	Esses dispositivos podem aplicar fertilizantes, sementes e pesticidas usando controladores para variar a taxa em movimento. Os dispositivos podem ser controlados por computador de acordo com um mapa de prescrição ou variados manualmente. Eles são instalados no pulverizador, como um complemento ou pré-instalado, para tratar o campo de colheita.	Ferramentas de aplicação
Orientação e navegação	Esses sistemas podem ser usados para rastreamento paralelo durante a pulverização ou a colheita. O sistema de navegação GPS pode ser usado para retornar a um ponto com coordenadas conhecidas para detectar pulverização, amostra de solo no mesmo local ou retornar a uma rocha para retirar amostra.	

**Fonte:** Adaptado de Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012)

Independentemente da terminologia conceitual, sempre fica evidente a abrangência sistêmica que deve pautar as decisões gerenciais na utilização da agricultura de precisão. Quer dizer que a adoção desse modelo de produção deve ser analisada sob variados aspectos do sistema de produção a ser implantado, considerando o tipo de variabilidade existente, a viabilidade econômica, a redução dos impactos ambientais e os ganhos sociais advindos da melhoria da qualidade de vida do trabalhador e/ou produtor (AUBERT; SCHROEDER; GRIMAUDO, 2012; INAMASU; BERNARDI, 2014; ADENLE; AZADI; ARBIOL, 2015).

Entende-se, portanto, que a utilização de uma tecnologia, ainda que conste no rol de soluções para a agricultura de precisão, para a solução de um problema específico e localizado, sem análise preliminar de variabilidade e posterior avaliação de resultados, não se encaixa no entendimento de agricultura de precisão disseminado pela Embrapa, enfatizando o entendimento da área como postura gerencial.

Esse modelo tem se tornado especialmente atraente por apresentar contribuição para a gestão mais sustentável dos recursos naturais, com conservação das águas subterrâneas e superficiais e maior aproveitamento do solo, e o desenvolvimento agrícola moderno, com o desenvolvimento das áreas rurais, o aumento da produtividade e o aumento da renda dos produtores, formando variáveis que impactam diretamente sob a visão positiva das tecnologias agrícolas de precisão e consequentes comportamentos e atitudes mais propensos à adoção (FAR; REZAEI-MOGHADDAM 2018; WERLANG, 2018). Essa equação é especialmente valiosa quando se analisa o crescimento da demanda mundial de alimentos e as restrições da disponibilidade de terras produtivas para os próximos anos (SAATH; FACHINELLO, 2018).

Outras variáveis importantes que influenciam na decisão de adoção da tecnologia de agricultura de precisão versam sobre o tamanho e localização da propriedade, seguindo a lógica produtiva da economia de escala e maiores concentrações de fornecedores em áreas específicas; a capacidade de empréstimo do negócio, dados os custos de implementação e retorno em longo prazo; a complementariedade da tecnologia a equipamentos já existentes nas propriedades; e o acesso a fontes de informação, como a proximidade com cooperativas, universidades e feiras e exposições agropecuárias (AUBERT; SCHROEDER; GRIMAUDO, 2012).

Vários desafios diferentes atuam também como limitadores de uma adoção mais ampla da tecnologia. Robert (2002) identificou barreiras socioeconômicas, como custos e falta de habilidades gerenciais dos produtores; desafios agrônômicos, como a falta de informações básicas, métodos inadequados de amostragem, uso indevido de informações e falta de serviços agrônômicos qualificados; e múltiplas barreiras tecnológicas relacionadas com máquinas, sensores, softwares e controles remotos.

Apesar dos avanços alcançados na disseminação do conhecimento nesse campo, os achados de Robert (2002) são ainda hoje apontados como fatores que limitam a adoção da tecnologia de agricultura de precisão no Brasil, e especialmente pela forma desigual com que é difundida pelo país, em que a carência de mão de obra especializada e os elevados custos dos equipamentos são os principais obstáculos ao uso de sensores e irrigação de precisão, por exemplo, tecnologias mais ausentes mesmo entre produtores que já adotam outras técnicas como amostragem do solo em grade e adubação a lanço, em taxa variada (BERNARDI; INAMASU, 2014; SOARES FILHO; CUNHA, 2015).

Pesquisas realizadas recentemente por diferentes pesquisadores têm mostrado que em torno de 60% dos adotantes de agricultura de precisão – introduzida no Brasil no final dos anos 1990 – o fizeram nos últimos seis anos, indicando para um possível cenário promissor de crescimento (ANSELMINI, 2012; ANTOLINE, 2015; SOARES FILHO; CUNHA, 2015; BATISTA, 2016; WERLANG, 2018).

Pesquisa de Werlang (2018) atribui essa perspectiva de crescimento aos ganhos auferidos por quem já adota esse modelo de produção, reportando incremento de produtividade média de 10% e de receita em torno de 26%, com o resultado influenciado pelas características intrínsecas da área de adoção, com intenção de 70% dos produtores de ampliar sua adoção para novas áreas.

No entanto, a ausência de levantamentos mais amplos que quantifiquem o tamanho da agricultura de precisão no Brasil e os ganhos de sustentabilidade com sua adoção, atuam como limitantes para a quantificação dos investimentos necessários ao seu avanço, a definição de espaço para sua difusão e de programas oficiais para financiamento e atração de investimentos (WERLANG, 2018). O que existe hoje nesse sentido são pesquisas localizadas e políticas generalistas para o setor agropecuário.

Apesar disso, a Embrapa avalia como positivo o avanço da agricultura brasileira na direção de uma produção mais sustentável a partir da adoção da tecnologia,



considerando a atuação da Rede Agricultura de Precisão como um importante instrumento de articulação nesse sentido (INAMASU; BERNARDI, 2014).

## 2.4 Proposições e hipóteses

A partir do referencial conceitual e do contexto da agricultura de precisão apresentados até o momento, é possível estabelecer algumas proposições empíricas e hipóteses descritivas sobre as atividades de inovação nesse campo, a serem discutidas e validadas como resultados do estudo, apresentadas no Quadro 5.

**Quadro 5.** Proposições e hipóteses

Referência teórica	Proposição empírica	Hipóteses descritivas
Definição de sistema de inovação tecnológica (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991)	p1: Existe um sistema de inovação tecnológica relacionado às atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil.	Hp1a. A intensidade das relações nesse sistema é significativa para a geração de inovações em agricultura de precisão.
Configuração da Rede AP no Brasil (BERNARDI et al., 2014)		Hp1b. A estrutura social em rede favorece a mobilização e a difusão de conhecimentos.
Cenário atual das pesquisas em agricultura de precisão (WERLANG, 2018)	p2: A agricultura de precisão no Brasil encontra-se na fase de desenvolvimento.	Hp2a. A atividade empreendedora é a função do sistema mais influente nesta fase.
Padrões funcionais dos sistemas tecnológicos (HEKKERT et al., 2007)		Hp2b. Existe correlação positiva entre a atividade empreendedora e o desenvolvimento de conhecimento.
		Hp2c. A troca de conhecimentos influencia positivamente na atividade empreendedora.
		Hp2d. A orientação da pesquisa influencia positivamente na atividade empreendedora.
		Hp2e. A mobilização de recursos influencia positivamente na atividade empreendedora.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Por proposição empírica entende-se a opinião formada sobre o assunto em questão, com algum embasamento, porém ainda sem prova, apoiada em uma representação teórica da realidade factível de observação. A partir destas proposições empíricas, levantam-se algumas proposições teóricas explicativas, denominadas aqui como hipóteses descritivas, a serem validadas por meio de fatos empíricos que reforcem as relações a serem encontradas na pesquisa.

Espera-se, a partir destas conjecturas, dar suporte à discussão para a resposta da questão definida como problema da pesquisa e ao atendimento dos objetivos definidos para o estudo.

### **3 MÉTODO**

#### **3.1 Pressupostos teóricos da abordagem**

A análise das estruturas e processos inerentes a um sistema de inovação implica na aceitação do pressuposto ontológico de uma realidade objetiva relativa ao objeto, passível de ser conhecida a partir das respostas à problematização apresentada, e epistemologicamente validada, fundamentos comuns ao campo das ciências sociais (GIL et al., 2013).

Com essa compreensão, a composição do estudo partiu de uma concepção filosófica pragmática, cujo pressuposto central está na “suposição de que a coleta de diversos tipos de dados proporciona um melhor entendimento do problema da pesquisa” (CRESWELL, 2010, p.43). Suas considerações básicas versam sobre a ênfase no problema de pesquisa e utilização de abordagens pluralísticas para derivação de conhecimento sobre esse problema, enfatizando a complementariedade entre teoria e prática, o pensamento baseado na ação e seus efeitos, implicações ou consequências diante de determinadas situações, para a compreensão do objeto de análise (ANDRADE; BRITO; BAETA, 2016).

Por essa concepção, a verdade é o que funciona no momento e sua investigação deve considerar as influências dos contextos social, histórico, político e cultural, entre outros, sobre o que se pretende conhecer (CRESWELL, 2010; ANDRADE; BRITO; BAETA, 2016).

Assumindo a Rede Agricultura de Precisão como ponto de partida para o estudo, com base na justificativa e problematização já apresentadas, a verdade sobre a organização das atividades de inovação tecnológica em agricultura de precisão no Brasil e suas possíveis implicações futuras deverá ser apresentada pela compreensão de como essas atividades funcionam no momento, considerando os contextos relacionados a seus atores.

De acordo com Creswell (2010), a concepção pragmática, ou o pragmatismo, é a base filosófica para os estudos de métodos mistos. Sua centralidade no problema de pesquisa permite ao pesquisador a utilização de múltiplos métodos, diferentes concepções e diferentes suposições, assim como diferentes formas de coleta e análise de dados.

Hekkert et al. (2011) argumentam que é impossível definir uma configuração ideal do sistema de inovação em virtude das diferenças existentes entre países, regiões e tecnologias, logo a sua análise ou avaliação baseada apenas em critérios puramente quantitativos é insuficiente.

A adoção da abordagem de métodos mistos em pesquisas envolvendo agricultura de precisão, sob enfoque dos sistemas de inovação, foi utilizada por Busse et al. (2014) e recomendada nos trabalhos de Salles-Filho et al. (2010), König et al. (2012) e Eastwood, Klerkx e Nettle (2017).

Do mesmo modo, ainda que exista aparente visão dicotômica envolvendo os paradigmas positivista (quantitativo) e interpretativista (qualitativo) na prática de pesquisa no campo das Ciências Sociais Aplicadas e, especialmente, na disciplina de Administração (BROILO et al., 2015), o espaço para discussões que abordem a possível complementaridade entre as duas visões tem estado aberto, haja vista alguns dos diferentes trabalhos que trataram nessa perspectiva ao longo dos anos mais recentes (MINAYO; SANCHES, 1993; GOMES; ARAUJO, 2005; LEÃO; MELLO; VIEIRA, 2009; CRESWELL, 2010; BARBOSA et al., 2013; TEIXEIRA; NASCIMENTO; ANTONIALLI, 2013; BROILO et al., 2015).

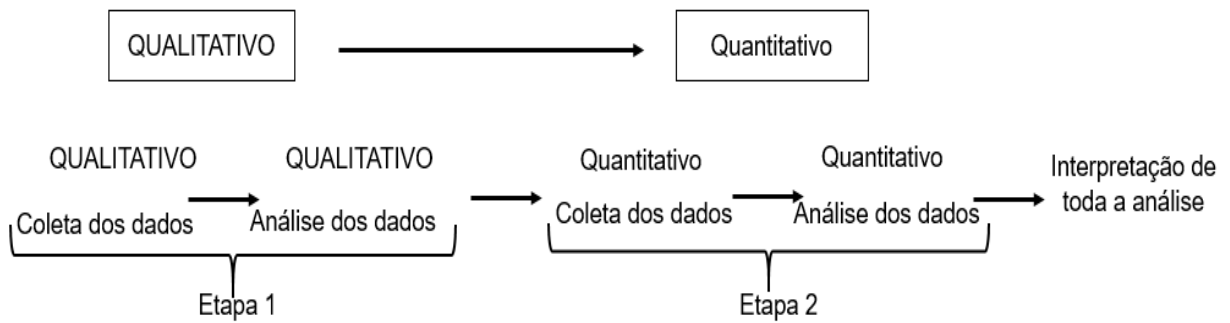
Por tudo isso, optou-se pela abordagem de métodos mistos para a realização do estudo, caracterizada pela combinação de diferentes métodos visando uma compreensão mais aprofundada do fenômeno em estudo (BROILO et al., 2015).

### **3.2 Delineamento do método**

Assim como as abordagens quantitativa e qualitativa, individualmente, possuem diferentes delineamentos metodológicos possíveis, a abordagem de métodos mistos congrega uma série diversificada de estratégias de investigação, a serem definidas de acordo com os objetivos do pesquisador em relação ao problema de pesquisa.

Neste estudo, foi aplicada a estratégia de investigação exploratória sequencial, caracterizada por uma etapa de coleta e análise de dados qualitativa, seguida de uma etapa de coleta e análise de dados quantitativa, conforme representado, a seguir, na Figura 5, visando resultados bem validados e substanciados a partir da combinação dos dados de forma integrada na discussão (CRESWELL, 2010; BROILO et al., 2015).

**Figura 5.** Representação da estratégia exploratória sequencial



**Fonte:** Adaptado de Creswell (2010, p.246).

Assim, a Etapa 1 foi direcionada à identificação da estrutura social presente nas atividades de inovação em agricultura de precisão, a partir de quatro tipos componentes, conforme Hekkert et al. (2011):

- i) *Atores*, caracterizados pelas organizações que geram, difundem e adotam as novas tecnologias, subdivididas nas categorias: pesquisa (institutos de pesquisa, universidades e pesquisa privada), educação (ensino superior e treinamento profissional), indústria (fornecedores e demandantes), órgãos governamentais (reguladores e formuladores de políticas) e instituições de apoio (associações setoriais, entidades de classe, investidores, bancos, etc);
- ii) *Instituições*, representadas pelas políticas formais que estão em vigor e que afetam o desenvolvimento da tecnologia em foco;
- iii) *Redes*, caracterizando as interações e subgrupos de atores na troca de conhecimento e desenvolvimento da inovação; e
- iv) *Fatores tecnológicos*, caracterizados pelas infraestruturas de inovação em que se integram.

Já a Etapa 2 voltou-se para um levantamento do funcionamento sistêmico dessas atividades de inovação, com base nas sete funções do sistema de inovação tecnológica (HEKKERT et al., 2007; VAN ALPHEN et al., 2010; LAI et al., 2012), a partir da percepção dos atores envolvidos cotidianamente nesse ambiente sobre o quão bem cada função tem sido executada e a influência disso para o desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão.

De acordo com Hekkert et al. (2011), uma análise combinada entre a estrutura e o funcionamento sistêmico das atividades de inovação, considerando a fase de desenvolvimento da tecnologia e o envolvimento de especialistas ou *stakeholders*-

chaves ativos nesse ambiente, pode fornecer as principais barreiras e os principais pontos de apoio para a tomada de decisão política, o que está em linha com a problemática definida para o presente estudo.

### **3.3 Participantes, instrumentos de coleta e tratamento dos dados**

Os participantes, os instrumentos de coleta e a forma de tratamento dos dados foram definidos de acordo com as necessidades de cada etapa, qualitativa e quantitativa, em atendimento aos objetivos estabelecidos para o estudo.

#### **3.3.1 Procedimentos qualitativos**

A primeira etapa da pesquisa consistiu em uma exploração qualitativa dos atores, suas interações, principais instituições e infraestruturas de inovação. Para isso, inicialmente foram realizadas entrevistas com o Coordenador Geral da Rede Agricultura de Precisão e mais dois membros da gestão da Embrapa Instrumentação.

Optou-se pelo formato de entrevista por pautas (GIL, 2008), em que os entrevistados foram convidados a falar sobre sua experiência de atuação nas atividades de inovação em agricultura de precisão, sendo direcionados, sempre que oportuno na fala de cada um, para questões norteadoras sobre as trajetórias de desenvolvimento da tecnologia, o sistema de geração e compartilhamento de conhecimentos, a correspondência entre o sistema educacional e as necessidades empresariais e a centralidade do tema na agenda política governamental ou setorial do agronegócio.

Esse direcionamento buscou principalmente a identificação dos atores mais relevantes, as principais instituições e as infraestruturas de inovação em que se integram aos esforços da Rede AP. A partir da primeira entrevista definiu-se o próximo entrevistado por indicação do primeiro, e assim sucessivamente, adotando a técnica não-probabilística de “bola de neve”. Ao todo foram realizadas 11 entrevistas, com nove atores de reconhecida importância para o fenômeno em estudo, conforme Quadro 6, mais adiante.

As entrevistas foram realizadas individualmente, presencial ou via Skype, com duração média de aproximadamente 80 minutos, seguindo o mesmo formato da primeira e gravadas em sistema de áudio, com autorização dos entrevistados. A numeração a frente do nome do ator no Quadro 6 representa a ordem de entrevista,

encerrada no número de nove pela pouca diferenciação nos discursos dos entrevistados, momento em que se definiu pela saturação.

**Quadro 6.** Relação de atores entrevistados

<b>Categoria</b>	<b>Ator</b>	<b>Entrevistado</b>	<b>Função ator / Função sistema</b>
Pesquisa	Embrapa Instrumentação (1)	Dr. Wilson Tadeu Lopes da Silva	Chefe de P&D
		Dr. Ricardo Yassushi Inamasu	Pesquisador / Coordenador da Rede AP
		Carlos César Pusinhol	Gestor de Negócios em Transferência de Tecnologia
	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP (3)	Dr. José Paulo Molin	Pesquisador / Presidente da Associação Brasileira de Agricultura de Precisão
	Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (6)	Dr. Jarbas Lopes Cardoso Junior	Pesquisador da área de projetos de softwares aplicados à agricultura
Educação	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (7)	Rafael Diego Nascimento Costa	Coordenador do Programa Nacional de Agricultura de Precisão do SENAR
Indústria	Stara S/A Indústria de Implementos Agrícolas (8)	Guilherme da Silva de Oliveira	Supervisor de Engenharia de Software
	Máquinas Agrícolas Jacto S/A (5)	Pedro Estevão Bastos de Oliveira	Diretor de Relações Institucionais / Presidente da Câmara Setorial de Máquinas e Implementos Agrícolas da ABIMAQ
	Instituto Brasileiro de Análises (9)	Dr. Roberto Parducci Camargo	Diretor-presidente
	AgroTecnologia (4)	Pedro Magalhães	Proprietário-gestor / Presidente da Associação Brasileira dos Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão
Órgão governamental	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2)	Fabrcício Vieira Juntolli	Chefe da Divisão de Agricultura de Precisão / Secretário da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão

**Fonte:** Elaborado pelo autor

O tratamento dos dados se deu mediante a transcrição dos áudios para textos e em seguida pela leitura criteriosa, linha por linha, do que foi dito pelos entrevistados. Além da captação de elementos da trajetória de desenvolvimento da agricultura de precisão no Brasil, foi realizada também a codificação do texto em estruturas que suportam (EST\_S), estruturas que dificultam (EST\_D), processos que suportam (PRO\_S) e processos que dificultam (PRO\_D) as atividades de inovação.

Concomitantemente, foram coletados dados por meio de documentos institucionais da Embrapa que davam conta da composição e modelo de atuação da

Rede AP, políticas, normas e procedimentos que dão suporte à atuação em rede, infraestruturas de interação e aos papéis que desempenham cada ator. Foram levantados também dados gerais de propriedade intelectual relacionadas à agricultura de precisão nos portais eletrônicos da World Intellectual Property Organization (WIPO) e do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), dados da produção e colaboração científica disponíveis na plataforma Scopus e dados sobre a educação superior na área de Agronomia por meio do portal eletrônico e-Mec, do Ministério da Educação do Brasil, visando obter suporte às falas dos entrevistados.

As redes de interações e subgrupos de troca de conhecimentos e desenvolvimento da inovação foram identificados não apenas por meio dos registros da Rede AP sobre as atividades desenvolvidas pelos atores em parceria, mas também em documentos públicos de organizações de apoio, como as fundações estaduais de amparo à pesquisa, fundações setoriais do agronegócio, fundações privadas e órgãos de fomento federais, além de universidades e empresas públicas e privadas que mantêm registro aberto de projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento nos últimos 10 anos.

Esse levantamento teve ponto de partida na Rede AP, mas buscou uma visão ampliada das atividades de inovação no campo da agricultura de precisão, sem limitação geográfica ou de atuação. Assim, intentava-se identificar parcerias declaradas em projetos de inovação (com membros da rede ou não) ou registros públicos de cooperação firmados entre organizações públicas e privadas voltados para a inovação em agricultura de precisão, por meio da verificação de listas de projetos apoiados em cada organização e seus respectivos atores constituintes, delimitados a projetos que mencionavam explicitamente a agricultura de precisão.

Foi elaborada uma matriz quadrática, alimentada na medida em que uma nova relação era identificada, codificada como uma variável "*dummy*" (zero para nenhuma relação, um para uma relação existente), posteriormente tratada utilizando os softwares UCINET (versão 6.618) e NetDraw (versão 2.159), com observância para os principais indicadores da Análise de Redes Sociais: densidade da rede, proximidade entre atores, intermediação entre atores, reciprocidade de relações e graus de entrada e saída (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002; HANNEMAN; RIDDLE, 2005; BORGATTI; EVERETT; JOHNSON, 2013).

Embora a opção pela coleta em documentos – em vez de se perguntar diretamente aos atores com quais outros atores eles atuam e trocam conhecimento



no sentido da inovação – tenha limitado a análise a um número restrito de projetos tornados públicos, essa concentração nos documentos foi importante para manter a discussão mais próxima de uma representação objetiva dos papéis desempenhados na realidade, a partir de registros do que realmente tem acontecido neste campo.

Perguntar diretamente aos atores demandaria a necessidade de se ter acesso “à pessoa certa” dentro de cada organização que pudesse responder com precisão a essa questão, o que nem sempre é possível na pesquisa acadêmica, além de tomar um tempo que o pesquisador não dispunha até a conclusão da pesquisa.

A razão de se coletar os dados qualitativos inicialmente procurou possibilitar que os participantes a serem pesquisados na etapa quantitativa tivessem atuação ativa no sistema, privilegiando a validade dos dados, além de atender às recomendações de pesquisas anteriores quanto à possível insuficiência de instrumentos quantitativos para o estudo de interações entre atores nos sistemas de inovação (PORCEDDU; RABBINGE, 1997; KÖNIG et al., 2012; BASU; LEEUWIS, 2012; BUSSE et al. 2014).

### 3.3.2 Procedimentos quantitativos

A investigação do funcionamento das atividades de inovação em agricultura de precisão, a partir das funções estabelecidas na literatura sob a ótica do sistema de inovação tecnológica, foi feita por levantamento de campo com aplicação de questionário eletrônico (GIL, 2008; HEKKERT et al., 2011), em que se buscou a participação do maior número possível de atores envolvidos nas atividades de pesquisa e inovação.

Essa averiguação ocorreu por meio do envio do link do questionário a todos os membros da Rede AP, aos membros da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, à Associação Brasileira dos Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão (ABPSAP) e à Associação Brasileira de Agricultura de Precisão (AsBraAP), para compartilhamento entre seus associados, e aos programas de pós-graduação das universidades com linha de pesquisa na área da agricultura de precisão, para compartilhamento entre seus pesquisadores.

Por se tratar, em princípio, de um ambiente altamente dinâmico em que não se tem um número estimado de atores participantes, a definição de um tamanho amostral, quer fosse aleatório ou não, mostrou-se impraticável e, diante disso, tentar garantir que os respondentes fossem de fato envolvidos com o objeto de estudo e

conhecedores da dinâmica de inovação que se buscava desenhar foi a única preocupação levada a cabo para garantir a validade científica dos dados.

Para isso, os entrevistados na etapa qualitativa tiveram papel ativo na divulgação da pesquisa e nos resultados alcançados com o questionário online, que retornou o número de 231 respostas, das quais 14 foram descartadas por não terem respondido a totalidade do questionário, restando o total de 217 respostas consideradas válidas para tratamento e análise de dados.

O instrumento utilizado foi adaptado de Hekkert et al. (2011). Nele, cada função do sistema é um conjunto de variáveis para atribuição de pontuação. Esse instrumento, apresentado no Apêndice A, passou por tradução reversa do idioma inglês para o português e, posteriormente, por validação com júri de especialistas formado por três professores doutores que atuam no Curso Superior de Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão da FATEC Pompéia (SP). Foram incluídas no questionário informações que identificassem o perfil do respondente, como tempo de atuação nas temáticas da inovação e da agricultura de precisão, escolaridade e tipo de vínculo organizacional.

Seguindo o instrumento, as funções do sistema (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991; HEKKERT et al., 2007; BERGEK et al., 2008; HEKKERT et al., 2011; EASTWOOD; KLERKX; NETTLE, 2017) foram pontuadas pelos respondentes em uma escala tipo Likert de 5 pontos (1 = muito fraca e 5 = muito forte) para identificar quão bem cada função é cumprida e quais funções constituem a maior dificuldade ou o maior suporte às atividades. As funções do sistema com as pontuações mais baixas podem ser vistas como as mais problemáticas.

O tratamento dos dados foi realizado utilizando o software *Statistical Package for the Social Sciences* (IBM® SPSS® Statistics versão 18), em que se verificou análise estatística descritiva dos dados com uma visão geral do cumprimento de cada função. Buscou-se também o estabelecimento de correlações entre as funções do sistema e a fase de desenvolvimento da tecnologia, além de analisar as funções como conjunto de variáveis independentes capazes de explicar uma proporção da variação do desenvolvimento da tecnologia, como variável dependente, a um nível de significância, aplicando a técnica de análise de regressão linear múltipla, por intermédio do método *Enter* (HAIR et al., 2009; GOUVÊA; PREARO; ROMEIRO, 2012).

Entre as premissas a serem consideradas para a aplicação da análise de regressão linear múltipla estão a ausência de multicolinearidade, a normalidade multivariada dos dados e o tamanho da amostra, sendo esta estimada em pelo menos cinco observações para cada variável independente na variável estatística, o que daria uma amostra de no mínimo 160 (32 assertivas x 5) casos para o questionário aplicado, estando esta premissa plenamente atendida pelo quantitativo analisado (HAIR et al., 2005). Já a ausência de multicolinearidade foi confirmada com os valores de  $VIF < 5$  e a normalidade multivariada dos dados com o teste Kolmogorov-Smirnov ( $p=0,000$ ).

Em resposta ao problema de pesquisa definido para o estudo, quanto às estruturas e processos que suportam ou dificultam as atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil, a discussão da análise dos dados considerou o resultado das etapas qualitativa e quantitativa para destacar alguns pontos levantados a essa questão e as possíveis implicações para as políticas da área. A aplicação da estratégia de investigação exploratória sequencial induziu a uma triangulação entre as diferentes técnicas utilizadas (documentos, entrevistas e questionário) para consecução do objetivo. No Quadro 7 é apresentado um plano de análise para melhor visualização do método.

**Quadro 7.** Plano metodológico de análise

<b>Método</b>	<b>Delineamento</b>	<b>Análise</b>	<b>Resultados</b>
Qualitativa	Documentos (plano diretor da Embrapa, PPC de cursos de agronomia, projeto da Rede AP, projetos de inovação desenvolvidos em parceria, dados de patentes do INPI e da WIPO)	Leitura criteriosa	Triangulação
	Entrevista (11 entrevistados)	Transcrição e leitura criteriosa	
Quantitativa	Questionário (217 respondentes)	Técnica de Regressão Múltipla	

**Fonte:** elaborado pelo autor

Uma matriz resumida com todos os pontos levantados e apresentados na descrição dos resultados, incluída no Apêndice B, foi elaborada e enviada por e-mail aos 11 entrevistados na etapa qualitativa para validação das informações apresentadas.



## **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO**

Para Hekkert et al. (2011), assim como para outros autores (CARLSSON et al., 2002; BERGEK et al., 2008; EASTWOOD; KLERKX; NETTLE, 2017), o principal objetivo da análise de um sistema de inovação é a identificação de implicações que possam melhorar a adequação de políticas de inovação para o atendimento das necessidades desses sistemas.

O leque de possíveis funções dessas políticas vai desde o fomento à pesquisa, à adequação do sistema de educação e à oferta de atividades de extensão até investimentos no desenvolvimento de infraestrutura para comunicações e suporte institucional para direitos de propriedade intelectual (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997).

Assim, neste tópico, os resultados encontrados serão cotejados à luz do referencial conceitual e dos objetivos políticos governamentais esperados quanto ao papel apropriado para o setor público no desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão, em uma interpretação conjunta de toda análise de dados qualitativos e quantitativos.

### **4.1 Análise de dados qualitativos**

A caracterização da agricultura de precisão a partir de sua trajetória institucional e histórica é importante para a compreensão de como tem se desenvolvido as atividades de geração de inovação nesse campo, bem como para entender melhor o papel desempenhado por seus atores, foco de análise nesta etapa qualitativa.

Ressalve-se, porém, que a pesquisa científica no campo das ciências sociais sempre se refere a uma representação da realidade objetiva sob a qual se debruça, sendo pouco provável, ou talvez humanamente impossível, que consiga retratar essa realidade tal qual ela realmente existe. Logo, o que se apresenta aqui em termos de resultados da pesquisa é uma interpretação da dinâmica a qual se buscou entender, não tendo a pretensão de determinar todos os elementos que compõem a atividade estudada, visto que está em constante mudança, mas tão somente de compreender seu funcionamento a partir do recorte estabelecido, com possíveis desdobramentos.

#### 4.1.1 Caracterização do campo da pesquisa

As 11 entrevistas realizadas, com nove atores diferentes inseridos no contexto das atividades de inovação em agricultura de precisão, bem como a pesquisa em documentos institucionais, esclareceram que este campo passou a ser introduzido no Brasil na segunda metade da década de 1990, em duas frentes, porém desarticuladas: a primeira, capitaneada pelas grandes indústrias de máquinas e implementos agrícolas, a partir de uma estratégia *top down* com a importação e comercialização para o mercado local de equipamentos dotados de eletrônica embarcada, principalmente colheitadeiras com monitores de produtividade de grãos. E a segunda, na academia, por iniciativa de pesquisadores do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, que se empenharam em realizar os primeiros estudos sobre variabilidade das lavouras com mapas de colheita. Esses estudos foram posteriormente introduzidos também na Embrapa, mas ainda de maneira muito tímida.

Vendidos como “o último grito da moda tecnológica” (sic – entrevista 1), a estratégia da indústria para a inserção da tecnologia no mercado brasileiro não decolou. Faltavam conhecimentos básicos para sua utilização, já que os equipamentos necessitavam de calibragem antecipada com informações que o produtor não dispunha. Além disso, faltava sobretudo entendimento de sua função sobre a produção, visto que não havia, ainda naquele momento, conscientização do mercado produtor sobre a questão da variabilidade espacial. Em outras palavras, a agricultura de precisão surgiu como uma inovação para a solução de um problema que o produtor brasileiro não sabia que existia e, com isso, o entusiasmo inicial se converteu em insucesso e desânimo.

Os trabalhos na academia, contudo, avançavam e despertavam o interesse de outras organizações de pesquisa e extensão com atuação na área de agricultura, além de empresas privadas do setor agrícola e de cooperativas de produtores. Entre 1999 e 2003, a Embrapa passou a conduzir dois projetos de pesquisa sobre automação agropecuária com foco em agricultura de precisão nas culturas de milho e soja, em parceria com a Fundação ABC, a ESALQ/USP, o Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a fabricante de equipamentos AGCO, além de uma parceria com o United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service (USDA/ARS), em Lincoln, Nebraska (EUA).

Esse envolvimento, que configurou a primeira rede de inovação voltada para o tema no Brasil, ainda que sem essa denominação, marcou a aproximação de

diferentes atores da academia, da indústria e da pesquisa pública e privada, que despontaram como principais interessados no tema, e gerou desdobramentos importantes que refletiram no modelo como a agricultura de precisão tem sido desenvolvida e difundida no país até os dias de hoje. O principal deles foi a organização do segmento de consultores (ou prestadores de serviços) em agricultura de precisão.

Concomitantemente, ações importantes aconteciam, como, por exemplo, a ESALQ/USP que passou a ofertar a agricultura de precisão como disciplina optativa, sendo a primeira instituição de ensino a fazê-lo; a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) que criou o Projeto Aquarius, uma rede ainda em operação nos dias de hoje voltada para a P&D em agricultura de precisão com participação da Cotrijal Cooperativa Agropecuária e Industrial, das indústrias de máquinas Stara e Massey Ferguson e da indústria de fertilizantes Yara; e a Fundação ABC, uma instituição privada de pesquisa aplicada ao agronegócio mantida por cooperativas de produtores, que criou em 2001 para o seu quadro de pessoal a vaga de pesquisador em agricultura de precisão, inaugurando um engajamento efetivo de grandes cooperativas na apropriação de tecnologias de agricultura de precisão que pudessem ser aplicadas por seus produtores cooperados.

Se por um lado, o fracasso da estratégia inicial da indústria para a inserção da tecnologia no Brasil pela simples comercialização de produtos importados demonstrava a falta de habilidade tecnológica do produtor brasileiro e a ausência de consciência dos seus problemas de variabilidade; por outro lado, o sucesso dos projetos de pesquisa na demonstração de ganhos de produtividade e redução de custos da produção pela correção adequada dessa variabilidade atestava a eficiência econômica da tecnologia de agricultura de precisão. Com isso, tornou-se evidente um amplo mercado potencial de atuação para a prestação de serviços, estabelecendo elo entre os problemas identificados no campo e as tecnologias disponibilizadas pela indústria, absorvido gradativamente por alguns pesquisadores e profissionais das ciências da terra que passaram a se especializar no tema.

Esses consultores passaram a ser o principal agente difusor da tecnologia de agricultura de precisão, “estabelecendo contato direto com o usuário final, com permeabilidade maior do que a academia ou a própria indústria” (sic - entrevista 3). Exercem, assim, papel de complementariedade na cadeia de valor, visto que, dotados, na maior parte, de grande conhecimento aplicado sobre a variabilidade espacial,

acabam compondo elo entre o ambiente de inovação da indústria, voltado para a automação nas máquinas, e o usuário final da tecnologia, iniciando um período de maior convergência entre as necessidades do campo e as tecnologias ofertadas.

Ao mesmo tempo em que esse modelo de atuação impulsionou o desenvolvimento da agricultura de precisão a partir de 2002, sendo absorvido pelo mercado e utilizado como estratégia de expansão pela própria indústria para a comercialização de seus equipamentos, acabou incorrendo em uma enorme assimetria de informação entre o consultor e o produtor ou seus empregados, que permaneceram na maior parte sem apropriação do conhecimento necessário para a absorção plena da tecnologia e alheios ao seu desenvolvimento.

Em 2004, com a criação na ESALQ/USP do Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, foi que as discussões tomaram um sentido mais coletivo, envolvendo, de uma forma mais ampla, tanto a academia quanto as consultorias de agricultura de precisão e a indústria, em um movimento auto organizado, visando o direcionamento dos caminhos a serem seguidos para o desenvolvimento da tecnologia. Ao mesmo tempo, a Embrapa formalizava sua primeira rede voltada para o tema como continuidade dos dois projetos desenvolvidos inicialmente, e grandes indústrias de capital nacional, como Jacto e Stara, passavam a desenvolver produtos voltados para essa área a partir de seus departamentos de P&D e das relações estabelecidas em rede, assim como grandes indústrias de capital estrangeiro, como John Deere e AGCO, estabeleciam-se com forte tecnologia direcionada para a área.

Não existem evidências, porém, da participação do produtor ou seus empregados, usuários finais da tecnologia, nesse processo. Isso implicou em uma fragilidade das tecnologias desenvolvidas nessa área quanto à sua aplicabilidade prática e percepção de resultados, visto que a complexidade da tecnologia tornou complexos também os treinamentos necessários à sua utilização, nem sempre acompanhada da formação educacional do usuário final. A ausência de pessoas e de informações qualificadas sobre o campo tornaram imperativas a necessidade de simplificação das ferramentas utilizadas e a assimilação do conceito de agricultura de precisão para além das máquinas e equipamentos eletrônicos a ela aplicados.

O passo seguinte foi dado pela Embrapa, em 2009, com a criação da Rede Agricultura de Precisão, que objetivou a geração de conhecimentos e novas ferramentas de inovação tecnológica com maior difusão da agricultura de precisão no mercado e maior proximidade do setor produtivo, englobando uma grande variedade



de atores de diferentes segmentos (indústria, prestadores de serviços, academia, cooperativas de produtores, institutos de pesquisa e organizações setoriais), e que também fortaleceu o alinhamento no entendimento da agricultura de precisão como modelo de gestão aplicado à variabilidade espacial.

A Rede AP tornou-se o principal elo de comunicação entre a Embrapa, o setor produtivo, a indústria e a academia, e efetivou-se como o principal direcionador das políticas na área de agricultura de precisão, a partir da Embrapa, repassando, por exemplo, para a indústria a necessidade de simplificação dos equipamentos e para os consultores a necessidade de se olhar o campo além dos mapas georreferenciados de produtividade, dada a grande quantidade de informações que podem ser coletadas e utilizadas para aprimoramento da tecnologia. Claro que a Rede AP não consegue englobar todos os atores desse processo – e existem inclusive outras redes importantes atuando nesse campo – mas exprime uma clara noção de como as atividades têm sido executadas.

No campo político, somente em 2011 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) passou a demonstrar claramente algum interesse pelo tema, criando em 2012 a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) como órgão consultivo da política de fomento ao agronegócio, composta por membros da academia, do governo, da indústria de máquinas agrícolas, das cooperativas de produtores, dos fabricantes de equipamentos eletrônicos e da assistência técnica rural, ensejando na criação da Associação Brasileira dos Prestadores de Serviços em Agricultura de Precisão, da Associação Brasileira de Agricultura de Precisão e de uma agenda estratégica para o campo da agricultura de precisão no Brasil. Essa comissão liga-se à Rede AP pela participação do SNPA na CBAP, representado pelo coordenador da rede.

Essa trajetória reflete de alguma maneira na estrutura e nos papéis desempenhados pelos diferentes atores no processo de inovação relacionado à agricultura de precisão, o que será debatido nos próximos tópicos.

#### 4.1.2 Resultados qualitativos obtidos

A Embrapa tem na P&D agrícola sua área central de atuação, definida em sua missão institucional como “viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira”, almejando “ser referência mundial na geração e oferta de informações, conhecimentos

e tecnologias, contribuindo para a inovação e a sustentabilidade da agricultura e a segurança alimentar” (EMBRAPA, 2015, p.8).

Para tanto, manter-se em constante reflexão estratégica é essencial para a continuidade dos processos de aprendizagem e desenvolvimento organizacional que permitam responder aos desafios e aproveitar as oportunidades para o desenvolvimento de uma agricultura mais produtiva e sustentável, consciência expressa em seu V Plano Diretor, publicado em 2008 e referente ao período 2008-2011-2023, buscando iluminar decisões de curto e médio prazo. Neste documento, a agricultura de precisão é destacada como uma das tecnologias com maior capacidade de influenciar o desenvolvimento da agricultura brasileira até 2023.

O documento Visão 2014-2034, uma espécie de realinhamento do seu plano diretor e dos objetivos estratégicos da empresa para um período de 20 anos, traz o desenvolvimento, adaptação e disseminação de conhecimentos e tecnologias em automação, agricultura de precisão e tecnologias da informação e da comunicação como o quarto objetivo estratégico da PD&I, visando ampliar a sustentabilidade dos sistemas produtivos e agregar valor a produtos e processos da agropecuária.

Os documentos institucionais da Embrapa, a exemplo do seu Plano Diretor, Plano Gerencial e documento Visão 2014-2034, direcionam sua atuação prioritária para os chamados macrotemas da gestão de P&D, da transferência de tecnologias, da comunicação e do desenvolvimento institucional. Na gestão de P&D, a execução das atividades que levam a consolidação do macrotema dá-se por meio de projetos de pesquisa inseridos em seus respectivos arranjos de P&D, portfólios e macroprogramas.

Existem atualmente seis macroprogramas definidos em sua estratégia de atuação, subdivididos em 25 portfólios de pesquisa e 90 arranjos, consolidando, em março de 2017, o total de 1148 projetos de pesquisa em execução divididos em seus respectivos arranjos, portfólios e macroprogramas, organização induzida por temas, buscando garantir a qualidade técnico-científica e o mérito estratégico da programação de pesquisa (EMBRAPA, 2017).

Nesse contexto, a Rede Agricultura de Precisão foi institucionalizada em 2009 por meio do projeto “Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro”, liderado pelo pesquisador Dr. Ricardo Yassushi Inamasu, aprovado na Chamada 02/2009 para inclusão de projetos na

programação ordinária de pesquisa da Embrapa, com orçamento de R\$ 2,5 milhões e recomendação para captação externa até o limite de R\$ 7 milhões em quatro anos.

O projeto está estrategicamente inserido na gestão de P&D da Embrapa por intermédio do seu Macroprograma 1: Grandes Desafios Nacionais, constante em seu Plano Diretor, alinhado ao portfólio de automação e ao arranjo FPAgro - Métodos e Técnicas Modernas Visando à Fenotipagem de Plantas para o Avanço da Agricultura. Em 2016 o projeto foi reapresentado e aprovado como “Agricultura de Precisão (AP) para sustentabilidade do sistema produtivo agrícola, pecuário e florestal brasileiro”, dando início a uma segunda fase de desenvolvimento.

Desde sua criação, a Rede AP tem contribuído para o avanço do conhecimento nesse campo. No primeiro momento, iniciado em 2009, com a consolidação do conceito sobre agricultura de precisão tornou-se um sistema gerencial de produção, contribuindo sobretudo para quebrar barreiras e ampliar o potencial de impacto da agricultura de precisão para além das culturas de grãos e das grandes propriedades.

No segundo momento, a partir de 2016, contribui efetivamente para a geração de metodologias e informações que servem não apenas como elementos para o desenvolvimento, adaptação e teste de máquinas, implementos e equipamentos, mas também como instrumentos de utilização, de forma efetiva, dos conhecimentos agrônômicos e ambientais com apoio das tecnologias das máquinas e da eletrônica embarcada.

Essa mudança de perfil exigiu também a reorganização da Rede AP ao longo de sua trajetória, anteriormente estruturada nos projetos componentes (PC) de gestão da rede (PC1), ferramentas para agricultura de precisão (PC2), agricultura de precisão para culturas anuais (PC3), agricultura de precisão para culturas perenes (PC4) e inovação em agricultura de precisão (PC5). Passou a se organizar, portanto, na busca de fornecer soluções tecnológicas que viabilizem a implementação rápida e eficaz da agricultura de precisão em três diferentes sistemas de produção:

1) sistemas de larga escala, que contam com arsenal de equipamentos, como as culturas de grãos, fibras e cana-de-açúcar, onde a agricultura de precisão se difundiu;

2) sistemas demandantes de mão de obra, como a cafeicultura, a viticultura e a fruticultura, para viabilizar a agricultura de precisão em busca de maior eficiência;

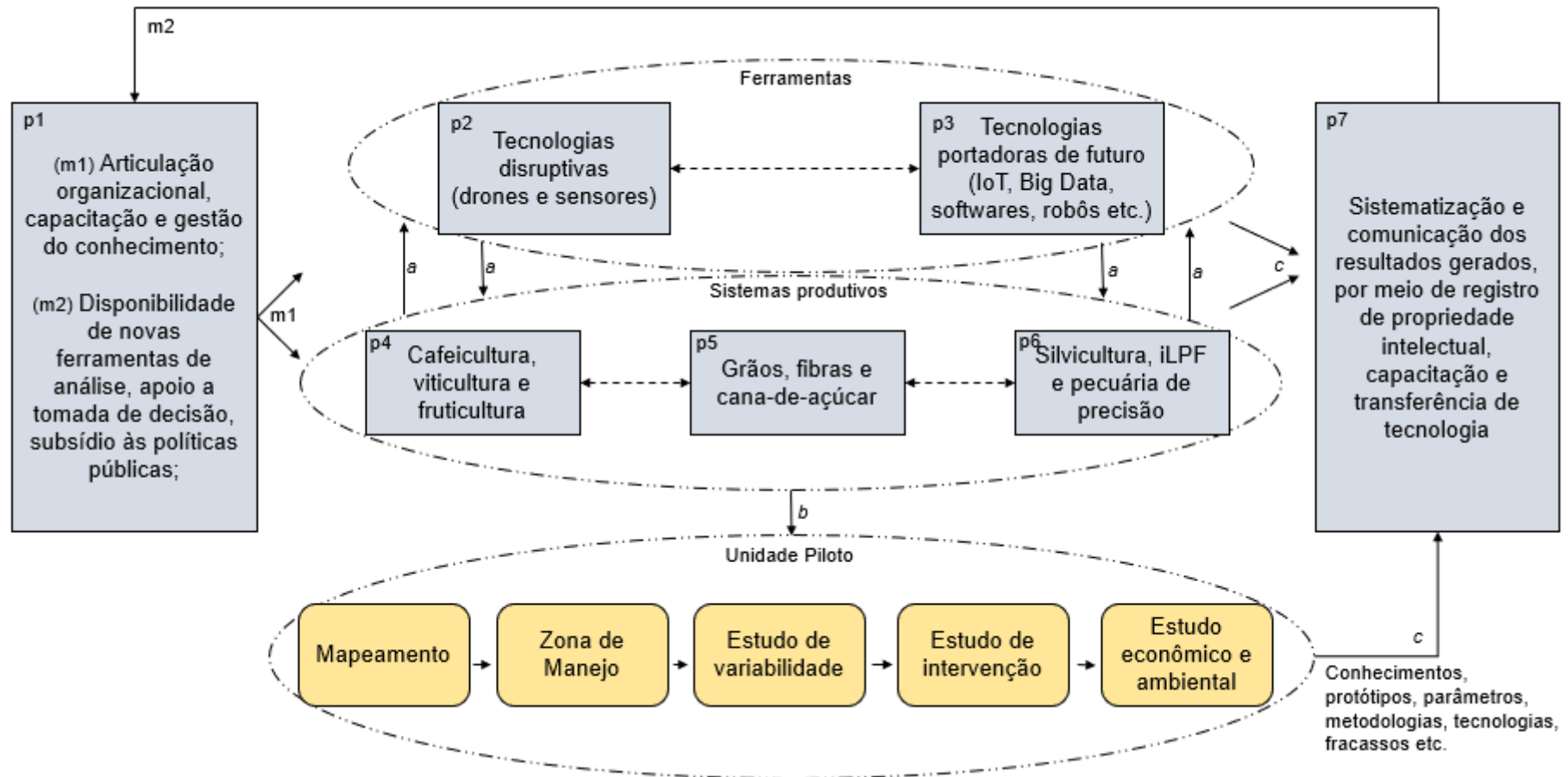
3) sistemas produtivos ainda pouco explorados pela agricultura de precisão, tais como integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), a silvicultura e a pecuária de precisão, e com grande potencial de impacto econômico e ambiental.

Para isso, a organização da Rede AP dividiu-se em cinco projetos técnicos executados, a priori, em unidades piloto, onde seus atores atuam em parceria, sendo três com escopo em tecnologias habilitadoras para os sistemas de produção elencados e dois que exploram, respectivamente, tecnologias com potencial disruptivo (que provocam uma ruptura com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado, como drones e sensores) e tecnologias portadoras de futuro (inovações com potencial para moldar os métodos produtivos em um futuro próximo, como “internet das coisas” - IoT, big data e robôs) atuando de forma transversal com as tecnologias habilitadoras, além de dois projetos de gestão, responsáveis pela articulação em temas que envolvem a rede e a sistematização dos resultados gerados. A Figura 6, mais adiante, traz uma representação dessa organização com base nas entrevistas realizadas com a gestão da rede na Embrapa Instrumentação.

Nela, os projetos técnicos são representados pelo símbolo p2...p6 e compõem grupos de trabalho formados por diferentes atores que atuam no tema específico, divididos entre ferramentas e sistemas produtivos, enquanto os projetos p1 e p7 são compostos essencialmente pelo corpo da Embrapa e atuam na gestão da rede.

O processo é iniciado pela articulação organizacional em torno dos sistemas produtivos, de problemas identificados e das ferramentas que podem ser a eles aplicadas, com a identificação de atores e do conhecimento a ser agregado. A atuação dos grupos técnicos demanda constante troca de informações entre si, visto que o conjunto de ferramentas possui aplicabilidade comum em diferentes sistemas produtivos e dada a necessidade de adaptação às diferentes culturas. Esse relacionamento é representado pelas linhas pontilhadas interconjuntos e pelas ligações do tipo a, de onde se geram os ativos de inovação para cada sistema.

**Figura 6.** Organização da Rede AP



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Verifica-se na imagem que a unidade piloto funciona como campo de testes para alguns desses ativos, direcionados pela ligação *b*, resultando também em outros ativos, como parâmetros, metodologias e fracassos, encaminhados para o projeto p7 pela ligação *c*, de onde são sistematizados e comunicados ao sistema e ao mercado. Alguns ativos podem ser gerados sem a necessidade de teste de campo, encaminhados diretamente a p7 a partir dos conjuntos de projetos.

Após a sistematização, p1 é realimentado com informações que devem subsidiar a tomada de decisão sobre novas ferramentas e a formulação de políticas públicas, em um ciclo constante e dinâmico.

A captação de demandas nesse ciclo é bastante difusa, com origem nas empresas, na universidade, no produtor, no governo, em ONGs e nos próprios pesquisadores atuantes nos projetos (p1...p7), cujas experiências influenciam muito no processo de inovação para novos ativos. Esse ciclo de observar o problema, caracterizar, definir a forma de atuação, encontrar os parceiros para solucionar e chegar a um ativo, é um processo sobretudo agregador de conhecimentos e relacionamentos, independentemente do produto final a ser gerado.

Embora possa ser visualmente complexa, as entrevistas evidenciam que essa organização mostra-se bastante flexível no sentido de um processo de inovação participativo, com grande proximidade com o setor produtivo, o que permite uma reação mais ágil a mudanças técnicas ou do mercado e aumentam as chances de sucesso da inovação e apropriação pelo mercado, visto que, em boa parte dos casos, já existe uma demanda real pelo ativo desenvolvido.

A transferência, não só das tecnologias, mas, principalmente, do conhecimento gerado, ocorre de diferentes formas, envolvendo a participação em diferentes congressos científicos no Brasil e no exterior, a publicação de artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais, a realização de “dias de campo” com interação entre produtores e pesquisadores, o treinamento de multiplicadores em parceria com outras organizações como o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), o compartilhamento de equipamentos multiusuários e a disponibilidade de soluções tecnológicas de forma gratuita a usuários. A Embrapa Instrumentação possui também 10 contratos de licenciamento com empresas do setor produtivo, selecionadas por edital público, para exploração econômica de ativos de inovação voltados para a agricultura de precisão e gerados desse movimento.

De modo geral, a Embrapa tem utilizado a Rede AP como uma estratégia *bottom-up*, para reunir elementos que já existem de forma desarticulada, integrando-os a um sistema para atender à gestão da variabilidade, afim de gerir a conexão entre diferentes grupos de atores em torno da necessidade identificada em cada sistema produtivo, visando garantir maior sustentabilidade à produção agrícola brasileira.

A atuação destes grupos, com a proposição de inovações para o atendimento de demandas específicas dos setores produtivos, é que tem contribuído para a consolidação e desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão. A partir dos documentos disponíveis sobre a Rede AP e das entrevistas realizadas, é possível apresentar a estrutura que sustenta essa atuação com base em quatro elementos essenciais: atores, instituições, redes e fatores tecnológicos, apresentados na sequência.

#### 4.1.2.1 Atores

A identificação dos principais atores que contribuem para o desenvolvimento da tecnologia corrobora a variedade potencial de organizações relevantes nesse processo, cada uma exercendo um papel chave a partir de suas capacidades, que tendem a ser ampliadas na medida em que novos conhecimentos são desenvolvidos.

Não é possível, porém, determinar e nomear a totalidade de atores envolvidos, visto que sua própria organização, como um sistema aberto e dinâmico, implica na constante entrada e saída de atores à medida que um objetivo é alcançado ou um novo objetivo é definido. Logo, o que se tem a partir da Rede AP é uma noção dos principais atores e os papéis que desempenham com base em dados do momento atual, conforme Quadro 8.

Esses atores podem ser divididos em categorias de acordo com a natureza de suas atividades, identificadas como pesquisa, educação, indústria e organizações de apoio, e também pelo papel que exercem na rede. As universidades, por exemplo, normalmente estão envolvidas com a execução de projetos nas áreas de pesquisa de alunos e professores orientadores de programas de pós-graduação diretamente nos setores produtivos, como a fruticultura na UCS ou grãos na UFLA. Nesta mesma categoria, algumas atuam diretamente no desenvolvimento de ferramentas, como robô agrícola na EESC/USP ou redes de comunicação sem fio entre equipamentos na Poli/USP.

**Quadro 8. Atores e instituições na Rede AP**

<b>Políticas e Instituições</b>					
<b>Políticas Públicas</b> (Pesquisa, inovação, transição)	<b>Instituições</b> (Leis, padrões, normas, éticas, procedimentos, comportamentos)				
Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI/MCTIC); Agenda Estratégica 2014-2030 do setor de Agricultura de Precisão (MAPA); Plano ABC; Política Nacional de iLPF; Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (Moderfrota); Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (InovAgro); Fundo Setorial CT-Agro.	Lei de Inovação (10.973/2004); Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação (13.243/2016); Lei do Bem (11.196/2005); Lei de Informática (8.248/1991); Lei da Propriedade Intelectual (Lei 9.279/1996); Lei de Proteção de Dados Pessoais (13.709/2018); ISO 11783; ISO 1185; ISO 7638; Norma Regulamentadora (NR) 31.				
<b>Pesquisa</b> (Institutos de pesquisa, universidades, pesquisa privada)	<b>Indústria</b>				
Embrapa; Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE); Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI); Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP); Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP); Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP); Instituto Agronômico de Campinas (IAC); Escola Politécnica (Poli/USP); Universidade de Caxias do Sul (UCS); Universidade Federal de Lavras (UFLA); Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPel); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><b>Fornecedores</b> (Fabricantes de máquinas, fornecedores de matérias-primas ou de subsistemas)</th> <th style="text-align: center;"><b>Demandantes</b> (Unidades piloto, consultores, cooperativas, usuário final)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AGCO; Agrosystem; Auteq; Baldan; CNH Industrial; Máquinas Agrícolas Jacto S/A; John Deere Brasil; Kuhn do Brasil; LOHR Sistemas Eletrônicos; Marchesan-Tatu S/A; Original Indústria Eletrônica; Somafértil; Stara S/A; Verion Agricultura.</td> <td>Cooperativa Agrária Agroindustrial; APagri; Campo Agricultura e Meio Ambiente; Cotrijal Cooperativa Agrária e Industrial; Comigo Cooperativa Agroindustrial; Enalta Inovações Tecnológicas; Florestalle; Citrosuco; SLC Agrícola; Batistella Florestal; Vinícola Miolo; Schio Agropecuária; Terrasul Vinhos Finos.</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Fornecedores</b> (Fabricantes de máquinas, fornecedores de matérias-primas ou de subsistemas)	<b>Demandantes</b> (Unidades piloto, consultores, cooperativas, usuário final)	AGCO; Agrosystem; Auteq; Baldan; CNH Industrial; Máquinas Agrícolas Jacto S/A; John Deere Brasil; Kuhn do Brasil; LOHR Sistemas Eletrônicos; Marchesan-Tatu S/A; Original Indústria Eletrônica; Somafértil; Stara S/A; Verion Agricultura.	Cooperativa Agrária Agroindustrial; APagri; Campo Agricultura e Meio Ambiente; Cotrijal Cooperativa Agrária e Industrial; Comigo Cooperativa Agroindustrial; Enalta Inovações Tecnológicas; Florestalle; Citrosuco; SLC Agrícola; Batistella Florestal; Vinícola Miolo; Schio Agropecuária; Terrasul Vinhos Finos.
<b>Fornecedores</b> (Fabricantes de máquinas, fornecedores de matérias-primas ou de subsistemas)	<b>Demandantes</b> (Unidades piloto, consultores, cooperativas, usuário final)				
AGCO; Agrosystem; Auteq; Baldan; CNH Industrial; Máquinas Agrícolas Jacto S/A; John Deere Brasil; Kuhn do Brasil; LOHR Sistemas Eletrônicos; Marchesan-Tatu S/A; Original Indústria Eletrônica; Somafértil; Stara S/A; Verion Agricultura.	Cooperativa Agrária Agroindustrial; APagri; Campo Agricultura e Meio Ambiente; Cotrijal Cooperativa Agrária e Industrial; Comigo Cooperativa Agroindustrial; Enalta Inovações Tecnológicas; Florestalle; Citrosuco; SLC Agrícola; Batistella Florestal; Vinícola Miolo; Schio Agropecuária; Terrasul Vinhos Finos.				
<b>Educação</b> (Ensino superior, treinamento profissional)					
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR); Fundação Agrisus.					
<b>Organizações de apoio</b> (Bancos, capital de risco, associações setoriais, entidades de classe, empresas de suporte a inovação, fundações de apoio a pesquisa, órgãos governamentais)					
Association of Equipment Manufactures (AEM-USA); Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri); Fundação Agrisus; Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE); Confederação Nacional da Agricultura (CNA); Instituto CNA.					

**Fonte:** Elaborado pelo autor.



O fato relevante é que as organizações de pesquisa são as grandes responsáveis pela geração de novos conhecimentos nessa área. Esse conhecimento pode ser difundido para a sociedade por meio dessas próprias organizações ou de organizações de educação como o SENAR ou a Fundação Agrisus, responsáveis por levar treinamento profissional a consultores, técnicos e produtores, ou pode ainda ser associado ao conhecimento gerado na indústria, na medida em que estabelece conexões com a universidade para a execução de projetos iniciados em seu P&D.

A respeito disso, o Brasil aparece na quarta posição mundial em número de publicações científicas sobre a temática da agricultura de precisão na base de dados Scopus, atrás apenas de Estados Unidos, China e Alemanha, sendo José Paulo Molin, da ESALQ/USP, o pesquisador brasileiro mais representativo nesse meio. Entre as sete organizações de pesquisa que mais produzem conhecimento nessa área no Brasil, cinco compõem a Rede AP, incluindo a Embrapa.

As coautorias nessas publicações evidenciam relações das universidades com a indústria e com a academia internacional. As publicações da Embrapa, por exemplo, possuem coautoria com escolas da Universidade de São Paulo, com empresas como SLC Agrícola e com organizações internacionais como a University of Nebraska (Lincoln, EUA) e o United States Department of Agriculture. Já a ESALQ/USP possui coautorias com a Embrapa, com a Wageningen University and Research Centre (Holanda) e com Máquinas Agrícolas Jacto S/A, entre outras.

Apesar disso, a reação das instituições de ensino técnico, tecnológico e superior tem sido demasiadamente lenta frente às necessidades do setor. Observa-se uma fraca inserção de currículos e métodos de ensino nas faculdades que privilegiem a formação de estudantes e profissionais nas abordagens interdisciplinares subjacentes à agricultura de precisão, o que foi mencionado nas entrevistas como fator desencadeador de um problema crônico de qualificação da mão de obra.

Foi verificada uma amostra aleatória de 65 cursos de graduação em Agronomia, dentre o total de 349 ofertados por instituições de ensino superior públicas e privadas, a qual revelou que a agricultura de precisão existe como disciplina em 21 deles, sendo 11 como disciplina optativa. Além disso, os ementários dessas disciplinas revelam que o foco na variabilidade espacial só existe em sete dos projetos pedagógicos que contemplam a disciplina, os demais abordam a solução tecnológica e não o problema. Do total analisado, 31 não apresentam nenhum conteúdo que

mencione ou faça referência à agricultura de precisão. Os dados são apresentados no Apêndice C.

Os dados do Ministério da Educação revelam ainda que existe apenas um curso superior no país voltado exclusivamente para a área de agricultura de precisão, ofertado pela FATEC Pompéia, em São Paulo, denominado Curso Superior de Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão, mas sua matriz curricular foca no segmento de máquinas e tecnologias aplicadas e não na gestão de variabilidade. Além disso, consta, nos registros do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos – documento que embasa a oferta de cursos pelas instituições públicas federais – uma solicitação do MAPA para inclusão do Curso Técnico em Agricultura de Precisão, entretanto foi negada pelo Ministério da Educação, indicando a falta de sensibilidade para com o tema na articulação interministerial.

Sobre a indústria, é possível estabelecer uma diferenciação nessa categoria entre um grupo com papel demandante de tecnologia e outro com papel fornecedor. Parcela significativa de projetos executados pelas organizações de pesquisa e pela própria indústria fornecedora têm origem nas necessidades da indústria demandante, formada por cooperativas de produtores, consultores e empresas com grande potencial de aplicação da tecnologia que acabam cedendo espaço à experimentação, como são os casos de SLC Agrícola e Batistella Florestal.

Já a indústria fornecedora, composta por grandes corporações de capital estrangeiro e nacional do segmento de máquinas e implementos, é assim chamada por ser a categoria que faz com que os ativos de inovação sejam consolidados em produtos e cheguem até o campo por meio de sua rede de distribuição. Este grupo possui grande capilaridade de investimento próprio em P&D, a exemplo da Stara S/A (que tem 170 dos seus 2100 empregados nessa função) ou da Máquinas Agrícolas Jacto S/A (que destina 5% do seu faturamento para essas atividades), mas mantêm na relação com as organizações de pesquisa e com a indústria demandante a base de seus programas de inovação, acessando conhecimento disponível naquelas para a resolução de problemas existentes nestas. Compõem esta categoria também pequenas e médias empresas de tecnologia voltadas a esse segmento, normalmente fornecedores de componentes eletrônicos ou subsistemas a serem implantados nos maquinários, além de criadores de avanços tecnológicos em novos sistemas e novos componentes a serem utilizados.

Apesar disso, são poucos os registros de patentes envolvendo tecnologias de agricultura de precisão no Brasil. Na base de dados da World Intellectual Property Organization (WIPO) constam 43 patentes registradas no país com a designação de “agricultura de precisão” no título ou no resumo descritivo. Já na base do Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI) constam apenas 24 registros com essa designação. Todavia, como a agricultura de precisão é um termo que agrega diversas tecnologias de distintas áreas, pode haver registros de patentes dessas tecnologias sem que se tenha feito menção ao termo. Entre os principais depositantes nas duas bases constam a indústria de máquinas agrícolas Jacto S/A (8), a FAPEMIG (3), a Unicamp (3) e a Indústria de Implementos Vence Tudo (3).

Todas as categorias têm o suporte de organizações de apoio que financiam seus projetos, como as fundações de amparo à pesquisa a exemplo da FACEPE e Fundação Agrisus; estabelecem procedimentos e regulam atividades, como a Association of Equipment Manufactures (AEM-USA); ou atuam como extensão de organizações junto a áreas onde estas não possuem muita proximidade, como a Epagri.

Extrapolando esta observação para o setor de uma forma mais abrangente, a partir de sua trajetória tecnológica e das entrevistas realizadas, é possível dizer que a indústria assumiu um papel central no desenvolvimento de máquinas agrícolas com potencial eletrônico. Dessa forma, provocou, no decorrer dos anos, o esvaziamento do tema na academia e na pesquisa pública e privada de pequenas empresas com vocação tecnológica – atualmente denominadas de ‘agrotechs’ – que passaram a se voltar, respectivamente para os estudos da variabilidade espacial nas lavouras e para os elementos eletrônicos relacionados à automação, como sensores, softwares, IoT, big data etc., porém associadas a essa grande indústria. Assim, as consultorias em agricultura de precisão voltaram-se automaticamente para o georreferenciamento, mapeamento e análise de solo, fazendo o trabalho de campo a partir das tecnologias desenvolvidas. Claro que esta é uma visão geral, já que não existe exclusividade de nenhum dos segmentos de atores em nenhuma das áreas.

Essas organizações atuam sob um aparato institucional não divergente daquele que define a dinâmica das atividades de inovação de modo geral, acrescida de algumas particularidades de padronização específicas aplicadas ao setor. Esta visão microinstitucional é apresentada na perspectiva dos atores entrevistados.

#### 4.1.2.2 Instituições

O aparato institucional composto por políticas e instituições formais que estão em vigor e que afetam o desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão tratam, no geral, de programas governamentais destinados a induzir o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias à produção agrícola, programas de financiamento, leis gerais que definem regras sobre incentivos fiscais e a participação de empresas e organizações de pesquisa em projetos de inovação e padrões a serem seguidos pelas tecnologias desenvolvidas, apresentadas também no Quadro 8.

Entre as políticas públicas, as entrevistas destacaram aquelas que facilitam a aquisição da tecnologia pelo usuário final, como o Moderfrota e o InovAgro, programas de financiamento para a aquisição de equipamentos como tratores e colheitadeiras e para a incorporação de inovações tecnológicas nas propriedades rurais, respectivamente, com boas condições de juros e prazo de pagamento, de acordo com os entrevistados. Essas políticas facilitam a difusão da inovação na medida em que dão condições de longo prazo para sua aquisição por parte dos produtores, visto que os custos de implantação da agricultura de precisão são apontados também pelos entrevistados como um grande entrave para a sua aceitação.

Por outro lado, o desenvolvimento de ativos de inovação encontra respaldo institucional no marco legal da inovação, representado aqui pelo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação, Lei de Inovação e Lei do Bem, que tratam, respectivamente, das normas para o desenvolvimento de projetos de inovação em parceria entre organizações de pesquisa e empresas privadas e das possibilidades de captação de recursos para esses projetos de inovação. Um exemplo disso foi o desenvolvimento do AgriBot, uma plataforma robótica modular e autônoma para aquisição de dados em agricultura de precisão, desenvolvida em parceria entre Embrapa Instrumentação, Escola de Engenharia de São Carlos/USP e Máquinas Agrícolas Jacto, financiado pela FINEP por meio do Fundo Setorial CT-Agro.

Os entrevistados relatam ainda que esse respaldo é ratificado por uma legislação tida como auxiliar àquela pertinente à inovação, que abrange a Lei de Informática, a Lei da Propriedade Intelectual e a mais recente Lei de Proteção de Dados Pessoais, e por procedimentos que definem padrões a serem seguidos para os produtos desenvolvidos, como as normas ISO 11783, 1185 e 7638.

No caso destas, a importância de sua observação vai ao encontro de uma demanda há muito existente no setor referente à interface entre sensores e equipamentos eletrônicos e as máquinas agrícolas com as quais operam, visto que, ainda hoje, muitos destes ativos não são compatíveis entre si. Já a legislação dita auxiliar corrobora também com incentivos fiscais para a inovação tecnológica, mas, principalmente, para a existência de um ambiente juridicamente estável em relação aos direitos de propriedade dos ativos criados e dos dados utilizados nas pesquisas.

Esses ativos de inovação são desenvolvidos visando atender às necessidades do mercado, identificadas a partir dos diferentes atores que dele participam, porém, alguns programas governamentais criam um ambiente institucional de indução ao desenvolvimento e aplicação dessas novas tecnologias ao unificarem necessidades de determinadas áreas específicas com as quais a agricultura de precisão pode atuar de forma transversal. São os casos, por exemplo, do Plano ABC – voltado para a redução da emissão de carbono na agricultura, e da Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) – voltada para difundir a combinação de diferentes sistemas produtivos em uma mesma área como meio de diminuir impactos e elevar os resultados produtivos.

São mencionadas ainda como políticas que influenciam a inovação em agricultura de precisão a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI/MCTIC), na medida em que propõe direcionamentos a serem seguidos no caminho do desenvolvimento de inovações aplicadas à produção agrícola; e a Agenda Estratégica 2014-2030 do setor de Agricultura de Precisão, por estabelecer metas e ações a serem executadas pelo MAPA, para o desenvolvimento e utilização da agricultura de precisão no Brasil.

Todas estas políticas e instituições desempenham um papel importante no desenvolvimento, difusão e implementação da agricultura de precisão ao possibilitar que os diferentes atores interajam uns com os outros em redes que desenvolvem e/ou difundem a tecnologia. No entanto, os entrevistados concordam que faltam políticas mais específicas para o campo da agricultura de precisão, desde aquelas que fomentam o desenvolvimento e difusão da tecnologia, até a articulação entre políticas de educação, economia e/ou trabalho visando ao atendimento das necessidades desta área.

#### 4.1.2.3 Redes

A observação das interações de atores na troca de conhecimentos e desenvolvimento da inovação permitiu a identificação dos atores principais e dos subgrupos formados a partir das relações estabelecidas para essas atividades. Isso foi possível pela elaboração de uma matriz quadrática codificada como uma variável "dummy" (zero para nenhuma relação, um para uma relação existente), a partir dos registros públicos de parcerias das atividades desenvolvidas por diferentes atores e entre os membros da Rede AP, apresentadas em formato de rede nas Figuras 8 e 9.

Os registros de atividades da Rede AP sugerem uma configuração de rede baseada nos projetos técnicos em que cada ator participa diretamente, com maior densidade e proximidade entre os atores dentro de cada projeto, formando grupos que, apesar de também se comunicarem diretamente uns com os outros, têm a Embrapa como principal "ator-ponte" dessa comunicação, o que está em linha com a organização apresentada na Figura 6.

Além dos grandes grupos visíveis na representação da rede, a análise de indicadores atesta a existência de 15 subgrupos nos quais os atores estão mais próximos e intensamente ligados uns aos outros do que aos outros membros da rede, conforme Figura 7.

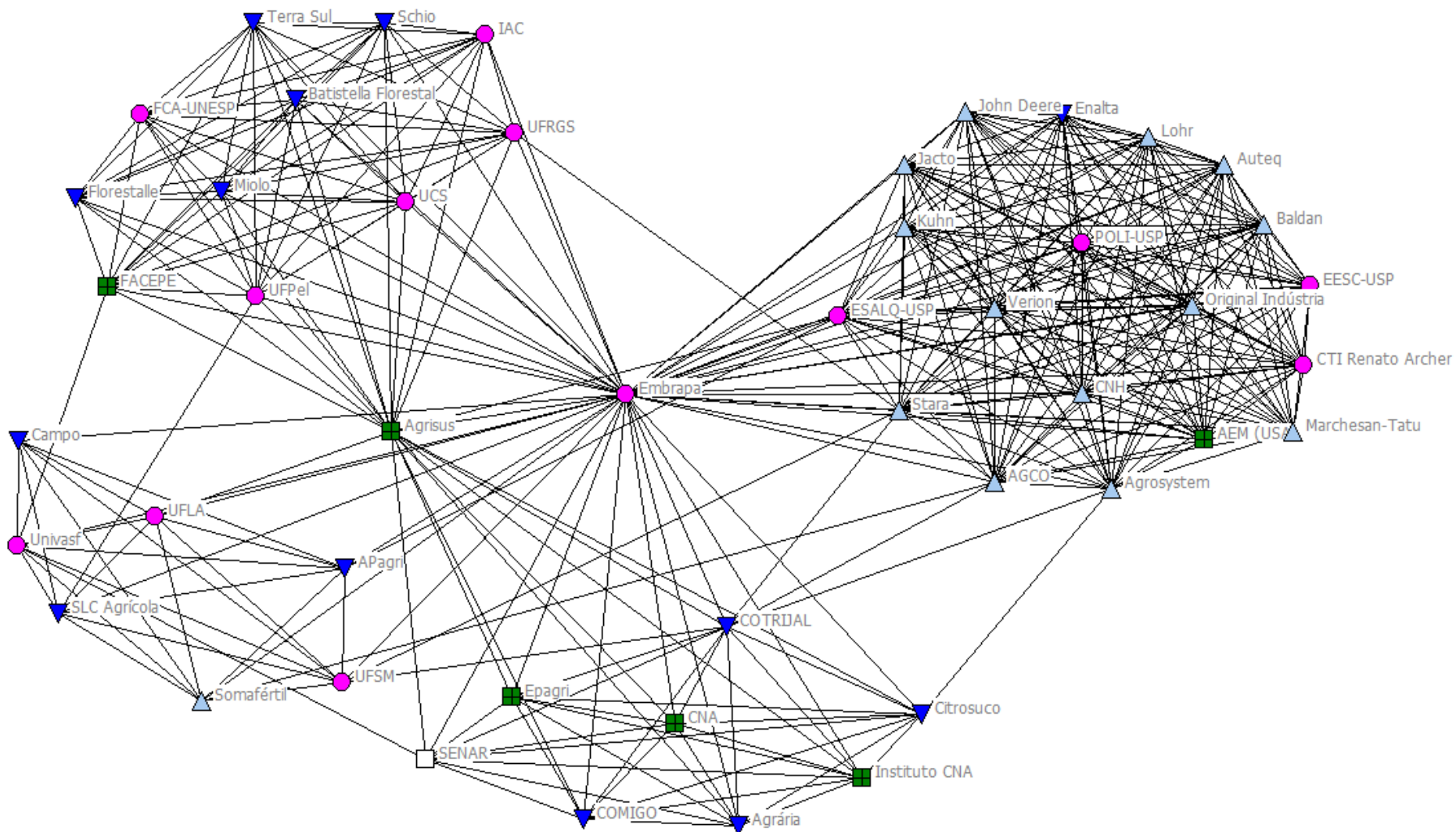
#### Figura 7. Subgrupos de rede existentes na Rede AP

15 cliques found.

- 1: Embrapa Batistella Florestal Agrisus FACEPE FCA-UNESP Florestalle IAC Miolo Schio Terra Sul UCS UFPel UFRGS
- 2: Embrapa Agrária Agrisus CNA COMIGO COTRIJAL Epagri Citrosuco Instituto CNA SENAR
- 3: Embrapa Agrisus ESALQ-USP
- 4: Embrapa Agrisus UFLA
- 5: Embrapa AEM (USA) AGCO Agrosystem Auteq Baldan CNH CTI Renato Archer EESC-USP Enalta ESALQ-USP Jacto John Deere Kuhn Lohr Marchesan-Tatu Original Indústria POLI-USP Stara Verion
- 6: Embrapa AGCO Agrosystem COTRIJAL Stara
- 7: Embrapa AGCO Somafértil
- 8: Embrapa Agrosystem COTRIJAL Citrosuco
- 9: Embrapa APagri Campo SLC Agrícola Somafértil UFLA UFSM Univasf
- 10: Embrapa APagri ESALQ-USP
- 11: Embrapa SLC Agrícola UFPel
- 12: Embrapa COTRIJAL Stara UFSM
- 13: Embrapa Stara UFRGS
- 14: Embrapa SENAR Univasf
- 15: Embrapa FACEPE Univasf

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Figura 8.** Configuração das trocas existentes na Rede AP



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Legenda: ▲ Indústria fornecedora; ▼ Indústria demandante; ● Pesquisa; □ Educação; ■ Organizações de apoio.

O maior deles é o subgrupo 5, composto por 20 dos 47 atores, e todos os outros subgrupos menores compartilham alguma sobreposição (alguns atores são membros de ambos os grupos) com alguma parte desse grupo, confirmando a Embrapa como o ator principal, presente em todos os 15 subgrupos, com maior adjacência de Fundação Agrisus, Cotrijal e Stara, com quem compartilha 4 sobreposições. Isso demonstra um certo padrão de funcionamento da rede, cujos subgrupos envolvem sempre organizações de diferentes categorias (pesquisa, indústria e organizações de apoio), privilegiando a diversidade de conhecimentos e experiências.

Os dados mostram ainda que nenhum ator está completamente isolado de nenhum dos subgrupos, indicando um alto grau de participação comum nos processos dos grupos. Além disso, é possível observar até que ponto os subgrupos se sobrepõem, medidos pelo número de membros em comum, sendo os subgrupos 5 e 6 mais próximos entre si, enquanto se confirma a existência de três grandes grupos visíveis na rede, sendo o primeiro formado pelos subgrupos 1, 3, 4, e 11; o segundo pelos subgrupos 2, 8, 6, 5, 12 e 13; e o terceiro formado pelos subgrupos 7, 9, 10, 14 e 15.

A intensidade das conexões na rede foi estimada em 30,6%, resultado da divisão entre o número de relações existentes (662) e o total de ligações possíveis (2162), demonstrando a densidade estimada de 0,306 ( $p=0,0002$ ). Ou seja, a probabilidade de que qualquer relação esteja presente entre dois atores aleatórios é de 30,6% de chance, o que pode ser considerado satisfatório para o campo de estudo da inovação na rede analisada, dado o forte papel de “ator-ponte” já identificado para a Embrapa, o que em tese a colocaria como uma ligação quase que obrigatória.

A densidade de uma rede pode variar de zero a um, sendo zero quando não existem laços presentes e um quando todas as organizações têm a tendência de querer distribuir informações diretamente para todos os outros em seu campo. Qualquer dos extremos seria impraticável para os objetivos de geração de inovação e estaria em desacordo com a forma de atuação da rede pela formação de grupos de atores com capacidades complementares em áreas definidas, em que as densidades tendem a ser maiores do que na rede completa, sendo 64,2% no primeiro grupo, 50,4% no segundo e 47,7% no terceiro grupo.

Os dados de centralidade evidenciam um índice de centralização geral da rede de 38,99%, sendo de 70,88% para as saídas existentes na rede, tendo a Embrapa como principal fornecedora, enquanto as entradas apresentam centralização de



15,35%, tendo Stara, ESALQ/USP, AGCO e Agrisus como principais receptoras. Esses dados evidenciam também um certo padrão de funcionamento da rede com alguma equivalência entre os níveis de saída e de entrada em cada ator, exceto para Embrapa, tendo em vista que os níveis de saída são 3,28 vezes maiores que os de entrada. Apesar disso, os graus de proximidade e reciprocidade variam apenas de 0,414 a 0,590 e 0,482 a 0,728, respectivamente, indicando que todos os atores encontram-se relativamente bem posicionados na rede.

Apesar das ligações evidentes, é perceptível um certo distanciamento entre os atores que compõem a categoria da indústria fornecedora e os que compõem a indústria demandante, com uma maior proximidade entre esses dois grupos e as organizações de pesquisa, indicando uma ligação mais forte entre indústria e universidade, que por vezes age como ponte entre demandantes e fornecedores, principalmente Embrapa, UFRGS, UFPel, ESALQ/USP e UFSM.

Embora a Rede AP seja de grande importância para as atividades de inovação em agricultura de precisão, existem relações para além dela que evidenciam, de fato, a existência de um sistema de inovação tecnológica relacionado a esse campo, confirmando a proposição empírica *p1: Existe um sistema de inovação tecnológica relacionado às atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil*. Na Figura 9, é apresentada uma configuração esquemática de rede considerando, além dos atores que atuam diretamente com a Embrapa na Rede AP, também outras organizações que atuam com esses ou outros atores, ampliando a configuração sistêmica.

Neste nível de análise, houve a ampliação do número de atores de 47 para 86, a partir da observação de parcerias desenvolvidas em projetos de inovação em agricultura de precisão tornadas públicas em documentos das organizações de pesquisa e organizações de apoio, principalmente aquelas que atuam com financiamento. Apesar deste procedimento deixar de fora um possível número bem maior de atores e relações que poderiam ser declaradas em uma entrevista ou questionário aplicado, a reprodução de relações publicamente declaradas eleva à validade da rede. Ademais, não é objetivo deste estudo esgotar a identificação de todos os atores e relações existentes, mas tão somente atestar sua existência e identificar sua estrutura, o que pode ser atingido com os dados levantados.



A olho nu, é possível observar desta configuração uma menor centralização, com o aparecimento da ESALQ/USP como ator-ponte importante ao lado da Embrapa; um protagonismo maior das organizações de pesquisa, quase todas posicionadas no centro da rede; e uma concentração maior das organizações em nichos de acordo com as categorias de atores em que se enquadram, principalmente pesquisa e indústria.

Isso reflete na baixa intensidade das conexões na rede, estimada em 12,3%, resultado da divisão entre o número de relações existentes (899) e o total de ligações possíveis (10453), com densidade estimada de 0,123 ( $p=0,0002$ ), demonstrando que os atores tendem a estar concentrados em pequenos subgrupos, rejeitando, de início, a hipótese descritiva *Hp1a: a intensidade das relações nesse sistema é significativa para a geração de inovações em agricultura de precisão*.

Em uma análise mais profunda, no entanto, a rejeição da hipótese descritiva *Hp1a* é descartada, porque, ao se analisar a centralidade de autovetores esperando que as organizações de pesquisa dominassem isoladamente a centralidade das conexões, o que poderia ser apontado como uma falha de sistema, uma vez que já foi mencionada a conexão com atores da indústria fornecedora e demandante como preponderante para a geração de inovação nesse campo, obteve-se que, na verdade, um grupo de interesse misto entre organizações de pesquisa e indústria fornecedora exibe interconexão considerável e – na média – estão mais conectados a outros atores altamente conectados.

Ou seja, não é possível afirmar que a baixa intensidade das conexões no sistema signifique também um baixo nível de inovações geradas para esse campo, mas sim que existe um seleto grupo misto de 10 organizações que, aparentemente, dominam a geração de inovação em agricultura de precisão. Isso porque o teste Anova mostra que as diferenças entre as centralidades médias dos autovetores nas categorias de atores não são significativas ( $F=1,15$  com 6 d.f. e  $p=0,3253$ ). As diferenças nas médias dos grupos representam apenas 6,8% da variância total nos escores de centralidade do autovetor entre os atores.

Os dados da centralidade de autovetor evidenciam esse grupo dominante de atores formado por grandes corporações da indústria fornecedora e reconhecidas organizações de pesquisa: Embrapa ( $eig=0,291$ ), ESALQ/USP ( $eig=0,230$ ), Stara ( $eig=0,214$ ), Jacto ( $eig=0,210$ ), Agrosystem ( $eig=0,209$ ), AGCO ( $eig=0,206$ ), EESC/USP ( $eig=0,205$ ), Poli/USP ( $eig=0,205$ ), John Deere ( $eig=0,203$ ) e CNH

( $eig=0,200$ ). Isso porque a centralidade de autovetor verifica a importância de um ator na rede a partir da combinação de centralidades de outros atores conectados a ele, logo, um ator somente será considerado importante se os outros atores conectados a ele também o forem.

Alguns outros padrões de funcionamento do sistema podem ser obtidos por outros dados. A análise de indicadores atesta para a existência de 97 subgrupos dos quais os atores estão mais próximos e intensamente ligados uns aos outros do que aos outros membros da rede, conforme Apêndice D. O maior deles é o subgrupo 1, composto por 20 dos 86 atores e onde se encontram localizados os 10 atores identificados como principais na centralidade de autovetor. Porém, diferentemente do que se observa na Rede AP, nem todos os demais subgrupos compartilham alguma sobreposição com alguma parte desse ou de outros subgrupos, havendo inclusive subgrupos totalmente isolados, como o 54, o 59 e o 97. Alguns atores também aparecem completamente isolados e não pertencem a nenhum subgrupo, como Castrolanda, Raízen e Basf Agro.

Esses dados confirmam também a divisão de protagonismo da Embrapa – presente em 53 dos 97 subgrupos, com a ESALQ/USP – presente em 24 dos 97 subgrupos, dos quais 15 subgrupos apresentam sobreposição entre as duas organizações de pesquisa, sendo os dois atores mais próximos na rede. Outros atores próximos são FINEP e CNPq, com 12 sobreposições em comum, duas importantes organizações de apoio que atuam no financiamento de projetos de inovação, que também são os atores mais próximos de Embrapa e ESALQ/USP, indicando uma possível concentração de recursos dessas duas organizações de apoio para as duas organizações de pesquisa. Entretanto, existe uma ausência de nós fortes que interliguem academia, indústria fornecedora e indústria demandante nesse sistema, contribuindo para a assimetria de informações no sistema, já que existem barreiras nas interações.

As divisões de atores em grupos e subgrupos é um aspecto muito importante da estrutura social e indica um provável comportamento do sistema de um modo geral. Isso porque é de se esperar que, onde os grupos se sobrepõem, a mobilização e a difusão da inovação podem se espalhar mais rapidamente do que onde os grupos não se sobrepõem, já que a ausência de interconexão pode fazer com que avanços ocorridos em um grupo não se difundam para outros, o que é menos provável de ocorrer em uma rede com grupos sobrepostos e atores bem posicionados, como na

Rede AP. Além disso, onde os grupos não se sobrepõem, a rede formada fica suscetível a conflitos entre atores ou grupos, já que a informação e o direcionamento sobre a tecnologia tendem a não circular entre todos os atores relevantes. Assim, é possível justificar que existe uma maior sobreposição de grupos em rede do que no sistema em um nível mais abrangente, o que indica para a confirmação da hipótese descritiva *Hp1b: a estrutura social em rede favorece a mobilização e a difusão de conhecimentos.*

Os dados de centralidade evidenciam um índice de centralização geral do sistema em 26,81%, com 47,07% para as saídas existentes no sistema, tendo a Embrapa como principal fornecedora, ainda dominante, mas não isolada, já que também aparecem Agrosystem, Jacto, ESALQ/USP, Enalta, Stara e Agrisus como importantes nessa função. As entradas apresentam centralização de 22,07%, tendo ESALQ/USP, Embrapa, Jacto, Stara, AGCO e CNH como principais receptoras. Apesar de chamar a atenção o fato de grandes corporações como AGCO e CNH aparecerem entre as principais receptoras, mas não como fornecedoras no sistema, a diferença entre os graus de saída e entrada não são significativos, prevalecendo a mesma equivalência verificada na Rede AP, agora com uma menor centralidade também da Embrapa, embora suas saídas ainda representem o dobro de suas entradas nas relações existentes.

Os graus de proximidade e reciprocidade para o sistema variam de 0,246 a 0,467 e 0,222 a 0,622, respectivamente, evidenciando atores mais distantes e relações menos recíprocas quando comparadas à Rede AP, estabelecendo a ESALQ/USP como o ator com maior capacidade de alcançar todos os demais do sistema e também de estabelecer relações mais recíprocas, seguido pela Embrapa, ainda que esta seja ainda o ator-ponte com maior grau de intermediação.

Essas redes e seus grupos e subgrupos de relacionamento trazem indicações valiosas sobre como as atividades de inovação vêm ocorrendo nesse campo e, quando associadas às informações já detalhadas sobre os atores e instituições, permitem que se gerem percepções sobre os tipos de infraestruturas em que se integram.

#### *4.1.2.4 Fatores tecnológicos*

Os fatores tecnológicos, apontados em unanimidade pelos entrevistados como sendo as principais infraestruturas em que os esforços de desenvolvimento da

inovação em agricultura de precisão se integram, versam principalmente sobre as redes em que estão inseridos os atores mais relevantes, os eventos técnicos específicos da área e as reuniões setoriais, a exemplo daquelas realizadas pelas associações da área e pela Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, onde discutem experiências e caminhos a serem seguidos.

Além da Rede Agricultura de Precisão, cujo funcionamento já foi detalhado, outras infraestruturas contribuem sobremaneira para essa integralização de esforços, ainda que muitas das organizações que as compõem não tenham aparecido nas redes elaboradas até aqui. São exemplos, além do já citado Projeto Aquarius, o Centro de Inovação no Agronegócio (CIAg), mantido pela Fundação Shunji Nishimiura; o Centro de Expertise em Agricultura Tropical (CEAT), mantido pela Bayer; o AgTech Garage, *hub* de inovação que conecta grandes empresas e startups da área, ligado à ESALQ/USP e à iniciativa AgTechValley – Vale do Piracicaba; dentre outras iniciativas que visam unificar esforços para o avanço da tecnologia.

Entre os eventos técnicos da área, o Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, realizado a cada dois anos, é citado como a principal infraestrutura de integração entre organizações de pesquisa e indústria (fornecedora e demandante). A última edição do congresso, realizada em outubro de 2018 em Curitiba, reuniu cerca de 800 participantes entre pesquisadores, profissionais de assistência técnica, consultores, professores, estudantes, empresas e produtores rurais, contemplando a realização de diferentes palestras, plenárias sobre desafios da área no Brasil, painéis setoriais sobre a atuação de cada categoria de atores, apresentação de trabalhos científicos e espaço para exposição de produtos e serviços. Esse ambiente, segundo alguns participantes, cria um cenário propício para a aproximação entre profissionais e usuários que trabalham com Agricultura de Precisão no Brasil e no mundo, ensejando, muitas vezes, parcerias concretizadas em projetos de PD&I desenvolvidos conjuntamente.

Essas infraestruturas, ou fatores tecnológicos, fecham o quadro de análise da estrutura social das atividades de inovação em agricultura de precisão brasileira, em que se verificaram os papéis desempenhados pelos principais atores, identificados como sendo ESALQ/USP e Embrapa como organizações de pesquisa indutoras do desenvolvimento dessa tecnologia e John Deere, AGCO, Jacto e Stara como organizações industriais com forte capital de investimento para esse avanço, refletindo em uma estrutura centralizada, com interações restritas a um grupo dominante,

mantendo a margem do processo de desenvolvimento da tecnologia o seu usuário final. Os dados quantitativos a serem apresentados devem contribuir para esclarecer melhor o funcionamento das atividades.

## 4.2 Análise de dados quantitativos

Os dados analisados nesta etapa quantitativa visam ao entendimento do funcionamento sistêmico das atividades de inovação a partir das sete funções do sistema de inovação tecnológica desenhadas por Hekkert et al. (2007), considerando a percepção dos diferentes atores envolvidos cotidianamente nesse ambiente. Para isso, são apresentados o perfil dos respondentes, como forma de qualificação dos dados levantados, e os principais resultados encontrados a partir das técnicas metodológicas escolhidas para a análise.

### 4.2.1 Perfil dos respondentes

Entre as informações que qualificam o perfil dos 217 respondentes considerados como válidos para o estudo está o tipo de vínculo organizacional em relação à tecnologia em análise, em que 40% deles desenvolvem suas atividades como professor/pesquisador ou estudante de pós-graduação na área de agricultura de precisão em universidades. Outros 20% atuam em órgãos governamentais como formuladores ou executores de políticas públicas, 17% são pesquisadores vinculados a institutos de pesquisa, 10% são profissionais com atuação na indústria de máquinas e implementos agrícolas, 7% são consultores prestadores de serviços em agricultura de precisão e outros 6% são representantes de organizações de apoio. Constavam ainda entre as opções de vínculo o perfil de usuário da tecnologia como produtor ou cooperado, mas não houve respondente com esse tipo de vínculo.

Perguntados também sobre sua escolaridade no momento atual, 60% dos respondentes estão cursando ou já concluíram a Pós-Graduação *Stricto Sensu* (mestrado ou doutorado), 36% possuem Pós-Graduação *Lato Sensu* (especialização) concluída e 4% concluíram o ensino superior. Um resumo desse perfil é apresentado, a seguir, na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil dos respondentes

Vínculo organizacional			Escolaridade		
Prestador de serviços	15	6,67%	Ensino fundamental	0	0%
Indústria	22	10%	Ensino médio	0	0%
Universidade	87	40%	Ensino superior	8	3,33
Instituto de pesquisa	35	16,67%	Pós-graduação lato sensu	79	36,67%
Órgão governamental	43	20%	Pós-graduação stricto sensu	130	60%
Organização de apoio	15	6,67%	Outro		
Usuário	0	0%			
Outros	0	0%			

Fonte: Elaboração do autor

Visando entender melhor a ligação dos respondentes com as atividades de inovação e agricultura de precisão, foi questionado também sobre o tempo de atuação com o tema da inovação, o que retornou média de 13,47 anos, sendo o máximo de 43 anos e o mínimo de 1 ano, com mediana de 9,50 anos, em que 75% dos respondentes atuam há mais de 5 anos com o tema. Já com a agricultura de precisão o tempo médio de atuação foi de 8,5 anos, sendo o máximo de 22 anos e o mínimo de 1 ano, com mediana de 8 anos, em que 75% dos respondentes atuam há pelo menos 4 anos com o tema, o que já era esperado pelo caráter mais recente desse campo, mas ainda assim um tempo de exposição que pode ser considerado satisfatório para os fins da pesquisa.

#### 4.2.2 Resultados quantitativos obtidos

A análise de dados oriundos das respostas ao questionário aplicado seguiu primeiramente uma análise descritiva, seguida de análise de correlação e aplicação da técnica de análise de regressão linear múltipla e suas principais premissas, conforme já descrito no tópico referente ao método, além da estatística descritiva básica.

Como resultados, tem-se, de início, a fase de desenvolvimento da tecnologia, apontada pela maioria dos respondentes como estando entre as fases de desenvolvimento (45,5%) e decolagem (27,27%), indicando que a maioria considera a aplicação comercial da tecnologia ainda como incipiente e, portanto, em desenvolvimento, dada a pergunta orientadora que a classificaria para a fase seguinte, de acordo com o questionário (Existe aplicação comercial?), sugerindo a aceitação da proposição empírica *p2: A agricultura de precisão no Brasil encontra-se na fase de desenvolvimento.*



Dentre os possíveis fatores que podem estar afetando esse desenvolvimento, ou a falta dele, alguns podem ser obtidos pelas respostas a outras questões do próprio questionário. Por exemplo, 77% dos respondentes consideram fracas ou muito fracas as atuais metas políticas em torno da tecnologia, enquanto 67,74% consideram que os objetivos definidos para a área na política agrícola, de gerar aumento de produtividade com redução de custos e danos ambientais, não são confiáveis, ou talvez não estejam claros a esse ponto. Outros 61,21% consideram como fraco ou muito fraco o alinhamento de visões e expectativas entre os atores envolvidos. Tudo isso sugere que existem falhas na articulação política institucional em torno do tema e na disseminação do conhecimento sobre o campo, pontos que compõem a função orientação da pesquisa, que obteve a pior avaliação entre as funções do sistema, seguida das funções mobilização de recursos, criação de legitimidade e troca de conhecimentos.

De modo geral, a percepção dos respondentes sobre a mobilização de recursos é pior quando se trata da qualificação da mão de obra e da formação de recursos humanos necessários para o avanço da tecnologia, considerada fraca ou muito fraca por 80,65%, e da disponibilidade de capital (investimentos, capital de risco, subsídios etc.) para o financiamento das atividades, considerada fraca ou muito fraca por 61,29% dos respondentes. Já os recursos referentes à infraestrutura física e material necessária para o desenvolvimento da agricultura de precisão foi considerada como um ponto forte ou muito forte por 54,84% dos respondentes, apontando para uma certa dissonância entre estrutura e processos nessa função, já que, de acordo com a pesquisa, avanços na infraestrutura não foram acompanhados de melhorias em relação ao acesso ao financiamento ou à formação profissional de qualidade, e nem alinhados às necessidades do setor.

A troca de conhecimentos é considerada problemática por 62% dos respondentes, enquanto que 67,74% destes consideram que esta função constitui uma barreira para que a tecnologia possa avançar a próxima fase de desenvolvimento. Isso se deve, em especial, à relação entre indústria e usuários, percebida como fraca por 67% dos pesquisados, e a fraca relação entre atores além das fronteiras geográficas, percebida como fraca por 61,29%, indicando a concentração do conhecimento desenvolvido em bolsões geográficos. Os respondentes indicaram também como fraca (74%) a troca de conhecimentos entre pesquisa e indústria, mas, como visto na etapa qualitativa, na verdade essa troca está

restrita a um grupo dominante, não sendo necessariamente fraca, mas problemática nesse sentido.

O teste de correlação indicou a existência de correlação positiva entre a fase de desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão e as funções do sistema analisadas pelo instrumento, exceto criação de legitimidade.

Os resultados da regressão indicam um ajustamento moderado do modelo, com  $R^2=0,435$  e  $R^2\text{Ajustado}=0,416$ . O valor do teste *Durbin-Watson*=1,941, indica ausência de auto correlação dos resíduos. Esse resultado significa dizer que, pelo menos, 41,6% do desenvolvimento da tecnologia podem ser explicados a partir das variáveis independentes elencadas no modelo. Esse ajuste moderado é aceitável considerando que este estudo não tem o objetivo de prever, mas tão somente investigar o funcionamento das funções. Além disso, a complexidade da inovação tecnológica como objeto de estudo é algo que demandaria uma análise mais aprofundada, caso o objetivo fosse a predição. Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes da regressão.

**Tabela 2.** Coeficientes da regressão

Modelo geral	Coeficientes padronizados		t	Sig.	Diagnóstico de colinearidade	
	Beta				Tolerância	VIF
(Constant)			-4,158	0,000		
Atividade empreendedora	0,250		3,883	0,000	0,651	1,537
Desenvolvimento de conhecimento	0,072		1,207	0,229	0,762	1,312
Troca de conhecimento	0,657		9,058	0,000	0,514	1,945
Orientação da pesquisa	-0,280		-3,611	0,000	0,449	2,228
Formação de mercado	-0,080		-1,346	0,180	0,764	1,309
Mobilização de recursos	0,110		1,843	0,067	0,760	1,316
Criação de legitimidade	0,083		1,523	0,129	0,907	1,103

a. Variável dependente: Fase de desenvolvimento da tecnologia

**Fonte:** Elaboração do autor.

Os dados da regressão indicam a troca de conhecimentos como a função mais influente sobre o modelo, ao contrário da atividade empreendedora, como esperado e proposto pela hipótese descritiva *Hp2a*. *A atividade empreendedora é a função do sistema mais influente nesta fase*, indicando a rejeição desta.

Alinhadas, a troca de conhecimentos é uma função que, neste estágio, mantém boa correlação positiva com a atividade empreendedora (0,400  $p=0,000$ ), outra função influente no modelo, que por sua vez mantém também boa correlação positiva com o desenvolvimento de conhecimento (0,366  $p=0,000$ ), sugerindo a aceitação da hipótese descritiva *Hp2b*. *Existe correlação positiva entre a atividade empreendedora*

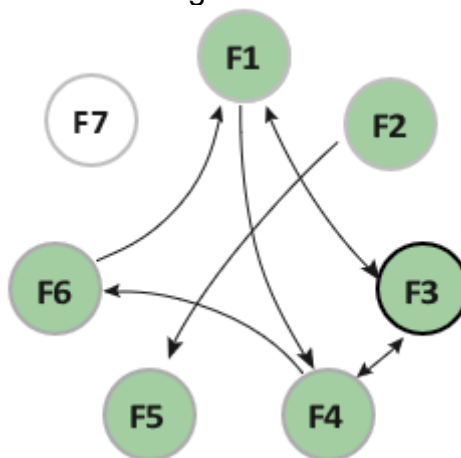
e o desenvolvimento de conhecimento. A tabela completa de correlações é apresentada como Apêndice E.

Ademais, também são passíveis de aceitação as hipóteses descritivas *Hp2c*, *Hp2d* e *Hp2e*, haja vista que os resultados da correlação confirmam essa suposição para troca de conhecimentos (0,400  $p=0,000$ ), orientação da pesquisa (0,439  $p=0,000$ ) e mobilização de recursos (0,360  $p=0,000$ ), indicando que a atividade empreendedora é favorecida em um cenário com direcionamento sobre o caminho a ser trilhado pela tecnologia, com fortes relações de troca e investimentos em infraestrutura, qualificação e acesso ao capital.

Entre as funções com melhor percepção dos respondentes está justamente a atividade empreendedora, seguida por desenvolvimento de conhecimento e formação de mercado. No geral, os pesquisados consideram haver um forte ou muito forte movimento de entrada de novas empresas (78,31%) e de inovação entre as indústrias (45,17%), assim como percebem a qualidade (61,29%) e quantidade (58,06%) do conhecimento desenvolvido como forte ou muito forte, indicando a necessidade de ajustes nas demais funções para responder às necessidades do sistema e de desenvolvimento da tecnologia.

A partir dos dados de correlação entre as variáveis investigadas, que demonstram as interdependências entre as funções do sistema na sua fase de desenvolvimento, tornou-se possível propor visualmente como estas interações ocorrem, reeditando a Figura 4, de Hekkert et al. (2011), apresentada na Figura 10.

**Figura 10.** Padrão funcional da tecnologia na fase de desenvolvimento



**Fonte:** elaborada pelo autor.

A Figura 10 exibe a função troca de conhecimentos (F3) como a função mais importante do sistema ( $\beta=0,657$   $p=0,000$ ), interagindo mutuamente com as funções orientação da pesquisa (F4:0,674  $p=0,000$ ) e atividade empreendedora (F1:0,400  $p=0,000$ ), sugerindo que existe uma relação dinâmica de mútua alimentação e retroalimentação bastante relevante, tanto para impulsionar o surgimento de novos negócios na área tecnológica, como para a definição dos rumos a serem seguidos pela pesquisa e desenvolvimento. A orientação da pesquisa também (F4) também influencia a mobilização de recursos (F6:0,407  $p=0,000$ ) a serem destinados a esse campo, que por sua vez influencia no vigor da atividade empreendedora (F1:0,360  $p=0,000$ ), sugerindo que quanto mais recurso mobilizado para a área, maior a possibilidade de novos negócios surgirem. Interessante observar também que o conhecimento desenvolvido (F2) pode atuar como direcionador do mercado em formação (F5:0,376  $p=0,000$ ).

### **4.3 Discussão dos resultados**

Ainda que os resultados encontrados sejam únicos e válidos apenas para o campo da agricultura de precisão brasileira, haja vista os objetivos definidos para o estudo, alguns achados e percepções sobre este campo podem gerar desdobramentos teóricos ou empíricos e, com este intento, devem ser cotejados frente à literatura para melhor compreensão.

A princípio, vale recapitular que a análise proposta neste estudo visava ao entendimento da inovação em agricultura de precisão pelas atividades de inovação a ela vinculadas, tal como definidas no Manual de Oslo (OECD, 2005, p.56) como as etapas científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais que conduzem ou podem conduzir a uma inovação, e não como um produto de inovação acabado e comercializável, como proposto por Tidd e Bessant (2015, p.19). Essa lógica implicou em observar as relações estabelecidas em torno dos projetos de inovação visando ao cumprimento dessas atividades para identificar o que tem favorecido ou dificultado seu desenvolvimento, ao invés de uma avaliação ou análise da implementação da inovação em si.

Pelo que foi observado, a forma como as diversas organizações vêm atuando nesse campo segue a lógica da estratégia de atuação da Rede Agricultura de Precisão, com um modelo mais aberto, voltado, em certa medida, para as

necessidades do setor, assemelhando-se ao modelo interativo de inovação Kline-Rosenberg, atestando a sua aplicação, além da firma, também em redes com diferentes organizações, universidades e centros de pesquisa, como sugerido por Hasenclever e Tigre (2013). Embora a concentração de um grupo dominante identificado possa ter consequências negativas, não chega a impactar sobremaneira nesse modelo interativo que tem sido conduzido por este mesmo grupo e gerado o desenvolvimento identificado até o momento nesse campo.

A forma como o setor está organizado, principalmente no tocante à atuação dos consultores prestadores de serviços em agricultura de precisão e sua trajetória de desenvolvimento no Brasil, bem como o aprendizado decorrente das falhas ocorridas inicialmente com o lançamento da tecnologia pela indústria, são fatores que podem contribuir no sentido de um processo inovativo mais participativo.

Apesar disso, persiste, tanto na Rede AP quanto na extrapolação para a configuração do sistema de inovação tecnológica, a ausência de participação do produtor/usuário final da tecnologia no desenvolvimento da inovação, podendo gerar ativos pouco intuitivos a esse público, identificado como um processo dificultador da adoção, já que, conforme visto em Zanello et al. (2016), a facilidade de uso da tecnologia é um fator preponderante nesse processo.

A marginalização do produtor/usuário final da tecnologia nas atividades de inovação pode ser resquício da forma como essa inovação começou a ser comercializada no país, como bem tecnológico em si capaz de gerar maior lucratividade. Porém, para que sejam alcançados os objetivos definidos para essa tecnologia a partir do conceito difundido pela Embrapa como modelo gerencial (INAMASU; BERNARDI, 2014), pode-se perceber da análise a necessidade de intensificação e alinhamento das políticas de educação e treinamento, pesquisa acadêmica, indústria e organizações setoriais, dando ciência à questão da variabilidade e à utilidade da agricultura de precisão para esse fim, considerando os apontamentos de Zanello et al. (2016) sobre a difusão tecnológica.

Uma análise comparativa entre as Figuras 3 (p.45) e 6 (p.79) contribui para o entendimento da importância do produtor/usuário final nesse processo, dadas as diferenças entre a geração de ativos de inovação em campo experimental controlado e os fatores que influenciam na adoção da inovação, principalmente relacionados a sua natureza e características.

Em princípio, o quadro teórico de sistemas de inovação, como visto em Watkins et al. (2015), considera a ação coletiva de governos, universidades, atividades empresariais, organizações intermediárias, instituições financeiras e sociedade civil, sob um determinado aparato institucional, como preponderante para a geração e difusão de uma inovação em uma economia nacional.

No entanto, apesar do crescimento econômico verificado em torno do agronegócio e mesmo dos resultados da aplicação da agricultura de precisão como dito em Werlang (2018), os dados das redes mostram que, embora haja interações importantes ocorrendo, estas têm estado restritas a um grupo dominante de organizações de pesquisa e industriais, sendo necessária alguma cautela e reflexão quanto à capacidade desse sistema em gerar desenvolvimento econômico endógeno, para além de crescimento econômico localizado, como defendido pelos teóricos da economia evolucionária (NELSON; WINTER, 1982; FREEMAN, 1982; POSSAS, 2008; CUNHA; BOSZCZOWSKI; FACCO, 2011).

Parte desta cautela deve-se à fraca atuação dos órgãos governamentais na orientação estratégica de pesquisa e consecução de políticas que favoreçam o desenvolvimento da tecnologia, o que tem sido um fator processual absolutamente negativo para o sistema, haja vista que caberia ao Estado, por exemplo, a adequação do sistema de educação para as necessidades do setor, de acordo com o National Research Council (1997), e que, como visto, não tem sido feita, gerando incerteza sobre o real interesse do governo em fomentar a tecnologia como definido na ENCTI (MCTIC, 2016) e contribuindo para o agravamento de falhas já existentes no sistema, dada a complementariedade entre as funções como visto em Hekkert (2011) e a correlação existente e verificada entre as diferentes funções nos dados quantitativos.

Além disso, o conceito de sistema de inovação tecnológica defendido por Carlsson e Stankiewicz (1991) pressupõe uma infraestrutura institucional particular sobre uma rede dinâmica de agentes interagindo nas áreas econômica e industrial, o que não pode ser afirmado a partir deste estudo. Embora tenha sido verificada a existência de um sistema complexo de interações retratado em rede, ainda que explorado neste estudo apenas superficialmente, e atestando a aceitação da proposição de um sistema de inovação tecnológica relacionado à agricultura de precisão, não se verifica um aparato institucional tão específico quanto demandariam essas atividades para se configurar num sistema. Embora os atores e a infraestrutura existentes componham os elementos necessários para essa caracterização, as

políticas e instituições que atuam sobre essas atividades são gerais do ambiente de inovação brasileiro.

A respeito disso, a literatura sobre os padrões funcionais em Hekkert et al. (2011) sugere que com a tecnologia na fase de desenvolvimento, como identificado para a agricultura de precisão, seria esperado que a atividade empreendedora fosse a função mais importante, impulsionando a geração de ativos que contribuíssem para seu avanço. Para este caso, no entanto, verificou-se que a troca de conhecimentos mostrou-se mais relevante, o que parece fazer sentido tendo em vista que percentual significativo do conhecimento necessário para que a tecnologia chegue a esta fase deve ter sido desenvolvido na fase anterior e necessita transpor barreiras por meio de trocas para gerar aplicação e crescimento. A correlação identificada entre as funções troca de conhecimentos e atividade empreendedora, por sua vez, permite supor que as relações estabelecidas nessas trocas podem favorecer também o surgimento de novas empresas, a exemplo das *startups* agro.

Uma observação deve ser feita a esse respeito, já que os participantes da pesquisa apontaram que a tecnologia de agricultura de precisão encontra-se na fase de desenvolvimento no Brasil, indicando se tratar de um sistema incipiente, em que é esperado um maior protagonismo das organizações de pesquisa pública no desenvolvimento de conhecimento que torne a exploração comercial viável pelo capital privado, conforme sugerido em Salerno e Kubota (2008), o que tem sido feito sobremaneira pela Embrapa de forma quase isolada, com algum protagonismo de ESALQ/USP e POLI/USP, faltando sinergia com outras organizações nesse sentido, principalmente universidades e faculdades privadas e órgãos governamentais.

Tudo isso demonstra que existe uma dissonância entre estrutura e processos em relação às atividades de inovação em agricultura de precisão. Isso porque, embora existam atores relevantes e bem posicionados em um ambiente sistêmico, o funcionamento das atividades tem estado aquém do esperado para o setor. Corrobora com esse entendimento a comparação de Spielman e Birner (2008) sobre os diferentes arranjos de suporte à pesquisa agrícola (SNPA, SICA e SIA), onde se verifica, principalmente nas características definidoras mecanismo de inovação e papel da política, que o sistema analisado está mais próximo de um sistema de informação e conhecimento do que de um sistema de inovação.





## 5 CONCLUSÕES

O principal objetivo definido para o presente estudo foi de analisar as atividades de inovação em agricultura de precisão desenvolvidas no Brasil, enfatizando as estruturas e processos que as suportam ou dificultam, a partir da identificação de sua estrutura social, funcionamento sistêmico e processos dominantes. Mais do que uma resposta direta a essa questão, buscou-se realizar uma reflexão geral sobre o campo da agricultura de precisão, sua trajetória, e como seu desenvolvimento tem impactado na área. É claro que por conta das limitações típicas da pesquisa isso se reduz a um subconjunto dessas coisas, mas no momento em que se observa esse subconjunto fica claro o que está acontecendo, porque é uma parte de um todo.

Os resultados encontrados evidenciam que a agricultura de precisão no Brasil tem ainda um longo caminho a ser percorrido para se consolidar como uma inovação tecnológica amplamente difundida e aceita na produção agrícola nacional, especialmente porque não é uma inovação típica de produto a ser implantado, mas uma inovação organizacional e de processo, que requer mudanças no modo de operação das propriedades agrícolas para que possa gerar o resultado esperado de maior produtividade e menor impacto ambiental.

Por outro lado, esse caminho passa principalmente pela formulação e execução de políticas públicas mais diretas para o setor agrícola, que considere essa necessidade de mudança no paradigma produtivo, visando maior agregação de valor à produção, não somente pela adoção de tecnologia propiciada pelas atuais políticas de financiamento, mas também por um conjunto de fatores que propicie o desenvolvimento da cadeia produtiva como um todo, o que implica políticas de educação, logística e inovação propriamente dita.

Do ponto de vista do funcionamento do sistema de inovação tecnológica, essas políticas poderiam contribuir para sanar problemas identificados de alinhamento organizacional em relação aos objetivos da tecnologia, considerando que, apesar da avaliação positiva em relação às infraestruturas de pesquisa e desenvolvimento de conhecimento, existe uma deficiência nas relações de troca, com uma concentração desse conhecimento desenvolvido em um grupo dominante do processo de inovação, o que prejudica o avanço da tecnologia tendo em vista a maior importância da função de troca de conhecimentos para esse quadro.

Essa constatação consolida a percepção, a partir da análise das entrevistas e dos questionários, de que existem mais estruturas que suportam e mais processos que dificultam as atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil, principalmente relacionados ao envolvimento do produtor/usuário final da tecnologia nos processos de inovação e à articulação político-organizacional em nível macro para sua difusão como preceituado pela Embrapa.

A esse respeito, a análise criteriosa das entrevistas permite propor, a partir da lógica do discurso dos entrevistados, que o estudo qualitativo de sistemas de inovação tecnológica possa ser feito considerando quatro categorias de análise: *i)* desenvolvimento e compartilhamento de conhecimentos; *ii)* articulação organizacional; *iii)* políticas de apoio; e *iv)* difusão da tecnologia. Essa categorização não interfere na análise das funções do sistema.

Sobre os padrões funcionais em sistemas de inovação tecnológica, cabe esclarecer que suas relações entre funções e a influência de umas sobre as outras, vista no referencial conceitual, não devem ser tomadas como verdade absoluta. Parece plausível que, pelo que se viu neste estudo, essa relação varia de acordo com a tecnologia em análise e em função de fatores externos que com ela interagem, além da fase de desenvolvimento da tecnologia, como políticas, infraestruturas e densidade de relacionamentos entre organizações.

Em que pese a atuação da Rede Agricultura de Precisão como principal *hub* de comunicação entre a Embrapa, o setor produtivo, a indústria e a academia, tendo assumido o papel de principal direcionador das políticas na área de agricultura de precisão, a partir da Embrapa, é necessário refletir que esta organização é uma empresa de pesquisa pública e não um órgão com missão de ser formulador de políticas públicas, embora deva participar ativamente desse processo. Logo, está assumindo um papel que usualmente não lhe caberia.

A questão não é, obviamente, a capacidade da Embrapa em desempenhar esse papel, visto que possui relevância no campo científico e importância estratégica construída ao longo dos anos atuação em pesquisa agrícola, o que salta desse entendimento é até quando ou até que ponto conseguirá se avançar no desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão tendo a Embrapa como principal organização envolvida e direcionadora desse processo, sem o envolvimento sistemático de outras organizações públicas que detenham o poder de articulação e formulação de políticas?

O questionamento é motivado em grande parte pela ausência governança verificada no sistema de inovação tecnológica analisado, com uma certa omissão dos órgãos responsáveis pela condução das políticas agropecuárias e de inovação no Brasil: o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, que apesar de nomearem em documentos a importância desse campo, não têm desempenhado papel condizente com suas responsabilidades e necessidades do setor quanto, principalmente, à difusão da tecnologia.

Um caminho a ser seguido nessa perspectiva da necessidade de difusão poderia ser, por exemplo, a inclusão das Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) no sistema, hoje representadas apenas pelas Empresas dos Estados de Paraná e Santa Catarina.

Essa ausência traduz-se também no papel que as grandes multinacionais exercem nesse sistema, atualmente estando apenas como grandes receptoras dos benefícios gerados pela proximidade com Embrapa e universidades, como comprovado neste estudo, sem retorno à altura em termos de investimento em PD&I e nacionalização de tecnologia.

A produção agrícola nacional e a atividade agropecuária como um todo têm sido foco de atenção na pesquisa acadêmica, para além das Ciências Exatas e da Terra, também em programas de gestão tecnológica, administração e políticas públicas, dado o papel importante que tem assumido a cada ano no PIB brasileiro, demonstrando a interdisciplinaridade do tema. Porém, durante a realização desta pesquisa foi perceptível a falta de flexibilidade desse campo da pesquisa com as demais áreas do conhecimento. Via de regra os trabalhos desenvolvidos no campo da agricultura de precisão estão restritos, em termos de produção científica (pesquisa e publicação) e relações com atores diversos, à área de engenharia agrícola, dificultando a inserção do campo na agenda da política pública, já que tradicionalmente não frequenta os mesmos ambientes que as áreas do conhecimento mais próximas a esta.

A menos que essas barreiras sejam rompidas, da forma como está organizada hoje, com concentração da pesquisa e desenvolvimento de conhecimento e ativos de inovação, é difícil imaginar que esse campo possa cumprir sua missão de gerar desenvolvimento econômico em sentido stricto, para além de crescimento econômico localizado.

A principal falha, por esse lado, parece ser política, de articulação institucional fraca que não conseguiu ainda incluir a agricultura de precisão na agenda estratégica nacional, embora conste em documentos da área de inovação. O sistema identificado e analisado contém todos os elementos constitutivos de um sistema de inovação tecnológica (indústria, pesquisa, governo, organizações de apoio etc.), porém o aparato institucional geral e pouco específico e falta de direcionamento político faz com que sua atuação fique aquém do desejado.

A agricultura de precisão não é determinística de desenvolvimento. É necessário que os governos e as instituições de ensino estejam atentos a esse contexto, porque existe a necessidade de interligação entre as diferentes áreas de desenvolvimento com reflexos em áreas diferentes: a educação tem reflexos na agricultura, que tem reflexos na saúde, etc. Isso pressupõe o entendimento de que a área é um sistema complexo dependente de muitas variáveis que precisam ser reconhecidas.

Uma das principais é a formação de profissionais qualificados e capacitados para a mudança no paradigma de produção agrícola. Com a agricultura de precisão, a necessidade de formação de mão de obra recai sobre o desenvolvimento da eletrônica, o que exige um perfil de profissional agrônomo e de áreas correlatas com formação em áreas eletrônica, mecatrônica, tecnologia da informação, elaboração e extração de banco de dados etc.

Com a agricultura de precisão e todas as tecnologias a ela relacionadas, o Brasil tem a oportunidade de fixar-se como grande competidor mundial no mercado de *commodities* agrícolas também pela diferenciação tecnológica e menor impacto ambiental do que qualquer outro produtor mundial foi capaz de alcançar, com elevado nível de desenvolvimento produtivo e tecnológico, sem a destruição de sua biodiversidade nas áreas de floresta como aconteceu em países da Europa e partes dos Estados Unidos. Resta saber se as falhas sistêmicas em suas estruturas e processos identificados até aqui serão corrigidas no tempo que a rápida mudança tecnológica exige.

Nessa perspectiva, é importante mencionar também os efeitos a montante da agricultura de precisão na indústria de máquinas e equipamentos, no contexto da automação agrícola, contribuindo para o avanço da área industrial em alinhamento às necessidades do setor agronegócio. Esses efeitos, contudo, carecem de políticas

melhor desenhadas para o propósito da área, de gerar desenvolvimento econômico com redução de impacto ambiental.

Como sugestões para trabalhos futuros, cabem investigações que aprofundem os resultados da agricultura de precisão para o conjunto de recursos naturais envolvidos na produção agrícola, possivelmente pelo quadro teórico da modernização ecológica da agricultura, aprofundando a discussão da relação entre a agricultura de precisão e a sustentabilidade na produção agrícola.

A falta de orquestração entre a formação de mão de obra qualificada para essa indústria e as demandas de crescimento do setor, bem como a existência de grupos dominantes nesse processo e sua influência sobre a governança pública das políticas de financiamento para a geração de inovações nesse campo, são outros pontos que poderiam ser aprofundados, especialmente quanto às implicações para o desenvolvimento econômico em comparação com outros países competitivos no setor.

A ausência de inserção da agricultura de precisão no currículo de formação da graduação em Agronomia foi tido aqui como problemática por indicar que a formação profissional da área tem ocorrido sem que os capacitados tenham pelo menos contato inicial com o tema, podendo dificultar o desenvolvimento da área, porém cabe, em pesquisas futuras, o aprofundamento dessa discussão com estudos comparativos entre esta realidade e o que se verifica em outros países onde a agricultura de precisão encontra-se em nível equivalente ou superior de desenvolvimento.



## REFERÊNCIAS

- ADENLE, A. A.; AZADI, H.; ARBIOL, J. Global Assessment of technological innovation for climate change adaptation and mitigation in developing world. **Journal of Environmental Management**, v.161, p.261-275, sep. 2015.
- ALAMO, S; RAMOS, M. I.; FEITO, F. R.; CAÑAS, J. A. Precision techniques for improving the management of the olive groves of southern Spain. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.10, n.3, p.583-595, 2012.
- ALEKE, B.; OJIAKO, U.; WAINWRIGHT, D. W. ICT adoption in developing countries: perspectives from small-scale agribusinesses. **Journal of Enterprise Information Management**, v.24, n.1, p.68-84, 2011.
- ANDRADE, L. P.; BRITO, M. J.; BAETA, O. V. Contribuições do pragmatismo para a estratégia como prática social. **Espacios**, v.37, n.07, p.15, 2016.
- ANDREWS, D.; CRISCUOLO, C.; GAL, P. Frontier firms, technology diffusion and public policy: micro evidence from OECD countries. **OECD Productivity**, Working Papers No. 2. Paris, OECD publishing, 2015.
- ANPEI. **Mapa do Sistema Brasileiro de Inovação**. Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras: Comitê interação ICT-Empresa; Comitê de fomento à inovação, 2014.
- ANSELMINI, E. A. **Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios), Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- ANTOLINI, L. S. **Condicionantes de adoção de agricultura de precisão por produtores de grãos**. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2015.
- ARBIX, G. Dilemas da inovação no Brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Orgs.) **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**, p.47-80. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2017.
- AUBERT, B. A.; SCHROEDER, A.; GRIMAUDO, J. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. **Decision Support Systems**, v.54, n.1, p.510-520, 2012.
- BARBOSA, M. A. C.; NEVES, F. E. B.; SANTOS, J. M. L.; CASSUNDÉ, F. R. S.; CASSUNDÉ JR, N. F. "Positivismos" versus "interpretativismos": o que a administração tem a ganhar com esta disputa? **Revista Organizações em Contexto**, v.9, n.17, p.01-29, 2013.
- BASKERVILLE, R.; BUNKER, D.; OLAISEN, J.; PRIES-HEJE, J.; LARSEN, T. J.; SWANSON, B. E. Diffusion and Innovation Theory: Past, Present and Future Contributions to Academia and Practice. Creating Value for All Through IT. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v.429, pp.295-300, 2014.
- BASU, S.; LEEUWIS, C. Understanding the rapid spread of System of Rice Intensification (SRI) in Andhra Pradesh: Exploring the building of support networks and media representation. **Agricultural Systems**, v.111, p.34-44, sep. 2012.

- BATISTA, J. A. **Adoção da agricultura de precisão na Amazônia: estudo de caso na região cone sul do estado de Rondônia**. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão), Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Colégio Politécnico. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016.
- BERNARDI, A. C. C. et al. (Org.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Adoção da Agricultura de Precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (Org.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**, p.569-577. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- BERGEK, A.; JACOBSSON, S.; CARLSSON, B.; LINDMARK, S.; RICKNE, A. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**, v.37, n.3, p.407-429, 2008.
- BIN, A. et al. Organization of Research and Innovation: a Comparative Study of Public Agricultural Research Institutions. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.8, Special Issue ALTEC, p.209-218, 2013.
- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision Agriculture and Sustainability. **Precision Agriculture**, v.5, n.4, p.359-387, 2004.
- BORGATTI, S.P.; EVERETT, M.G.; FREEMAN, L.C. **Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis**. Harvard: Analytic Technologies, 2002.
- BORGATTI, S.P.; EVERETT, M.G.; JOHNSON, J.C. **Analyzing Social Networks**. Sage Publications, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 - Institui a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n. 184. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm)>.
- BROILO, P. L.; SILVA, R. G. S.; FRIIO, R. S.; OLEA, P. M.; NODARI, C. H. Abordagens mistas na pesquisa em Administração: uma análise bibliométrica do uso de multimétodos no Brasil. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v.16, n.1, p.9-39, jan/mar 2015.
- BUSSE, M.; DOERNBERG, A.; SIEBERT, R.; KUNTOSCH, A.; SCHWERDTNER, W.; et al. Innovation mechanisms in German precision farming. **Precision Agriculture**, v.15, n.4, p.403-426, 2014.
- CAMPOLINA, B. A estrutura do sistema de inovação em ciências agrárias no Brasil. In: DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. (Orgs.) **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**, p.419-464. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA-FINEP-CNPq, 2016.
- CARLSSON, B.; JACOBSSON, S.; HOLMÉN, M.; RICKNE, A. Innovation systems: analytical and methodological issues. **Research Policy**, v.31, n.2, p.233-245, 2002.
- CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, v.1, n.2, p.93-118, 1991.
- CARVALHO, L. N. **Arranjos institucionais e o novo marco legal da ciência, tecnologia e inovação**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Públicas),



Escola de Administração de Empresas de São Paulo. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2016.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de Inovação e Desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p.34-45, 2005.

CHEN, X.; ZHAO, S. Research on the evaluation model of Chinese enterprises technological innovation system: from a perspective of complex system. **Chinese Management Studies**, v. 6, n.1, p.65-77, 2012.

CIRANI, C. B. S.; DIAS DE MORAES, M. A. F. PÊSSOA. L. C.; DA SILVA, D. Uma análise de inovação a partir do estudo da adoção e uso de tecnologias de agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira paulista. **Revista de Administração e Inovação**, v.7, n.4, p.186-205, out/dez, 2010.

CONDE, M. V. F.; ARAÚJO-JORGE, T. C. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.8, n.3, p.727-741, 2003.

COCK, J.; OBERTHÜR, T.; ISAACS, C.; LÄDERACH, P. R.; PALMA, A. et al. Crop management based on field observations: case studies in sugarcane and coffee. **Agricultural Systems**, v.104, n.9, p.755-769, 2011.

COOKE, P. Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. **Industrial and Corporate Change**, v.10, n.4, p.945-74, 2001.

CORAZZA, R. I.; FRACALANZA, P. S. Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.14, n.2, p.127-155, maio-agosto de 2004.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CUNHA, S. K.; BOSZCZOWSKI, A. K.; FACCO, C. A. Ecologização do Sistema Setorial de Inovação da Soja no Brasil. **Agroalimentaria**, vol. 17, nº 32, p.71-86, enero-junio 2011.

DALITZ, R.; HOLMÉN, M.; SCOTT-KEMMIS, D. How do innovation systems interact? Schumpeterian innovation in seven Australian sectors. **Prometheus**, v.30, n.3, p.261–289, 2012.

DAVIS, F. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. **MIS Quarterly**, v.13, n.3, p.319-340, 1989.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA-FINEP-CNPq, 2016.

DE NEGRI, F. Por uma nova geração de políticas de inovação no Brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Orgs.) **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**, p.25-46. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2017.

DI BENEDETTO, C. A. **Diffusion of Innovation**. Wiley Encyclopedia of Management, v.13, p.1-5, 2015

DOLOREUX, D.; PARTO, S. Regional innovation systems: current discourse and unresolved issues. **Technology in Society**, v.27, n.2, p.133–153, 2005.

DOSI, G. The nature of innovative process. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (Orgs.). **Technical change and economic theory**. Londres-Nova York: Printer Publishers, 1988.

DOSI, G.; GRAZZI, M.; MATHEW, N. The cost-quantity relations and the diverse patterns of “learning by doing”: Evidence from India. **Research Policy**, v.46, n.10, p.1873-1886, 2017.

DUTRÉNIT, G.; RIVERA-HUERTA, R.; VERA-CRUZ, A. O. Knowledge flows and linkage with universities: the vision of Mexican farmers. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v.3, Art 16, 2016.

EASTWOOD, C.; KLERKX, L.; NETTLE, R. Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: Case studies of the implementation and adaptation of precision farming technologies. **Journal of Rural Studies**, v.49, p.1-12, jan. 2017.

EASTWOOD, C.; TROTTER, M.; SCOTT, N. Understanding the user: learning from on-farm application of precision farming technologies in the Australian livestock sector. **Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering**, v.10, n.1, p.41-50, 2013.

EASTWOOD, C. R.; CHAPMAN, D. F.; PAINE, M. S. Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. **Agricultural Systems**, v.108, p.10-18, apr. 2012.

EDSAND, H.-E. Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context. **Technology in Society**, v.49, p.1-15, 2017.

EMBRAPA. Secretaria de Comunicação. **Embrapa em Números**. Brasília: Embrapa, 2017.

EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **VI Plano Diretor da Embrapa: 2014-2034**. Brasília: Embrapa, 2015.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v.31, n.90, p.23-48, 2017.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. National innovation systems, capabilities and economic development. **Research Policy**, v.37, n.9, p.1417–1435, 2008.

FAO. **How to feed the World in 2050**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ONU, 2013.

FAR, S. T.; REZAEI-MOGHADDAM, K. Impacts of the precision agricultural technologies in Iran: An analysis experts’ perception & their determinants. **Information Processing in Agriculture**, v.5, n.1, p.173-184, 2018.

FELIPE, E. S. As instituições e os neo-schumpeterianos: a noção de aprendizado a partir do pilar cognitivo das instituições. **Pesquisa & Debate**, São Paulo, v.19, n.1 (33), p.15-32, jan./jun. 2008.

FIANI, R. **Arranjos institucionais e desenvolvimento: o papel da coordenação em estruturas híbridas**. Texto para discussão 1815. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília-Rio de Janeiro: IPEA, 2013.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: UNICAMP, 2008.

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation**. London: Frances Pinter Pub, 1982.

FREIRE, J. R. S.; SANTOS, I. C.; SAUER, L. Knowledge generation in agricultural research. **Ciência Rural**, v.46, n.7, p.1301-1307, 2016.

GELINSKI JÚNIOR, E.; COSTA, A. D.; GONÇALVES, F. O.; DUENHAS, R. A. Sistema de Inovação do Agronegócio Brasileiro? Dualismo estrutural-tecnológico e desafios para o desenvolvimento do país. **Desenvolvimento em Questão**, v.12, n.28, p.279-317, 2014.

GIL, A. C.; OLIVA, E. C.; NOVAES, M. B. C.; SILVA, E. C. Fundamentos científicos da gestão para o desenvolvimento da regionalidade. **Revista de Ciências da Administração**, v.14, n.35, p.68-81, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIRARD, N. Knowledge at the boundary between science and society: a review of the use of farmers' knowledge in agricultural development. **Journal of Knowledge Management**, v.19, n.5, p.949-967, 2015.

GLOBAL INNOVATION INDEX 2017. **Innovation Feeding the World**. 10th ed. Cornell INSEAD WIPO, 2017.

GLOBO RURAL. **O que é agricultura de precisão?** Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Tecnologia-no-Campo/noticia/2015/12/o-que-e-agricultura-de-precisao.html>> Publicado em 06 de dezembro de 2015. Acesso em: 23 de junho de 2018.

GOLLIN, D.; MORRIS, M.; BYERLEE, D. Technology adoption in intense post-green revolution systems. **American Journal of Agricultural Economics**, v.87, n.5, p.1310-1316, 2005.

GOMES, F. P.; ARAUJO, R. M. Pesquisa quanti-qualitativa em administração: uma visão holística do objeto em estudo. **Anais... VIII Semead – Seminários em Administração**. São Paulo: FEA/USP, 2005.

GOUVÊA, M. A.; PREARO, L. C.; ROMEIRO, M. C. Avaliação da adequação de aplicação de técnicas multivariadas em estudos do comportamento do consumidor em teses e dissertações de duas instituições de ensino superior. **Revista de Administração**, v.47, n.2, p.338-355, 2012.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6.ed. São Paulo: Bookman, 2009.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANNEMAN, R. A.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. Riverside: University of California, 2005.

HASENCLEVER, L. TIGRE, P. B. Estratégias de inovação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**, p.253-261. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

HEKKERT, M. P.; NEGRO, S. O.; HEIMERIKS, G.; HARMSSEN, R. **Technological Innovation System analysis: A manual for analysts**. Utrecht University, 2011.

- HEKKERT, M. P.; NEGRO, S. O. Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. **Technological Forecasting & Social Change**, v.76, n.4, p.584–594, 2009.
- HEKKERT, M. P.; SUURS, R. A. A.; NEGRO, S. O.; KUHLMANN, S.; SMITS, REHM. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting & Social Change**, v.74, n.4, p.413–432, 2007.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (Org.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**, p.21-33. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- INAMASU, R. Y. et al. Estratégia de implantação, gestão e funcionamento da Rede Agricultura de Precisão. In: INAMASU, R. Y. et al. (Org.). **Agricultura de Precisão: um novo olhar**, p.31-40. Brasília, DF: Embrapa, 2011.
- JACOBSSON, S.; BERGK, A. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology. **Industrial and Corporate Change**, v.13, n.5, p.815-849, 2004.
- JOFFRE, O. M.; KLERKX, L.; DICKSON, M.; VERDEGEM, M. How is innovation in aquaculture conceptualized and managed? A systematic literature review and reflection framework to inform analysis and action. **Aquaculture**, v.470, p.129-148, march 2017.
- KEBEDE, K. Y.; MITSUFUJI, T. Technological innovation system building for diffusion of renewable energy technology: A case of solar PV systems in Ethiopia. **Technological Forecasting & Social Change**, v.114, p.242–253, 2017.
- KLERKX L.; VAN MIERLO B.; LEEUWIS C. Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. In: DARNHOFER I.; GIBBON D.; DEDIEU B. (eds.) **Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic**. Springer, Dordrecht, 2012.
- KÖNIG, B.; KUNTOSCH, A.; BOKELMANN, W.; DOERNBERG, A.; SCHWERDTNER, W. et al. Analysing agricultural innovation systems: a multilevel mixed methods approach. **Anais...** 131st EAAE Seminar 'Innovation for Agricultural Competitiveness and Sustainability of Rural Areas'. Prague, Czech Republic, September 18-19, 2012.
- LAI, X.; YE, Z.; XU, Z.; HOLMES, M. H.; LAMBRIGHT, W. H. Carbon capture and sequestration (CCS) technological innovation system in China: Structure, function evaluation and policy implication. **Energy Policy**, v.50, p.635-646, 2012.
- LEÃO, A. L. M. S.; MELLO, S. C. B.; VIEIRA, R. S. G. O papel da teoria no método de pesquisa em administração. **Revista Organizações em Contexto**, v.5, n.10, p. 01-16, 2009.
- LEMOS, D. C.; CARIO, S. A. F. Os sistemas nacional e regional de inovação e sua influência na interação universidade-empresa em Santa Catarina. **REGE – Revista de Gestão**, v.24, n.1, p.45-57, 2017.
- LIMA, V. A.; MÜLLER, C. A. S. Inovação como estratégia competitiva de pequenas empresas: estudo de casos com farmácias participantes do programa Agentes Locais de Inovação em Rondônia. **REEN - Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v.10, n.3, p.47-79, 2017a.

- LIMA, V. A.; MÜLLER, C. A. S. Why do small businesses innovate? Relevant factors of innovation in businesses participating in the Local Innovation Agents program in Rondônia (Amazon, Brazil). **RAI - Revista de Administração e Inovação**, v.14, p.290-300, 2017b.
- LUNDEVALL, B. Å. National innovation systems — analytical concept and development tool. **Industry and Innovation**, v.14, n.1, p.95-119, 2007.
- LUNDEVALL, B. Å. **National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool**. Paper to be presented at the DRUID-Conference in Copenhagen, 27-29 June, 2005.
- LUNDEVALL, B. Å. **National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Pinter Publishers, 1992.
- LUNDEVALL, B. Å. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (Orgs.). **Technical change and economic theory**. Londres-Nova York: Printer Publishers, 1988.
- MACMILLAN, T.; BENTON, T. G. Engage farmers in research. **Nature**, v.509, n.7498, p.25-27, 2014.
- MALERBA, F. Sectoral system of innovation and production. **Research Policy**, v.31, n.2, p.247-264, 2002.
- MAMEDE, M.; RITA, L. P. S.; SÁ, E. M. O.; RAFAELLI, V.; GADELHA, D. P.; SOUSA JUNIOR, C. C.; UGGIONI, N. Sistema nacional de inovação: uma análise dos sistemas na Alemanha e no Brasil. **NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia**, v.6, n.4, p.6-25, 2016.
- MAPA. **Agropecuária cresceu 13% em 2017**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-cresceu-13-em-2017>> Publicado em 01 de março de 2018. Acesso em: 23 de junho de 2018.
- MARKARD, J.; TRUFFER, B. Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. **Research Policy**, v.37, n.4, p.596-615, 2008.
- MAZZUCATO, M. **O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. Tradução Elvira Serapicos. 1ª.ed. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.
- MCTIC. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI 2016-2022**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações: Brasília, 2016.
- MENDES, P. J. V. **Organização da P&D agrícola no Brasil: evolução, experiências e perspectivas de um sistema de inovação para a agricultura**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica. Campinas: UNICAMP, 2009.
- MINAYO, M. C. de S.; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? **Caderno de Saúde Pública**, v.9, n.3, p.239-262, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management**. Washington, DC: The National Academies Press, 1997.

NELSON, R. R. Schumpeter e as pesquisas contemporâneas sobre a economia da inovação. In: NELSON, R. R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas: UNICAMP, 2006.

NELSON, R. R. **National innovation systems: a comparative analysis**. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship, 1993.

NELSON, R. R. National Innovation Systems: A Retrospective on a Stud. **Industrial and Corporate Change**, v. 1 n. 2, 1992.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. Harvard University Press, Cambridge, 1982.

NEVES, C. E. B.; NEVES, F. M. Pesquisa e inovação: novos desafios para a educação superior no Brasil e na Alemanha. **Caderno CRH**, v.24, n.63, p.481-502, 2011.

OECD. **Manual de Oslo**. 3.ed. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. FINEP, 2005.

ONU. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Organização das Nações Unidas. Genebra: UN, 2015. Disponível em <<https://sustainabledevelopment.un.org>>, acesso em 3 de maio de 2017.

PORCEDDU, E.; RABBINGE, R. Role of research and education in the development of agriculture in Europe. **European Journal of Agronomy**, v.7, n.1, p.1-13, 1997.

POSSAS, M. L. Economia evolucionária neo-schumpeteriana: elementos para uma integração micro-macrodinâmica. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.281-305, 2008.

RESENDE, A. V. et al. Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo, Segurança Alimentar e Sustentabilidade. **Anais...** XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Teresina/PI, 2010.

ROBERT, P. C. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management. **Plant and Soil**, v.247, n.1, p.143-149, 2002.

ROCHA-LACKIZ, A.; DE LA CERDA, F. M. Principales actores del sistema de innovación agropecuario mexicano. In: VERA-CRUZ, A. O.; DUTRÉNIT, G. (eds.) **Sistema de innovación del sector agropecuario en México**. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco: Miguel Ángel Porruá, 2016.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5.ed. Nova York: Free Press, 2003.

ROSENBERG, N. **Inside the Black Box: technology and economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, n.2, p.195-212, 2018.

SALERNO, M. S.; KUBOTA, L. C. Estado e Inovação. In: NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Org.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**, p.13-64. Brasília: IPEA, 2008.

SALLES-FILHO, S. L. M.; AVILA, A. F.; ALONSO, J. E. O. S.; COLUGNATI, F. A. B. Multidimensional assessment of technology and innovation programs: the impact evaluation of INCAGRO-Peru. **Research Evaluation**, v.19, n.5, p.361-372, 2010.

SANDÉN, B. A.; HILLMAN, K. M. A framework for analysis of multi-mode interaction among technologies with examples from the history of alternative transport fuels in Sweden. **Research Policy**, v.40, n.3, p.403-414, 2011.

ŚLEDZIK, K. Schumpeter's View on Innovation and Entrepreneurship. In: HITTMAR, S. (Org.). **Management Trends in Theory and Practice**. Faculty of Management Science and Informatics, University of Zilina & Institute of Management by University of Zilina, 2013.

SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. P. A. R. Agricultura de Precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás – Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, v.35, n.4, p.689-698, 2015.

SOUSA, R. V.; LOPES, W. C.; TABILE, R. A.; PORTO, A. J. V.; INAMASU, R. Y. Modelo conceitual para o sistema de coleta e comunicação automática de dados para máquina e implemento automatizado e para robô agrícola móvel. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (Org.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**, p.165-172. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SPIELMAN, D. J.; BIRNER, R. **How Innovative Is Your Agriculture? Using Innovation Indicators and Benchmarks to Strengthen National Agricultural Innovation Systems**. ARD: Agriculture and Rural Development - Discussion Paper 41. The World Bank, 2008.

SUURS, R. A. A.; HEKKERT, M. P.; KIEBOOM, S.; SMITS, R. E. H. M. Understanding the formative stage of technological innovation system development: The case of natural gas as an automotive fuel. **Energy Policy**, v.38, n.1, p.419-431, 2010.

TEIXEIRA, J. C.; NASCIMENTO, M. C. R.; ANTONIALLI, L. M. Perfil de estudos em administração que utilizaram triangulação metodológica: uma análise dos anais do EnANPAD de 2007 a 2011. **Revista de Administração**, v.48, n.4, p.800-812, 2013.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da Inovação**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação - A Economia da Tecnologia No Brasil** (2ª ed.). Rio de Janeiro: Campus, 2014.

TURCHI, L. M.; ARCURI, M. Interação institutos públicos de pesquisa e empresas: avaliação das parcerias. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Orgs.) **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**, p.81-112. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2017.

TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2017.

VAN ALPHEN, K.; NOOTHOUT, P. M.; HEKKERT, M. P.; TURKENBURG, W. C. Evaluating the development of carbon capture and storage technologies in the United States. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, n.3, p.971-986, 2010.

VIEIRA, P. A.; BUAINAIN, A. M.; TORRES, D. A. P.; CONTINI, E. A Embrapa e seu papel no sistema nacional de inovação agrícola. In: BUAINAIN, A. M.; BONACELLI, M. B. M.; MENDES, C. I. C. **Propriedade intelectual e inovações na agricultura**, p.135-164. Brasília; Rio de Janeiro: CNPq, FAPERJ, INCT/PPED, IdeiaD, 2015.

WATKINS, A.; PAPAIOANNOU, T.; MUGWAGWA, J.; KALE, D. National innovation systems and the intermediary role of industry associations in building institutional

capacities for innovation in developing countries: A critical review of the literature. **Research Policy**, v.44, n.8, p.1407-1418, 2015.

WERLANG, C. K. **Agricultura de Precisão no Brasil: perfil socioeconômico e cultural dos adotantes, resultados, perspectivas e fatores condicionantes para a adoção e difusão**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Santa Maria: UFSM, 2018.

WIECZOREK, A. J.; HEKKERT, M. P.; COENEN, L.; HARMSEN, R. Broadening the national focus in technological innovation system analysis: the case of offshore wind. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v.14, p.128–148, 2015.

WOOD, B. A.; BLAIR, H. T.; GRAY, D. I.; KEMP, P. D.; KENYON, P. R. et al. Agricultural Science in the Wild: A Social Network Analysis of Farmer Knowledge Exchange. **PLoS ONE**, v.9, n.8, 2014.

YANIKIAN, V. P. M.; PAMPLONA, J. B. O sistema federal de financiamento a inovação no Brasil. **Pesquisa & Debate**, v.26, n.1, p.35-74, 2015.

YUSUF, S. Knowledge-based Economic Growth in Kazakhstan. **Global Journal of Emerging Market Economies**, v.7, n.3, p.257-286, 2015.

ZANELLO, G.; FU, X.; MOHNEN, P.; VENTRESCA, M. The creation and diffusion of innovation in developing countries: a systematic literature review. **Journal of Economic Surveys**, v.30, n.5, p.884–912, 2016.



## **APÊNDICE A.** Instrumento de coleta de dados quantitativo

### **PESQUISA: Inovação em Agricultura de Precisão**

#### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Você está sendo convidado(a) a participar da presente pesquisa, que tem por objetivo analisar as atividades de inovação em agricultura de precisão desenvolvidas no Brasil, enfatizando as estruturas e processos que as suportam ou dificultam, com um olhar sistêmico focado nos agentes e interações importantes para seu avanço.

Sua participação pode contribuir para esclarecer sobre o funcionamento atual dessas atividades e o andamento ou a necessidade de políticas que favoreçam a geração e difusão de inovações no campo da agricultura.

Considere que a agricultura de precisão pode ser definida como “um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva que visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização de efeitos ao ambiente”.

Este trabalho trata-se da pesquisa de doutorado de Váldeson Amaro Lima, acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul, sob orientação da Profa. Dra. Isabel Cristina dos Santos. Ao responder este questionário, você concorda ser de livre e espontânea vontade que está participando da pesquisa. Seus dados pessoais e outras informações que possam identificar você serão mantidas em sigilo. Os resultados gerais da pesquisa serão utilizados apenas para fins acadêmicos, podendo ser publicados em congresso ou em revista científica especializada, mas nunca farão referência as suas respostas individuais.

Se desejar receber o relatório final com os resultados da pesquisa, deixe seu e-mail na caixa indicada ao final do questionário.

Agradecemos por sua colaboração.

Váldeson Amaro Lima  
valdeson.lima@ifro.edu.br  
(69)99285-4465

Isabel Cristina dos Santos  
isa.santos.sjc@gmail.com

\* 1. Aceito participar da pesquisa?

( ) Sim      ( ) Não

## Fase de desenvolvimento

Ainda que a agricultura de precisão congregue uma série de técnicas e ferramentas distintas, aplicáveis em diferentes situações de variabilidade, os estudos mais recentes nesse campo têm assumido a abordagem de **modelo gerencial** para se referir a agricultura de precisão, como uma tecnologia gerencial específica e única.

2. Seguindo esse entendimento, analisando as atividades de inovação relacionadas à tecnologia de Agricultura de Precisão (AP) desenvolvidas pelos diferentes atores que compõem o sistema de inovação agrícola nacional, indique em que fase de desenvolvimento considera que a tecnologia de AP está no momento atual desse sistema.

Observe as perguntas orientadoras que diferem os níveis de desenvolvimento. Se a resposta à pergunta for **sim**, a tecnologia está no nível seguinte.

Pré-desenvolvimento	Desenvolvimento	Decolagem	Aceleração	Estabilização
1	2	3	4	5
Existe um protótipo funcional?	Existe aplicação comercial?	Existe um crescimento rápido do mercado?	Existe saturação no mercado?	

## Funções do sistema

Considerando as atividades de **inovação tecnológica** em Agricultura de Precisão (AP) e a **interação** dos atores que geram, difundem e utilizam essa tecnologia numa perspectiva sistêmica, atribua uma **nota de 1 a 5** para cada afirmação abaixo, analisando o quão bem ela corresponde a realidade desse sistema, de acordo com a escala a seguir:



	<b>Função 1. Atividade Empreendedora</b>	
F1	Existe um número significativo de novos atores entrantes no sistema.	
F1	Existem atores industriais suficientes ativos no sistema.	
F1	Os atores empresariais (indústria, prestadores de serviços, empresas de tecnologia etc.) inovam o suficiente.	
F1	Os atores industriais se concentram suficientemente na grande produção comercial.	
F1	A inovação e a produção dos atores empresariais (indústria, prestadores de serviços, empresas de tecnologia etc.) constituem uma barreira para a tecnologia de AP passar para a próxima fase de desenvolvimento.	
	<b>Função 2. Desenvolvimento de Conhecimento</b>	
F2	A quantidade de conhecimento desenvolvido é suficiente para o desenvolvimento de inovações.	
F2	A qualidade do conhecimento desenvolvido é suficiente para o desenvolvimento de inovações.	
F2	O tipo de conhecimento desenvolvido se encaixa nas necessidades de conhecimento dentro do sistema de inovação.	
F2	A qualidade e/ou a quantidade de conhecimento desenvolvido formam uma barreira para a tecnologia de AP passar para a próxima fase desenvolvimento.	
	<b>Função 3. Troca de Conhecimento</b>	

F3	Existe troca de conhecimento suficiente entre instituições de pesquisa e a indústria.	
F3	Há troca de conhecimento suficiente entre usuários e a indústria.	
F3	Há troca de conhecimento suficiente entre fronteiras geográficas (estados, países, regiões ...).	
F3	Existem partes problemáticas do sistema em termos de troca de conhecimento.	
F3	A troca de conhecimento constitui uma barreira para a tecnologia de AP passar para a próxima fase desenvolvimento.	
	<b>Função 4. Orientação da Pesquisa</b>	
F4	Existe uma visão clara sobre como a indústria e o mercado devem se desenvolver em termos de crescimento esperado.	
F4	Existe uma visão clara sobre como a indústria e o mercado devem se desenvolver em termos de design tecnológico	
F4	Existem expectativas claras em relação à área tecnológica da Agricultura de Precisão.	
F4	Existem metas políticas claras em relação à área tecnológica da Agricultura de Precisão.	
F4	Os objetivos definidos para a área de AP na política agrícola são considerados confiáveis.	
F4	As visões e expectativas dos atores envolvidos estão suficientemente alinhadas para reduzir incertezas.	
F4	A orientação insuficientemente compartilhada bloqueia o desenvolvimento da tecnologia de AP.	
	<b>Função 5. Formação de Mercado</b>	
F5	Os projetos instalados (por exemplo, parques industriais planejados ou construídos, áreas de plantio etc.) são suficientes para garantir o desenvolvimento do sistema.	
F5	O tamanho do mercado atual e futuro esperado é suficiente para garantir o desenvolvimento da inovação tecnológica em Agricultura de Precisão.	
F5	O tamanho do mercado constitui uma barreira para o desenvolvimento da inovação tecnológica em AP.	
	<b>Função 6. Mobilização de Recursos</b>	
F6	Existem recursos físicos (infraestrutura, material, etc.) suficientes para garantir o desenvolvimento do sistema tecnológico de AP.	
F6	Existem recursos humanos (mão-de-obra qualificada) suficientes para garantir o desenvolvimento do sistema tecnológico de AP.	
F6	Existem recursos financeiros (investimentos, capital de risco, subsídios, etc.) suficientes para garantir o desenvolvimento do sistema tecnológico de AP.	
F6	Há restrições de recursos físicos esperados (infraestrutura, material etc.) que podem dificultar a difusão da tecnologia de AP.	
F6	A infraestrutura física foi desenvolvida o suficiente para suportar a difusão da tecnologia de AP.	
	<b>Função 7. Criação de Legitimidade</b>	
F7	A duração média dos projetos aplicados de desenvolvimento de tecnologia de AP e/ou de políticas desenvolvidas para a área é suficiente para a produção e instalação dos protótipos desenvolvidos.	
F7	Existe resistência em relação à tecnologia de Agricultura de Precisão, bem como à criação de projetos para sua aplicação.	
F7	A resistência a criação de projetos e procedimentos para a aplicação de AP constitui uma barreira para o desenvolvimento da tecnologia.	

### Informações de perfil

Estamos quase finalizando nossa pesquisa, mas para isso é importante que tenhamos um perfil geral dos nossos respondentes. Assim, as próximas questões tratam de informações mais pessoais, porém serão tratadas apenas de forma geral, sem qualquer identificação do respondente.

Vamos lá?!

3. Identifique seu vínculo organizacional em relação as atividades de inovação tecnológica em Agricultura de Precisão (AP). Assinale em que categoria é possível enquadrar sua atuação:

- Prestador de serviços (consultoria em AP)
- Indústria (máquinas, implementos, etc.)
- Universidade (professor(a), pesquisador(a), estudante, etc.)
- Instituto de pesquisa (pesquisador(a), etc.)
- Órgão governamental (formulador ou executor de políticas públicas, etc.)
- Organização de apoio (associação setorial, entidade de classe, banco, etc.)
- Usuários das tecnologias de AP (cooperativas, produtores, etc.)

4. Informe a quanto tempo atua com a temática da agricultura (em anos):

\_\_\_\_\_

5. Informe a quanto tempo atua com a temática da inovação (em anos):

\_\_\_\_\_

6. Informe a quanto tempo atua com inovação em Agricultura de Precisão (em anos):

\_\_\_\_\_

7. Assinale a opção que melhor corresponde a sua escolaridade no momento atual:

- Ensino Fundamental concluído
- Ensino Médio concluído
- Ensino Superior concluído
- Pós-Graduação Lato Sensu (especialização) concluído
- Pós-Graduação Stricto Sensu (mestrado ou doutorado) cursando ou concluído

### **Informações de contato**

Opcional para o envio de resultados da pesquisa.

Cidade: \_\_\_\_\_

Estado: \_\_\_\_\_

Endereço de e-mail: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B. Quadro resumo das estruturas e processos identificados

	<b>Estruturas</b>	<b>Processos</b>
<b>Suportam</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A organização do setor, com participação ativa de associações setoriais da indústria, prestadores de serviços e cooperativas de produtores em redes plurais de interação e troca de conhecimentos, a exemplo da Rede Agricultura de Precisão e Projeto Aquarius;</li> <li>2. O conhecimento científico acumulado sobre o tema ao longo dos anos;</li> <li>3. O tamanho do mercado brasileiro e a tendência de crescimento da atividade agropecuária no país, com entrada crescente de novas empresas de tecnologia na área de agricultura de precisão;</li> <li>4. Atuação em rede das organizações relacionadas ao tema da agricultura de precisão, com boa inserção das organizações brasileiras no setor latino-americano e mundial;</li> <li>5. A infraestrutura de pesquisa construída ao longo dos anos em organizações públicas e privadas e a disponibilidade de tecnologia e equipamentos multiusuários nessas organizações para o desenvolvimento de ativos conjuntos;</li> <li>6. A estrutura de apoio ao desenvolvimento e aquisição de novas tecnologias por meio de linhas de crédito, a exemplo do Inovagro e outras fontes destinadas a indústria para o desenvolvimento de inovação;</li> <li>7. A estrutura de atuação das grandes cooperativas de produtores, com investimentos na P&amp;D em agricultura de precisão aplicada as necessidades dos seus cooperados;</li> <li>8. A capacidade instalada da indústria e da academia para responder às demandas do mercado quanto a geração de ativos de inovação que satisfaçam suas necessidades.</li> <li>9. A visão holística sobre a agricultura de precisão e a necessidade de inter-relações complexas com diferentes segmentos de atores e áreas do conhecimento;</li> <li>10. O marco legal da inovação e a legislação que dá suporte ao desenvolvimento conjunto de projetos de PD&amp;I.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O avanço na padronização de métodos de medição, incluindo tecnologias de detecção, métodos de amostragem, sistemas de bases de dados e métodos geoespaciais, no sentido de maior integração de componentes;</li> <li>2. O alinhamento entre pesquisa acadêmica, indústria e organizações setoriais quanto ao foco da agricultura de precisão na variabilidade temporal e espacial;</li> <li>3. A realização de PD&amp;I em parceria inter-organizacional (indústria-universidade-Embrapa, por exemplo) contribuindo para o desenvolvimento de ativos com maior capacidade de aplicação;</li> <li>4. A proximidade existente entre a grande indústria e algumas organizações de pesquisa importantes para a área, impulsionando o desenvolvimento da tecnologia;</li> <li>5. A importância atribuída a área pelas grandes indústrias de máquinas e implementos, com processos internos de P&amp;D cada vez mais aderentes a essa demanda.</li> <li>6. A inserção dos pesquisadores, industriais e grandes produtores brasileiros em importantes centros tecnológicos e grandes eventos da área;</li> <li>7. A conexão de grupos distintos em torno do tema, de forma aberta e flexível, por meio de variadas formas, como a Rede Agricultura de Precisão e os eventos organizados pelas associações da área;</li> <li>8. A atuação da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão como órgão consultivo do MAPA, reunindo segmentos diversos na proposição de uma agenda voltada para o setor;</li> <li>9. A centralidade do tema da agricultura de precisão para a Embrapa, definida em seu planejamento estratégico, e sua atuação como provedora de informações qualificadas na área.</li> </ol>
<b>Dificultam</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As deficiências de infraestrutura no acesso a conectividade de dados, principalmente de alta velocidade, nas áreas rurais;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A ausência de orientação clara para a pesquisa científica sobre os caminhos a serem trilhados para o desenvolvimento da tecnologia;</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. A fraca inserção, nas organizações de ensino, de currículos e métodos que privilegiem a formação de estudantes e profissionais nas abordagens interdisciplinares subjacentes à agricultura de precisão;</li> <li>3. A fragilidade da infraestrutura de treinamento para a transferência de conhecimentos e tecnologias aos produtores;</li> <li>4. A baixa qualificação da mão de obra operacional nos recursos exigidos pela tecnologia de agricultura de precisão;</li> <li>5. A concentração do conhecimento desenvolvido em bolsões geográficos e restrito a grupos de grandes organizações industriais e de pesquisa;</li> <li>6. O monopólio de grandes empresas sobre os produtos e insumos utilizados na agricultura de precisão;</li> <li>7. A ausência de uma política de estado que analise toda a cadeia de desenvolvimento do agronegócio (infraestrutura física, logística, modais, tecnologias etc.), com fomento a agricultura de precisão;</li> <li>8. O custo elevado dos produtos e serviços prestados nessa área;</li> <li>9. A baixa capacidade inovativa da indústria brasileira, inclusive neste segmento;</li> <li>10. A fraca infraestrutura de disseminação de conhecimentos, apoio e orientação sobre os direitos de propriedade intelectual e da propriedade e privacidade dos dados;</li> <li>11. A resistência de algumas áreas públicas e privadas à tecnologia e ao fomento a projetos para seu desenvolvimento e aplicação.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. O apego excessivo a legislação de propriedade intelectual e aos pormenores de divisão de patentes, dificultando e gerando atrasos nos projetos desenvolvidos em rede ou conjuntamente;</li> <li>3. Dificuldade de articulação entre as organizações políticas, com a falta de sensibilidade para o tema na interação de órgãos ministeriais como Educação, Trabalho e Agricultura;</li> <li>4. A desarticulação entre políticas públicas de diferentes áreas e as necessidades do setor;</li> <li>5. A ausência de foco na formulação de políticas de apoio a inovação e falta de apoio explícito, inclusive financeiro, a agricultura de precisão nas políticas do agronegócio;</li> <li>6. Ausência de avaliação imparcial, sistemática e rigorosa do tamanho do mercado, dos benefícios econômicos e ambientais e dos custos dos métodos agrícolas de precisão para subsidiar decisões políticas e empresariais;</li> <li>7. Falta de comunicação eficiente entre política e produtor sobre a tecnologia e possibilidades de uso e aquisição;</li> <li>8. A comercialização da agricultura de precisão como um produto tecnológico si, sem relação com os problemas do campo;</li> <li>9. A fragilidade ou baixa qualidade dos serviços prestados ao produtor por consultorias de agricultura de precisão;</li> <li>10. A pouca intuitividade dos parâmetros de ajuste dos equipamentos de agricultura de precisão;</li> <li>11. A fraca interação entre indústria e usuário e a dificuldade do produtor em assimilar a informação gerada pelos equipamentos eletrônicos;</li> <li>12. A dificuldade das organizações de ensino e pesquisa em tornar o conhecimento da área acessível ao produtor;</li> <li>13. A dificuldade de acesso a recursos financeiros para desenvolvimento e aquisição da tecnologia;</li> <li>14. A baixa capacidade das universidades de fazerem projetos em conjunto com as empresas envolvendo recursos financeiros que podem ser viabilizados por estas empresas para essas parcerias específicas.</li> </ol>
--	---	--

**APÊNDICE C. Cursos de Agronomia com PPC analisados**

Instituição (IES)	Sigla	Natureza	Modalidade	Conceito do Curso (MEC)	Grade curricular disponível	Oferta de disciplina de Agricultura de Precisão	Menção a conteúdo no PPC
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	UFMT	Pública	Presencial	3	Sim	Sim, optativa	Variabilidade espacial
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS	UFAM	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Sensoriamento remoto
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	UFV	Pública	Presencial	4	Sim	Sim, obrigatória	Mapeamento
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	UCS	Privada	Presencial	4	Sim	Sim, obrigatória	Não disponível
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO	UPF	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Sensoriamento remoto
UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO	UNIFENAS	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Sensores e softwares aplicados
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS	UEG	Pública	Presencial	-	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA	UNOESC	Privada	Presencial	4	Sim	Sim, obrigatória	Automação e mapeamento
UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA	UNIARA	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE DA REGIÃO DA CAMPANHA	URCAMP	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
FACULDADES INTEGRADAS DA UPIS	UPIS	Privada	Presencial	3	Sim	Sim, obrigatória	Mapeamento
CENTRO UNIVERSITÁRIO FILADÉLFIA	UNIFIL	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	ESALQ	Pública	Presencial	-	Sim	Sim, obrigatória	Variabilidade espacial
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA	UNISUL	Privada	Presencial	-	Sim	Não	Nenhum
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS	PUC GOIÁS	Privada	Presencial	-	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	UFPR	Pública	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	UFMG	Pública	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	UFRGS	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Sensoriamento remoto
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	UFSM	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS	UFG	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO	UFRPE	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	UTFPR	Pública	Presencial	-	Sim	Sim, optativa	Mapeamento

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA	UFRA	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Instrumentalização
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS	UFLA	Pública	Presencial	4	Sim	Sim, optativa	Variabilidade espacial
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL	IFRS	Pública	Presencial	-	Sim	Sim, obrigatória	Máquinas
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ	UNIOESTE	Pública	Presencial	-	Sim	Não	Sensoriamento remoto
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO	UNIVASF	Pública	Presencial		Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS	UFPEL	Pública	Presencial	3	Sim	Sim, optativa	Variabilidade espacial
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL	UFMS	Pública	Presencial	3	Sim	Sim, optativa	Mapeamento
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO	UNEMAT	Pública	Presencial	-	Sim	Sim, obrigatória	Mapeamento
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VÁRZEA GRANDE	UNIVAG	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE UNAÍ - FACTU	FACTU	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS	UEMG	Pública	Presencial	-	Sim	Sim, obrigatória	Não disponível
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ADAMANTINA	FAI	Privada	Presencial	-	Sim	Não	Nenhum
CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ	FAG	Privada	Presencial	4	Sim	Sim, obrigatória	Não disponível
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO CERRADO-PATROCÍNIO	UNICERP	Privada	Presencial	4	Sim	Sim, obrigatória	Variabilidade espacial
FACULDADE UNA DE UBERLÂNDIA	UNA	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA	FACENE	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO	IFES	Pública	Presencial	4	Sim	Sim, optativa	Variabilidade espacial
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ	IFPA	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
FACULDADES INTEGRADAS STELLA MARIS DE ANDRADINA	FISMA	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE CALAFIORI	CALAFIORI	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA	IFSC	Pública	Presencial	-	Sim	Não	Nenhum
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO NORTE DE MINAS GERAIS	IFNMG	Pública	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE QUIRINÓPOLIS	FAQUI	Privada	Presencial	4	Sim	Sim, optativa	Não disponível
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL	UERGS	Pública	Presencial	-	Sim	Não	Sensoriamento remoto
FACULDADE ICESP DE BRASÍLIA	-	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR SANTA BARBARA	FAESB	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE IDEAU DE PASSO FUNDO	IDEAU	Privada	Presencial	4	Sim	Sim, optativa	Não disponível
CENTRO UNIVERSITÁRIO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS	UNITPAC	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Sensoriamento remoto
FACULDADE DE TECNOLOGIA PAULISTA	-	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Sensoriamento remoto
FACULDADE METROPOLITANA DE ANÁPOLIS	FAMA	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBERLÂNDIA	-	Privada	Presencial	3	Sim	Sim, optativa	Não disponível
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ	UENP	Pública	Presencial	-	Sim	Sim, optativa	Variabilidade espacial
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL	UFFS	Pública	Presencial	4	Sim	Não	Sensoriamento remoto
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA DE BOM DESPACHO	UNA	Privada	A Distância	-	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO	UEMASUL	Pública	Presencial	-	Sim	Não	Sensoriamento remoto
UNIVERSIDADE DE SOROCABA	UNISO	Privada	Presencial	4	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE	UFAC	Pública	Presencial	3	Sim	Não	Sensoriamento remoto
CENTRO DE ENSINO SUPERIOR RIOGRANDESE	CESURG	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
FACULDADE MARECHAL RONDON	-	Privada	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ	UNIFESSPA	Pública	Presencial	3	Sim	Não	Nenhum

## APÊNDICE D. Subgrupos identificados no sistema

97 cliques found.

- 1: Embrapa AEM (USA) AGCO Agrosystem Auteq Baldan CNH CTI Renato Archer EESC-USP Enalta ESALQ-USP Jacto John Deere Kuhn Lohr Marchesan-Tatu Original Indústria POLI-USP Stara Verion
- 2: Embrapa EESC-USP Enalta ESALQ-USP Stara FINEP
- 3: Embrapa EESC-USP ESALQ-USP POLI-USP CNPq
- 4: Embrapa EESC-USP ESALQ-USP FINEP CNPq
- 5: Embrapa APagri ESALQ-USP
- 6: Embrapa Agrisus ESALQ-USP
- 7: Embrapa ESALQ-USP IBRA SIRA
- 8: Embrapa ESALQ-USP IBRA Bayer
- 9: Embrapa Agrosystem ESALQ-USP John Deere Bayer
- 10: Embrapa ESALQ-USP Bayer CEAT
- 11: Embrapa ESALQ-USP Bayer MAPA
- 12: Embrapa ESALQ-USP CEAT Fundação ABC
- 13: Embrapa ESALQ-USP Jacto Fundação ABC
- 14: Embrapa ESALQ-USP Jacto MAPA
- 15: Embrapa ESALQ-USP SEBRAE
- 16: Embrapa Agrária Agrisus CNA COMIGO COTRIJAL Epagri Citrosuco Instituto CNA SENAR
- 17: Embrapa Batistella Florestal Agrisus FACEPE FCA-UNESP Florestalle IAC Miolo Schio Terra Sul UCS UFPel UFRGS CTBE
- 18: Embrapa APagri Campo SLC Agrícola Somafértil UFLA UFSM Univasf
- 19: Embrapa Campo Univasf Banco do Nordeste
- 20: Embrapa Campo MAPA
- 21: Embrapa CNA Epagri SENAR MAPA
- 22: Embrapa CNA Instituto CNA SENAR Banco do Nordeste
- 23: Embrapa Agrosystem COTRIJAL Citrosuco
- 24: Embrapa AGCO Agrosystem COTRIJAL Stara
- 25: Embrapa COTRIJAL Stara UFSM
- 26: Embrapa Epagri CNPq
- 27: Embrapa FACEPE FCA-UNESP UCS UFPel UFRGS CNPq
- 28: Embrapa FACEPE UCS UFPel UFRGS FINEP CNPq
- 29: Embrapa FACEPE Univasf FINEP CNPq
- 30: Embrapa FCA-UNESP IAC CEAT
- 31: Embrapa SLC Agrícola IBRA
- 32: Embrapa SLC Agrícola UFPel
- 33: Embrapa IAC IBRA FEAGRI/Unicamp
- 34: Embrapa IAC CTBE FEAGRI/Unicamp
- 35: Embrapa IAC IBRA SIRA
- 36: Embrapa SENAR Univasf Banco do Nordeste
- 37: Embrapa AGCO Somafértil
- 38: Embrapa UFLA UFSM Univasf CNPq
- 39: Embrapa UFLA Univasf FINEP CNPq
- 40: Embrapa Agrisus UFLA
- 41: Embrapa UFLA CNPq FAPEMIG
- 42: Embrapa UFPel Bayer
- 43: Embrapa UFRGS SEBRAE
- 44: Embrapa Stara UFRGS FINEP
- 45: Embrapa UFSM Fundação ABC
- 46: Embrapa Univasf FINEP FEAGRI/Unicamp CNPq
- 47: Embrapa Agrosystem Syngenta
- 48: Embrapa IBRA Syngenta
- 49: Embrapa Jacto CTBE
- 50: Embrapa Banco do Nordeste FAPEMIG
- 51: Embrapa Banco do Nordeste SEBRAE

- 52: Embrapa AGCO Enalta FEAGRI/Unicamp
- 53: Embrapa Enalta FINEP FEAGRI/Unicamp
- 54: Agrosystem Verion Agrotecnologia
- 55: Agrotecnologia ABPSAP MAPA
- 56: Baldan Jacto John Deere Marchesan-Tatu Stara Verion Fatec-Pompeia
- 57: Jacto Fatec-Pompeia Otmis
- 58: Jacto Fatec-Pompeia Fundação Shunji Nishimura
- 59: AGCO CNH Enalta Coopercitrus
- 60: COTRIJAL SENAR Falker
- 61: SENAR Falker MAPA
- 62: UFRGS Falker FINEP
- 63: UFRGS Falker SEBRAE
- 64: Falker FINEP SENAI
- 65: CTI Renato Archer Enalta ESALQ-USP POLI-USP FAPESP
- 66: Enalta ESALQ-USP FAPESP FINEP
- 67: Agrisus ESALQ-USP FAPESP
- 68: ESALQ-USP FAPESP FINEP CNPq
- 69: ESALQ-USP POLI-USP FAPESP CNPq
- 70: Agrisus FACEPE CTBE FAPESP
- 71: FACEPE FAPESP FINEP CNPq
- 72: FAPESP BNDES FINEP
- 73: FAPESP FINEP MCTIC
- 74: FAPESP CNPq FAPEMIG
- 75: BNDES FINEP FAPESC SENAI
- 76: BNDES FINEP UPF Parque
- 77: CNH Jacto BNDES
- 78: ESALQ-USP IBRA Bayer ABPSAP
- 79: ESALQ-USP Bayer ABPSAP MAPA
- 80: APagri ESALQ-USP ABPSAP
- 81: ESALQ-USP ABPSAP Fundação ABC
- 82: IAPAR FINEP CNPq
- 83: Campo Univasf Banco do Brasil
- 84: Campo Banco do Brasil FUNAR
- 85: CNA Instituto CNA SENAR FUNAR
- 86: Epagri MAPA MCTIC
- 87: Epagri MCTIC FAPESC
- 88: FINEP MCTIC FAPESC
- 89: FINEP MCTIC UPF Parque
- 90: FINEP FAPESC CNPq
- 91: Epagri FAPESC CNPq
- 92: UCS UFPel UFRGS FINEP CNPq FAPERGS
- 93: FINEP CNPq FAPERGS UPF Parque
- 94: Stara FINEP UPF Parque
- 95: FINEP CNPq FUNDEPAG
- 96: FINEP FUNDEPAG SENAI
- 97: Banco do Nordeste FAPEMIG SENAI

## APÊNDICE E. Matriz completa de correlações

		Correlations							
		Fase de desenvolvimento	Atividade empreendedora	Desenvolvimento de conhecimento	Troca de conhecimento	Orientação da pesquisa	Formação de mercado	Mobilização de recursos	Criação de legitimidade
Fase de desenvolvimento	Pearson Correlation	1	,410**	,162*	,593**	,314**	,138*	,227**	,059
	Sig. (2-tailed)		,000	,017	,000	,000	,043	,001	,386
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Atividade empreendedora	Pearson Correlation	,410**	1	,366**	,400**	,439**	,392**	,360**	-,177**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,009
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Desenvolvimento de conhecimento	Pearson Correlation	,162*	,366**	1	,173*	,321**	,376**	,156*	-,153*
	Sig. (2-tailed)	,017	,000		,010	,000	,000	,021	,025
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Troca de conhecimento	Pearson Correlation	,593**	,400**	,173*	1	,674**	,242**	,254**	,045
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,010		,000	,000	,000	,511
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Orientação da pesquisa	Pearson Correlation	,314**	,439**	,321**	,674**	1	,283**	,407**	-,041
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,546
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Formação de mercado	Pearson Correlation	,138*	,392**	,376**	,242**	,283**	1	,239**	-,165*
	Sig. (2-tailed)	,043	,000	,000	,000	,000		,000	,015
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Mobilização de recursos	Pearson Correlation	,227**	,360**	,156*	,254**	,407**	,239**	1	-,209**
	Sig. (2-tailed)	,001	,000	,021	,000	,000	,000		,002
	N	217	217	217	217	217	217	217	217
Criação de legitimidade	Pearson Correlation	,059	-,177**	-,153*	,045	-,041	-,165*	-,209**	1
	Sig. (2-tailed)	,386	,009	,025	,511	,546	,015	,002	
	N	217	217	217	217	217	217	217	217

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).