



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO**

MARCOS ALEXANDER BRASIL FERREIRA

**A EVOLUÇÃO DA INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA – AVALIAÇÃO E
PROPOSTAS PARA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

FORTALEZA – CE

2020

MARCOS ALEXANDER BRASIL FERREIRA

A EVOLUÇÃO DA INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA – AVALIAÇÃO E
PROPOSTAS PARA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Administração. Área de Concentração: Gestão, Organizações e Ambientes.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Façanha
Câmara

FORTALEZA – CE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Ferreira, Marcos Alexander Brasil.

A evolução da inovação na agricultura brasileira – avaliação e propostas para agricultura familiar do semiárido nordestino [recurso eletrônico] / Marcos Alexander Brasil Ferreira. - 2020.

128 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Doutorado) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Administração - Doutorado, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Pós-Dr. Samuel Façanha Câmara

1. Agricultura familiar. 2. Políticas públicas. 3. Semiárido nordestino. 4. Inovação.

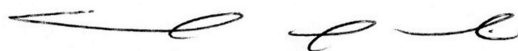
MARCOS ALEXANDER BRASIL FERREIRA

A EVOLUÇÃO DA INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA – AVALIAÇÃO E
PROPOSTAS PARA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado
Acadêmico em Administração do
Programa de Pós-Graduação em
Administração do Centro de Estudos
Sociais Aplicados da Universidade
Estadual do Ceará, como requisito parcial
à obtenção do título de doutor em
Administração. Área de Concentração:
Gestão, Organizações e Ambientes.

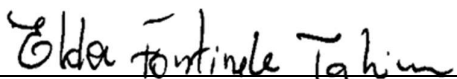
Aprovado em: 03 de Julho de 2020.

BANCA EXAMINADORA



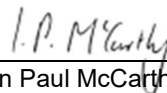
Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara (Orientador)

Universidade Estadual do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Administração



Profª. Dra. Elda Fontinele Tahim

Universidade Estadual do Ceará - Programa
de Pós-Graduação em Administração



Prof. Ph.D. Ian Paul McCarthy (Co-Orientador)

Simon Fraser University – Beedie School of
Business



Prof. Dr. José Carlos Lázaro da Silva Filho

Universidade Federal do Ceará - Programa de
Pós-Graduação em Administração



Adm. Dr. Antônio Genésio Vasconcelos Neto

Embrapa Agroindústria Tropical

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, preciso expressar o amor e gratidão que sinto por minha esposa, Suane Brasil, que abdicou de muita coisa para que este momento pudesse ser alcançado. Não tenho palavras para expressar o tamanho desse amor, então deixo aos cuidados de um único símbolo, ∞ . Te amo até a eternidade acabar. E claro, não poderia deixar de citar minha filha de quatro patas, Tinker Brasil, que sempre me lembrava que eu deveria fazer outras coisas além de passar horas sentado.

Quero agradecer também aos meus pais, Brandão e Carmem, assim como minha amada sogra Mazé, que do seu jeito, meio que sem entenderem o que um doutorado significa, me apoiaram e foram compreensivos durante meus momentos de ausência. Ao meu segundo pai, Samuel Façanha Câmara, com quem tive a honra de compartilhar muitos momentos nessa caminhada, além de pedir e ouvir muitos conselhos que levo para a vida.

A todos os professores do PPGA, com quem tive a oportunidade de, direta ou indiretamente, aprender muito do que sei hoje, mas especialmente aos professores Roberto Pinto, Ana Batista, e Verônica Peñaloza, sem esquecer da incrível Alessandra Sousa, secretária do nosso programa.

Um adendo especial, com meu apreço e admiração, aos professores e membros da banca, Ian McCarthy, Lázaro Filho, Elda Tahim e Genésio Vasconcelos, que aquilataram a pesquisa com suas recomendações e sugestões.

Agradeço também àqueles que participaram da batalha: Elnivan Souza, Graziela Batista, Lucas Lopes, Felipe Gerhard, Joane Kim, Mariana Barrios, Danielle Samuels, Martin Kocci, Cloe Montclair, a todos os meus ex-alunos e amigos na Unichristus, a todos os meus ex-alunos e amigos da EEEP Antônio Valmir da Silva, bem como a todos que não citei aqui, mas que foram um dos tijolos que construíram essa história. Por fim, um agradecimento especial ao Governo Brasileiro, que por meio da Capes, me proporcionou a oportunidade de crescer em níveis que nunca imaginei serem possíveis, investindo em minha qualificação durante o mestrado e o doutorado, e também por meio da oportunidade única de participar de um doutorado sanduíche no exterior, que foi fundamental para meu amadurecimento profissional e pessoal.

Muito obrigado a todos. De coração.

Na minha juventude eu fui muito
pobre, mas depois de anos de
luta e trabalho eu deixei de ser
jovem.

Autor desconhecido

RESUMO

Há muito se discute o papel atual dos sistemas de pesquisa agropecuária e como sua evolução pode comportar os novos desafios que englobam mudanças comportamentais, culturais, tecnológicas, climáticas antropológicas e o manejo inadequado do solo, que tem trazido preocupação quanto a capacidade de garantir segurança alimentar e nutricional para uma população que pode chegar a mais de 9 bilhões de pessoas em 2050. Essa preocupação é ainda maior em áreas de países tropicais e sub-tropicais, notadamente em regiões de climas mais áridos, como o semiárido nordestino brasileiro. Assim, esta pesquisa buscou analisar a evolução no processo de gestão e de abordagem tecnológica dos principais atores do Sistema Nacional de Pesquisa e Inovação Agropecuária; como a coevolução do conhecimento e novas tecnologias de manejo de solo e do setor agropecuário permitiram o desenvolvimento do setor agrícola e da pesquisa em solos, e; como a introdução e interação de atores pode facilitar um ecossistema de inovação agropecuária no semiárido. O estudo, de uma abordagem qualitativa e tendo como estratégia de pesquisa o estudo de caso por meio de entrevistas abertas e semiestruturadas, utilizou diversos documentos suplementares, de acesso público e privado, para triangular os informações e inferir conclusões. Como principais achados, pode-se elencar que: a burocracia; a redução dos investimentos no sistema de pesquisa agropecuário; a descalibração entre as capacidades de influência e organização de agricultores familiares quando comparados aos grandes produtores; bem como o distanciamento das principais políticas públicas e ações do governo, que tem contribuído para segregar ainda mais agricultura nacional, com a maior parte dos danos sendo historicamente absorvida pelos agricultores familiares do semiárido nordestino, o que não mudou de maneira significativa com o passar dos anos. Sugestões para reduzir os impactos desses eventos são discutidas, bem como ações proativas que podem apresentar-se como gatilhos para o desenvolvimento e coevolução de novas políticas públicas e processos visando a redução gradativa da dependência dos agricultores familiares da ajuda do poder público, elevando a possibilidade de inovação desses atores, especialmente aqueles localizados no semiárido nordestino.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Políticas públicas. Semiárido nordestino.

Inovação

ABSTRACT

It has long been discussed the current role of agricultural research systems and how their evolution can accommodate the new challenges that affect behavioral, cultural, technological, climate change and poor soil management which are threatening food security and nutrition to an expected population of more than 9 billion people in 2050. This issue is even more defiant in tropical and sub-tropical countries, especially in regions from arid zones, like the Brazilian northeastern semiarid. Thus, the proposed research analyzed the evolution of technological and managerial processes of the main actors from the National System of Agricultural Research and Innovation occurred; how the coevolution of knowledge and new technologies for soil management and the agricultural industry influenced the development of the agricultural sector and soil research, and; how the interaction of complementary actors may facilitate the development of an agrarian ecosystem of innovation in semiarid. Using a qualitative approach and having as research strategy the case study, the research relied on open and semi-structured interviews while using several supplementary documents, public and private alike, to triangulate collected information and to make inferences. As main findings, it can be listed that: bureaucracy; reduction of investments in the agricultural research system; de-calibration on how smallholder farmers influence and organize when compared to large farmers; as well as the distancing from the main public policies and the government's actions, which has contributed to segregate national agriculture even more, with a significant burden being historically absorbed by smallholder farmers from the northeastern semiarid, and has not changed markedly over the years. Suggestions to reduce the impacts of these events are discussed, as well as how proactive actions can produce triggers for the development and coevolution of novel public policies and processes to gradually reduce the dependency of smallholder farmers on the use of these treats while increasing their innovation capacity, especially those from northeastern semiarid.

Keywords: Smallholder farming. Public policies. Northeastern semiarid. Innovation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS	Agricultural Innovation System
AKIS	Agricultural Knowledge and Information System
ASBRAER	Associação Brasileira das Entidades Estaduais Assistência Técnica e Extensão Rural
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
CTNBIO	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
DAP	Declaração de Aptidão ao Pronaf
EFA	Escola Família Agrícola
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRATER	Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GEE	Gases do Efeito Estufa
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
ISO	International Organization for Standardization
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
NARS	National Agricultural Research System
OEPA	Organização Estadual de Pesquisa Agropecuária
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
ONG	Organização Não-Governamental
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PAA	Programa de Aquisição de Alimentos

PROETA	Programa de Incubação de Agronegócios da Embrapa
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEEDS	Supportive Extension Ecosystem for the Development of Semiarid
SINDFRUTA	Sindicato Dos Produtores de Frutas
SNPA	Sistema Nacional de Pesquisa na Agricultura
SPD	Sistema de Plantio Direto
TRL	Technology Readiness Level
VSR	Variação, Seleção, Retenção

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Impacto da agricultura baseada em ciência no tempo	49
Figura 2 - Mecanismos de coevolução.....	67
Figura 3 - Área sob o semiárido e em processo de desertificação no ceará.....	80
Figura 4 - Semeando as sementes (SEEDS) para germinação	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fontes de dados para cada dimensão	19
Tabela 2 - Fontes de dados por grupo consultado	47
Tabela 3 - Mecanismos causais e possíveis efeitos na evolução do setor agrícola e da disciplina de solos.....	65
Tabela 4 - Fontes de dados por dimensão	87
Tabela 5 - Atividades essenciais para germinação no seeds	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3	A INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA – UMA AVALIAÇÃO DO PASSADO EM DIREÇÃO A UMA AGENDA PARA O FUTURO	21
3.1	INTRODUÇÃO	21
3.2	DUAS VISÕES SOBRE A INOVAÇÃO NA AGRICULTURA	23
3.2.1	Inovação na agricultura como um processo exógeno	23
3.2.2	Inovação na agricultura como um processo endógeno	25
3.3	AGRICULTURA BRASILEIRA ANTES DE 1973	26
3.4	AGRICULTURA BRASILEIRA DEPOIS DE 1973	28
3.5	DISCUSSÃO	34
3.6	O FUTURO DO SISTEMA BRASILEIRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA	38
4	A COEVOLUÇÃO DO SETOR AGRÍCOLA BRASILEIRO - UMA AVALIAÇÃO DO PAPEL DA PESQUISA E ALGUNS MECANISMOS DE CAUSALIDADE.....	41
4.1	INTRODUÇÃO	41
4.2	A PERSPECTIVA COEVOLUCIONÁRIA	43
4.3	MATERIAIS E MÉTODOS	45
4.4	A EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA	48
4.5	A EVOLUÇÃO DA DISCIPLINA DE PESQUISA EM SOLOS	51
4.5.1	O Sistema de Plantio Direto na Palha	52
4.5.2	A safrinha.....	53
4.5.3	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	54
4.6	A COEVOLUÇÃO ENTRE A DISCIPLINA DE PESQUISA EM SOLOS E O SETOR AGRÍCOLA BRASILEIRO	55
4.7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	64
4.8	CONCLUSÃO	70
5	SEMEANDO AS SEMENTES DA GERMINOVAÇÃO – UM FRAMEWORK ANALÍTICO PARA INCLUIR OS ESQUECIDOS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA	74

5.1	INTRODUÇÃO	74
5.2	AS SEMESTES DO DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA BRASILEIRA	76
5.2.1	Pesquisa	77
5.2.2	Assistência técnica e extensão rural	78
5.2.3	Agricultura familiar no semiárido nordestino	79
5.2.4	SEMEANDO AS SEMENTES (SEEDS) DA GERMINOVAÇÃO – UMA METÁFORA	81
5.3	MATERIAIS E MÉTODOS	85
5.3.1	Cenário empírico	86
5.3.2	Coleta de dados	86
5.3.3	Análise dos dados	88
5.4	RESULTADOS	90
5.5	DISCUSSÃO	93
5.6	CONCLUSÃO	100
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
	REFERÊNCIAS	106

1 INTRODUÇÃO

O combate à pobreza e à fome são dois dos mais complexos desafios que os países terão que enfrentar nas próximas décadas (FAO, 2018). Por esta razão, governos de todo o mundo estão discutindo ações para aliviar as pressões que uma população esperada de 9,7 bilhões em 2050 produzirá (WORLD BANK, 2018). Assim, poucos discordam do papel fundamental da agricultura para lidar com essas questões, principalmente no que diz respeito à redução da pobreza e à segurança alimentar das diversas nações, especialmente as subdesenvolvidas (CERVANTES-GODOY; DEWBRE, 2009; JANVRY; SADOULET, 2010; IVANIC; MARTIN, 2018; ZEZZA; TASCIOTTI, 2010). No entanto, a mudança climática antropológica há muito vem emergindo como a ameaça final, que está afetando e sendo afetada pela agricultura (MÜLLER et al., 2011; REAY et al., 2012).

Ela afeta a agricultura quando produz condições climáticas extremas, como tempestades (ELMORE; ABENDROTH; CUMMINS, 2006) e distribuição pluviométrica desigual durante a estação, causando estresse hídrico (VASHISHT et al., 2013) ou erosão do solo (ZARE et al., 2016), promovendo a perda de qualidade e produtividade da safra. No outro extremo, a ocorrência de períodos mais longos de seca findam por causar estresse por calor (WAHID et al., 2007), perdas de rendimento na colheita (ZAMPIERI et al., 2017; LENG; HALL, 2019; VAN ASTEN; FERMONT; TAULYA, 2011) e até incêndios espontâneos em florestas (SARRIS et al., 2014; STEVENS-RUMANN et al., 2018). Esses eventos estão aumentando a complexidade e magnitude dos problemas de produtividade, especialmente para os pequenos agricultores de áreas tropicais e subtropicais (CERRI et al., 2007; JONES; THORNTON, 2003; MORTON, 2007; TEIXEIRA et al., 2013).

A agricultura também é responsável pelo aquecimento global, contribuindo pesadamente com a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Os principais culpados são o desmatamento (ESPÍRITO-SANTO et al., 2016; LIMA et al., 2019; MAYES; MUSTARD; MELILLO, 2015; VALLEJOS et al., 2015), a pecuária (LASSEY, 2007; NUSBAUM, 2010; PHILIPPE; NICKS, 2015; SAUNOIS et al., 2016) e o uso de fertilizantes nitrogenados e esterco (BREMNER; BLACKMER, 1978; DAVIDSON, 2009; MILLAR et al., 2018). Até o momento, De Klein, Pinares-Patino e Waghorn (2008) estimam que a agricultura contribua com cerca de 15% de todas as emissões de GEE, sendo, desse total, 9% de CO₂, 45% de CH₄ e 46% de N₂O. Além disso, N₂O

e CH₄ são 200 e 25 vezes mais potentes que o CO₂, com duração de 150 e 10 anos na atmosfera, respectivamente, contra o CO₂, que permanece de 3 a 4 anos, aproximadamente (RODHE, 1990).

Essas são apenas algumas das questões que desafiam pesquisadores e especialistas na busca por soluções que possam aumentar a produtividade, enquanto mitigam as emissões de GEE, e reduzir o uso de insumos caros e escassos. Nesse sentido, enquanto a carne produzida em laboratório não demonstra ser viável nem financeiramente (BARTHOLET, 2011; POST, 2014) nem sob o ponto de vista ético (ALVARO, 2019; MOUAT; PRINCE; ROCHE, 2019), cientistas utilizam genética e tecnologias de seleção artificial para criar bezerros que produzem menos metano, o CH₄ (ROEHE et al., 2016). Há ainda o uso do melhoramento genético e edição de genomas para aumentar a resistência a doenças (HICKEY et al., 2017; ZAIDI; MUKHTAR; MANSOOR, 2018) e a resiliência de culturas às mudanças climáticas (BERNIER et al., 2008; CECCARELLI et al., 2010; TARANTO et al., 2018), projetos vistos como fundamentais para lidar com os desafios da agricultura para os próximos anos.

Contudo, só é possível vislumbrar esses tipos de inovação nos dias de hoje por causa dos institutos públicos de pesquisa, que foram e são responsáveis pela criação e disseminação de conhecimento e novas tecnológicas na agricultura (ALSTON et al., 2010; EVENSON, 2001; EVENSON; WAGGONER; RUTTAN, 1979; PARDEY et al., 2018). Também foram cruciais nesse processo a evolução de políticas públicas relativas à organização de conceitos inovadores de sistemas de pesquisa como National Agricultural Research System - NARS (ARNON, 1989; BYERLEE, 1998), Agricultural Knowledge and Information System - AKIS¹ (EU SCAR, 2012, 2016; RÖLING, 1985), Agricultural Innovation System - AIS (MEKONNEN et al., 2015; SPIELMAN; BIRNER, 2008; THE WORLD BANK, 2006; TURNER et al., 2017) e, mais recentemente, a abordagem sobre ecossistemas (PIGFORD; HICKEY; KLERKX, 2018). Além disso, há também o papel dos agentes de inovação e gestão adaptativa em sistemas agrícolas, que são vistos como essenciais para o desenvolvimento de redes no setor (HERMANS et al., 2013; KLERKX; AARTS; LEEUWIS, 2010; KLERKX; LEEUWIS, 2009; TURNER et al., 2017).

¹ Atualmente, a sigla significa Agricultural Knowledge and Innovation System

Entretanto, a criação de conhecimento e mudança tecnológica na agricultura é bastante desigual entre países e regiões, como, por exemplo, entre as regiões Sul e Nordeste do Brasil, onde as iniciativas nessa direção são recorrentemente enviesadas (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008; SIMÕES et al., 2010; TENDLER, 1993; WARD; SANDERS, 1980). De fato, os camponeses da região Nordeste são particularmente vulneráveis devido a um conjunto de restrições climáticas, ambientais e sociais que comprometem o sucesso de políticas públicas (ARAÚJO; VIEIRA FILHO, 2018; FISHLOW, 1972; VIEIRA FILHO, 2013; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017), especialmente no caso do semiárido, onde essas restrições são potencializadas (BUAINAIN; GARCIA, 2013; SILVA et al., 2019). Ao mesmo tempo, instituições críticas ligadas ao desenvolvimento agrícola, como os serviços de assistência técnica e extensão rural, são sucateados ou desapareceram (BERGAMASCO; THOMSON; BORSATTO, 2017; BRAGA; VIEIRA FILHO; FREITAS, 2019; PEIXOTO, 2008).

Portanto, o objetivo deste estudo é responder a três perguntas específicas. A primeira pergunta busca identificar “como se deu a evolução do sistema nacional de pesquisa agropecuária e quais são seus possíveis caminhos?”. A segunda questão procura responder se “as mudanças tecnológicas entre a pesquisa e os atores agrícolas brasileiros são co-evolucionárias? Em caso afirmativo, quais são seus principais e potenciais fatores impulsionadores e como estes podem ser utilizados para sustentar o desenvolvimento da agricultura?”. Por fim, o estudo também busca elucidar, quais são os elementos críticos e suas possíveis relações em um ecossistema de inovação e como eles podem inserir o pequeno agricultor no contexto tecnológico? Essas três perguntas têm como objetivo aprofundar o entendimento sobre o sistema de inovação no setor agrícola e como essas inovações podem ser disponibilizadas aos agricultores familiares, particularmente àqueles do semiárido nordestino. De fato, identificar os fundamentos da evolução tecnológica e da coevolução dos atores pode fornecer algumas pistas para estruturar políticas distintas mais eficientes, atacando as raízes dos problemas desses agricultores.

A importância desta pesquisa tem como fundamento o destaque da agricultura e sua cadeia de valor para a segurança alimentar e nutricional do país, bem como para a subsistência dos agricultores familiares no longo prazo. No entanto, as mudanças institucionais falharam em destacar as soluções para o caso dos agricultores nordestinos, e as deficiências observadas nos modelos adotados até o

momento não parecem orientar práticas positivas diferenciadas no que tange a consecução de novos projetos. Portanto, o estudo dessas relações e sua coevolução entre os atores pode ajudar a produzir novos *insights* e orientações para políticas públicas e estrategistas para a criação de uma agricultura sustentável e rentável para exportação e também para a agricultura familiar. Além disso, pode auxiliar o desenho de projetos alinhados às expectativas de todos os nós da rede, priorizando mais fortemente soluções para o combate à pobreza, fome e insegurança alimentar, além de melhorar a eficiência da agricultura camponesa rumo a inovação.

Para atingir esses objetivos, esta pesquisa está dividida nas seções descritas a seguir, que conta com cinco seções além desta introdução. A seção dois apresenta a metodologia geral utilizada, explicando as etapas e a maneira como a análise foi realizada. A seção três discute a evolução, a orientação e os desafios do sistema nacional de pesquisa e inovação agrícola brasileiro, enquanto a seção quatro analisa os aspectos e deficiências da coevolução tecnológica entre a criação de conhecimento e o setor agrícola. Diferentemente, a seção cinco propõe uma estrutura analítica focada nas questões e idiosincrasias do semiárido nordestino. Por último, a seção seis apresenta as considerações finais da pesquisa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos do estudo, foi realizada uma pesquisa de abordagem qualitativa, que foi dividida em três seções de análise: uma onde são apresentados os dois principais atores do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), bem como sua evolução e possíveis direcionamentos; a seção seguinte, onde a coevolução das práticas conservacionistas orientadas pela pesquisa e aplicadas pelo setor agrícola são retratadas por meio de três mecanismos causais, e; o último deles, onde é proposto um ecossistema de inovação tendo como principal meio ou nó a extensão rural.

A pesquisa teve como métodos de coleta o uso de entrevistas abertas e semiestruturadas, documentos de acesso público e privado, participação em conferências das áreas de pesquisa e de extensão rural, além de relatórios e outros eventos e arquivos de interesse (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). Esses dados, coletados entre agosto de 2019 e maio de 2020, foram utilizados direta e indiretamente na discussão das três próximas seções desta tese, contudo, uma breve descrição das fontes e recursos de dados pode ser vista na Tabela 1 abaixo.

As entrevistas realizadas tiveram duração média de 37 minutos e foram coletadas nas empresas onde os entrevistados executavam suas funções diárias. Exceções a essa regra ocorreram durante a conferência da extensão rural, em que algumas entrevistas foram realizadas durante os intervalos (três intervalos por dia) e o *happy hour* (ocorreram dois no evento), tendo sido entrevistados neste evento 13 agricultores e nove extensionistas. A entrevista mais longa teve 217 minutos e cinco pessoas foram entrevistadas revezando-se durante o processo. A menor teve 23 minutos e não foi gravada. Das 56 entrevistas realizadas, 31 foram gravadas e 25 não, totalizando 2051 minutos de entrevistas, das quais 1148 foram gravadas. A distância percorrida pelo pesquisador para alcançar cada entrevistado variou de 10 quilômetros a 82 quilômetros, por deslocamento, ida e volta.

Além disso, todas as entrevistas, exceto oito, foram realizadas em conjunto com um pesquisador sênior, o que deu a possibilidade de recuperar informações e usar as duas notas de campo para comparar ideias e insights. Cada pesquisador descreveu as entrevistas não gravadas com base em suas lembranças e anotações, e comparação e discussão adicionais de cada entrevista, gravada ou não, foram

realizadas no dia seguinte. Essa atividade ajudou na triangulação, reduzindo o viés do pesquisador em relação aos dados coletados e analisados. Também permitiu ao pesquisador verificar quais dimensões deveriam ser melhor desenvolvidas por meio de novas entrevistas ou se o ponto de saturação havia sido atingido para algumas dimensões verificadas.

Tabela 1 – Fontes de dados para cada dimensão

Dimensão	Fonte de dados (Number of sources)
Pesquisa	Entrevistas (24)
	Entrevistas pública (38)
	Conferências (1)
	Apresentação da empresa (3)
	Documentos públicos e privados (31)
	Material institucional (12)
	Video streaming (59)
Extensão rural	Entrevistas (14)
	Entrevistas pública (3)
	Conferências (1)
	Documentos públicos e privados (11)
	Material institucional (4)
	Video streaming (22)
Educação camponesa	Entrevistas (2)
	Material institucional (3)
	Video streaming (4)
Empresas/Associações de Produtores rurais	Entrevistas (3)
	Apresentação da empresa (1)
	Documentos públicos e privados (2)
	Material institucional (4)
	Video streaming (2)
Agricultores	Entrevistas (13)

Fonte: Dados da pesquisa.

Dados complementares e suplementares coletados durante a pesquisa também responderam por uma parte significativa do material analisado, entre eles livros (4), relatórios e arquivos públicos (35) e documentos particulares impressos (5) que foram utilizados para apoiar a análise e a triangulação dos dados. Entrevistas públicas, material institucional e streaming de vídeo também foram utilizados, oferecendo maior entendimento e dados adicionais que foram incorporados à pesquisa na forma de perguntas para alguns entrevistados. As três seções seguintes tem estrutura similar a de um artigo científico, porém, comportam-se de maneira diferenciada no que concerne aos objetivos do trabalho. Por esta razão, informações extras sobre a metodologia serão dadas nas respectivas seções, exceto a seção três, que devido à sua finalidade e estrutura, não possui uma subseção formal de metodologia. Como dito, cada seção cumpre uma premissa diferente do estudo e,

portanto, como seus materiais e métodos são diferentes entre si, não seria prático nem eficiente discutir especificidades nesta seção. Destarte, tabelas e informações particulares encontradas nas seções quatro e cinco representam parte das dimensões, entrevistados e quantidade de cada tipo de arquivo analisado, que nesta seção aparecem consolidados.

A seção três usa cinco entrevistas, das quais foram reunidas informações sobre eventos significativos na história dos dois principais atores do SNPA, que ajudaram o pesquisador a realizar uma avaliação longitudinal com pontos importantes indicados pelos entrevistados, bem como o aprofundamento dos fatos. A seção quatro, por outro lado, possui vários pontos da coevolução confirmados em passagens comentadas pelos entrevistados que discutiam, diretamente e indiretamente, situações e eventos acessados na análise. Houve 12 entrevistas onde esses eventos se apresentaram, enquanto parte dos arquivos e documentários em vídeo foi analisada para triangulação. Por fim, a seção cinco utiliza 39 entrevistas e os recursos restantes coletados, de onde o pesquisador desenvolveu os insights e argumentações importantes para construir, apoiado em estudos anteriores, suas conclusões e recomendações.

3 A INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA – UMA AVALIAÇÃO DO PASSADO EM DIREÇÃO A UMA AGENDA PARA O FUTURO

3.1 Introdução

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi constituída em 26 de abril de 1973, para criar conhecimento e transferir tecnologia para os profissionais da agricultura brasileira. Antes de sua criação, o Brasil era importador líquido de alimentos, enfrentando vários desafios para alimentar uma população crescendo a taxas significativas e que começara a se tornar bastante exigente (EMBRAPA, 2006). Atualmente, ocupando a posição de terceiro maior exportador agrícola do mundo (WORLD TRADE ORGANIZATION, [s.d.]), o Brasil produz aproximadamente 80% de tudo aquilo que consome, tendo reduzido os preços internos de alimentos em 70%, além de ter alavancado a produtividade de diversas culturas e da pecuária com relativa estabilidade no aumento do uso de terras (EMBRAPA, 2018a; VIEIRA FILHO, 2019; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

A criação da empresa também inaugurou o embrião do SNPA, do qual a Embrapa foi nomeada presidente, evidenciando a importância de disponibilizar aos agricultores a tecnologia desenvolvida, por meio de serviços de assistência técnica e extensão rural. No entanto, nos últimos 47 anos, a abordagem para a inovação do SNPA foi modificada concorrentemente ao surgimento de novas premissas e atores (ARNON, 1989; BERDEGUÉ; ESCOBAR, 2001; EU SCAR, 2012, 2016; FAO; WORLD BANK, 2000; MEKONNEN et al., 2015; PIGFORD; HICKEY; KLERKX, 2018; THE WORLD BANK, 2006). Assim, embora o sistema tenha mantido sua sigla (aderente ao contexto elencado no NARS), mudou a maneira como a inovação e o conhecimento eram criados e disponibilizados às partes interessadas (FIGUEIREDO, 2016; PARENTE et al., 2020; PENTEADO et al., 2014; PEREIRA; CASTRO, 2017).

Independentemente da nomenclatura, a Embrapa conseguiu estabelecer uma sólida rede de pesquisa colaborativa no SNPA ao longo dos anos, abrangendo 157 das 196 universidades brasileiras, com esses projetos de pesquisa conjunta representando aproximadamente 81% de toda a pesquisa publicada pela empresa entre 2011 e 2015 (ANDRADE, 2018). Todavia, mudanças no mercado, intervenções políticas e mudanças institucionais ao longo dos anos levam a empresa a um caminho diferente (VIEIRA et al., 2015). Com efeito, a empresa teve que se adaptar a várias

restrições e demandas das partes interessadas, o que em parte aproximou o SNPA do setor do agronegócio, enquanto o isolou de outros institutos públicos de pesquisa e atores, como serviços de assistência técnica e extensão rural e agricultores familiares (ARAÚJO; PESSOA; LEITE, 1996; ARNON, 1987, 1989; MENDES; BUAINAIN; FASIABEN, 2014; MOTA; SCHMITZ; FREITAS, 2008; ROSA NETO, 2006).

Além disso, o fato de a Embrapa, como chefe do SNPA, concorrer de maneira desigual com outras instituições de pesquisa da rede por recursos financeiros e parcerias (PEREIRA; CASTRO, 2017), bem como os serviços de assistência técnica e extensão rural, que historicamente carecem de integração com a pesquisa (ARNON, 1989; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011) e encontram-se severamente desmantelados (BERGAMASCO; THOMSON; BORSATTO, 2017; PEIXOTO, 2008) trás um retrato dos graves problemas que o sistema tem enfrentado. Assim, os objetivos desse estudo podem ser enumerados em três fases; primeira, avaliar a história da agricultura brasileira e os eventos críticos que levaram a Embrapa ao desenvolvimento de práticas de gestão da inovação. Em segundo lugar, descortinar alguns desses efeitos e sua influência no SNPA. Por fim, determinar como a evolução dessa orientação teórica ajudou a projetar os novos fundamentos das práticas de inovação e a capacidade de adaptação do SNPA a possíveis novos desafios.

Esses pontos são críticos uma vez que podem ajudar as políticas públicas a entender onde correções devem ser adotadas para maximizar os resultados do sistema e, ao fazê-lo, melhorar os resultados da agricultura como um todo. Além disso, também pode ajudar a determinar algumas questões fundamentais que, em última análise, limitam os impactos da pesquisa, ao mesmo tempo em que podem fornecer *insights* aos formuladores de políticas públicas para dirimir questões-chave em futuros programas voltados para a inovação na agricultura. Como os problemas sistêmicos são uma preocupação dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, a compreensão das restrições e limitações do caso brasileiro também pode ajudar a direcionar uma agenda de pesquisa e um plano de ação que pode beneficiar outros países que enfrentam ou estão prestes a enfrentar problemas semelhantes.

O estudo está dividido em seis seções, incluindo esta introdução. A seção dois explica as diferenças entre a inovação como um processo exógeno e endógeno na agricultura. A seção três descreve brevemente o cenário agrícola antes de 1973, enquanto a seção quatro, delinea as restrições e os desafios enfrentados pela

agricultura brasileira após 1973 e sua evolução orientada para inovação. A quinta seção discute essas os pontos críticos da evolução da pesquisa agrícola no país e sua nova abordagem orientada para demanda. Por último, a seção seis apresenta comentários e ideias a partir da análise empreendida e possíveis caminhos para o SNPA.

3. 2 Duas visões sobre a inovação na agricultura

Pardey e colegas (2018) mostram que os países desenvolvidos têm reduzido os investimentos públicos em agricultura, enquanto que os em desenvolvimento tem sofrido para mantê-los. Esse comportamento tem persistido, mesmo quando estudos de viabilidade e retorno sobre o investimento de pesquisas agrícolas apontam para taxas positivas e elevadas (HURLEY; RAO; PARDEY, 2014; PARDEY et al., 2018). Pardey e colegas (2018) também mostram em seu estudo que houve um aumento significativo do investimento privado em pesquisa agrícola em diversos países. Para alguns governos, esse sinal forneceria evidências de que a pesquisa agrícola deva ser entregue ao setor privado. No entanto, Alston e colegas (2010) e Pardey e Alston (2012) alertam para os perigos dessa postura à longo prazo, porque apenas o poder público faz investimentos de alto risco (MAZZUCATO, 2011).

De outro modo, Pavitt (1984) acredita que o setor agrícola seja dominado pelos fornecedores. Para ele, inovações na agricultura só seriam criadas quando terceiros as achassem rentáveis. São exemplos disso a criação de novos tratores pela Caterpillar, novos pesticidas pela Bayer ou novas sementes pela Monsanto (ver (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008). Utilizando o mesmo raciocínio, também se espera que um terceiro assuma e domine recursos de conhecimento e mudança tecnológica, criando demanda para seus insumos. A visão por trás dessas duas abordagens sustenta que a inovação agrícola, sua adoção e difusão, pode ser vista como um caso de maximização do lucro, como no caso anterior (exógeno), ou, como um conjunto de decisões não necessariamente direcionadas para aumentar as receitas, como visto no parágrafo anterior (endógeno).

3.2.1 Inovação na agricultura como um processo exógeno

Os primeiros estudos a abordarem o impacto das mudanças tecnológicas na agricultura foram os trabalhos de Zvi Griliches (1957, 1958, 1960), que versavam sobre a adoção e produtividade do milho híbrido nos Estados Unidos. O autor argumenta que a taxa de adoção de tecnologias modernas parece ser um caso de orientação para maximização de lucro. A análise dos dados em seus estudos produziu uma função logística que ajuda a explicar a difusão de novas tecnologias como uma função dos encontros entre adotantes e não-adotantes. Assim, discute o autor, a experiência positiva de alguns agricultores seria passada para outros, que decidiriam pelo uso dessas tecnologias modernas (ROGERS, 1961). Rogers (1958, 2015) classificou esses agricultores, de acordo com seu período de adoção da inovação, em cinco categorias: inovadores, adotantes precoces, maioria precoce, maioria tardia e retardatários. No entanto, a difusão estaria intimamente relacionada ao fato de como os agricultores esperavam obter os lucros pelo uso dessa tecnologia (GRILICHES, 1960).

De forma semelhante, Paiva (1971, 1973, 1975) tenta explicar por que a taxa de adoção de insumos tecnológicos modernos para a agricultura nos países em desenvolvimento é lenta. Ele advoga que isso ocorre porque a adoção de tecnologias avançadas por alguns agricultores afeta a dotação de fatores ou o preço dos produtos no mercado. Portanto, se os preços de bens e fatores estão diminuindo, a disposição de outros agricultores em avaliar essas tecnologias modernas para posterior adoção diminui. Assim, a mudança tecnológica pára, até que novas abordagens para os excedentes de produtividade e mão-de-obra sejam encontrados, o que explica por que coexistem no setor métodos tradicionais e avançados, mesmo quando outros atributos para a adoção de tecnologias modernas são favoráveis. Paiva (1975) chamou esse mecanismo de autorregulação (baseado na expansão do setor não-agrário), que também pode ser refletido nas conclusões de Griliches (1960) para a difusão do milho híbrido em algumas áreas dos Estados Unidos.

Já Hayami e Ruttan (1971) e Ruttan e Hayami (1984) propõem que as inovações são induzidas pela força de restrições ou oportunidades criadas por instituições (e.g., governo, sociedade) e pela maneira como os atores reagem e interagem com elas. Suas suposições para a agricultura são sustentadas pelos argumentos de Hicks (1963), que, de forma pioneira, identificou a questão das invenções induzidas para substituir fatores escassos no mercado. As invenções induzidas com maior potencial seriam então anexadas a uma curva de possibilidades

de inovação contendo os avanços técnicos viáveis para as mesmas restrições (e.g., orçamento e conhecimento) (AHMAD, 1966). Segundo Hayami e Ruttan (1971), as mudanças no preço das dotações de recursos afetavam a propensão de inovações direcionadas a economizar fatores, ao mesmo tempo em que aumentam a produtividade e reduzem os preços para os mercados consumidores.

3.2.2 Inovação na agricultura como um processo endógeno

Embora concordando com Hayami e Ruttan (1971), Paiva (1975) destaca que o modelo de inovação induzida não seria ideal para explicar a difusão tecnológica nos países em desenvolvimento com um estoque de conhecimentos considerável. Além disso, nenhum dos modelos discutidos acima considera a inovação como um processo endógeno, o que para alguns autores (RUTTAN, 1997; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017) é sua maior falha. Embora as empresas busquem frequentemente o lucro, sua maximização nem sempre direciona a decisão do empreendedor devido a conhecimentos prévios, rotinas, e à interação de outros atores que atuam de forma colaborativa em sistemas de inovação (EDQUIST, 2005; KLERKX; AARTS; LEEUWIS, 2010; SOUZANCHI KASHANI; ROSHANI, 2019).

O NARS (ARNON, 1987, 1989; BYERLEE, 1998; ECHEVERRÍA, 1998) assume uma perspectiva de inovação baseada em um modelo em linha ou pipeline (ARNOLD; BELL, 2001), onde as inovações são orientadas por pressões científicas (*technology-push*) ou pressões do mercado (*demand-pull*). Nesse sistema, as prioridades de pesquisa e a alocação de recursos são definidas pelos formuladores de políticas, que frequentemente estão desalinhados com as necessidades dos agricultores. É visto atualmente como problemático porque, na maioria das vezes, não leva em consideração a capacidade de absorção (COHEN; LEVINTHAL, 1990; ZAHRA; GEORGE, 2002) e as necessidades dos agricultores e serviços de assistência técnica e extensão rural, tornando menos provável a utilização das tecnologias desenvolvidas. Segundo Arnon (1987, 1989), alguns dos problemas mais recorrentes são a extrema separação de atores, a comunicação unidirecional entre eles (abordagem *top-down*, da pesquisa para os agricultores) e o ego dos pesquisadores.

Diferentemente do NARS, o AKIS prevê a educação agrícola, juntamente com os serviços de pesquisa e extensão rural, trabalhando em favor dos agricultores,

tornando-os parceiros e não apenas receptores de tecnologias (FAO; THE WORLD BANK, 2000). Nessa proposta, a educação atuaria como um catalisador para o sistema, aumentando não apenas a capacidade de absorção, mas as capacidades tecnológicas e a propensão para a adoção de inovações pelos agricultores (chegar o efeito de algumas dessas variáveis em MICHEELS; NOLAN, 2016). Contudo, novos desafios e restrições impostos pelas mudanças climáticas e as demandas de um número crescente de consumidores abastados e esclarecidos exigiam mais soluções. Assim, políticas governamentais de inovação, exploração de sinergias entre os atores com funções complementares e de suporte, bem como uma abordagem de múltiplos atores para projetos de inovação aberta para promover o desenvolvimento tecnológico e inovativo foi proposta, tendo o nome do sistema, atualmente, sofrido alteração para comportar a dimensão da inovação² (EU SCAR, 2012, 2016, 2019).

Atualmente, existe um extenso corpo de literatura relacionando os impactos positivos de práticas coevolucionárias no AIS e seus efeitos, especialmente no que tange as mudanças tecnológicas (e.g., (DEVAUX et al., 2009; HALL et al., 2003; MEKONNEN et al., 2015; SPIELMAN et al., 2008; VEREIJSEN et al., 2017). Um dos primeiros estudos que inspiraram a estrutura dos frameworks mais citados sobre esse sistema é apresentada no estudo de Arnold e Bell (2001) sobre os Sistemas Nacionais de Inovação. Seus principais argumentos são voltados para uma estrutura focada principalmente na "imitação criativa", na exploração do conhecimento existente e na construção de um ambiente propício para empresas que empreendam a disseminação e a adoção de tecnologias, como fazendas e instituições de saúde.

3.3 Agricultura brasileira antes de 1973

O Brasil é um país cuja a dependência histórica na agricultura suscitou diversos *booms*, com exemplos notáveis na borracha, café, e atualmente na soja, laranja, açúcar, gado de corte e aves (FREIVALDS, 2005). Ainda assim, poucas foram as práticas cientificamente projetadas até meados da década de 1960. A abordagem adotada por camponeses, assim como por grandes agricultores, era frequentemente baseada em conhecimentos prévios, do tipo tentativa e erro, onde a terra e o trabalho se apresentavam como fatores abundantes (ALVES; CONTINI, 1988). Assim, a

² O acrônimo, hoje, é mais conhecido como Sistema de Inovação e Conhecimento Agrícola (Agricultural Knowledge and Innovation System).

exploração da terra era recorrentemente feita até a exaustão do solo, quando finalmente o agricultor decidia abandonar o local, deixando para trás apenas uma terra árida e de baixíssima fertilidade (GALJART, 1968).

Entre as décadas de 1950 e 1960, o crescimento populacional e a elevada migração urbana, dado o início do processo de industrialização do país, já sinalizavam com uma luz amarela sobre o problema da demanda latente dos centros urbanos por alimentos essenciais, que foi agravada pela super exploração de culturas como café, e que levou a produção de alimentos básicos (como arroz e feijão) para áreas remotas (JAMES, 1953). A falta de instalações adequadas para o armazenamento, os custos associados ao transporte e as tecnologias atrasadas utilizadas contribuíram para que os preços dos alimentos disparassem (STERNBERG, 1955), especialmente os alimentos de origem animal, como foi o caso dos bovinos de corte (PAIVA, 1961).

Já entre os anos de 1960 e 1970, os desafios apresentados foram ainda maiores. Embora tenha sustentado um aumento médio de 1% ao ano na produção agrícola para as culturas não cafeeiras desde a década de 1950 (i.e., cacau, arroz, açúcar, carne), a taxa de crescimento líquida da população brasileira permaneceu em torno de 3,0% e 3,5% (NICHOLLS, 1971) enquanto que as exportações, desde meados dos anos 1950, praticamente estagnaram (SCHUH; ALVES, 1970). Assim, o país, que já era importador líquido de alimentos, viu, durante a década de 1960, sua margem de importação subir para quase 30% no segmento de alimentos básicos (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Ao mesmo tempo, cientistas brasileiros afirmavam que o Brasil teria que aumentar sua produção agrícola em pelo menos dez vezes ou interromper os investimentos em industrialização (CASTRO, 1968).

Segundo Alves e Pastore (1978), o problema da escassez de oferta de alimentos estava intimamente relacionado à política de preço mínimo sobre as culturas alimentares adotada no período em questão, que impedia o incremento de produção por parte dos agricultores, apesar do aumento da demanda. Além disso, as restrições impostas durante a política de industrialização e substituição de importações também contribuíram para transferir recursos da agricultura para a indústria (LOPES; SCHUH, 1981). Assim, recursos para compra de insumos modernos para agricultura (e.g., fertilizantes, pesticidas, tratores) minguavam uma vez que a maioria deles era importada (com preços em dólar) e os impostos aplicados para proteger a indústria nacional eram elevados (ALVES; PASTORE, 1978).

Pastore, Alves e Rizzieri (1974) explicam essa histórica falta de investimentos em ciência e tecnologia na agricultura, bem como a política de industrialização e de substituição de importações como uma decisão racional sobre a alocação de recursos abundantes para uma melhor taxa de retorno social. Além disso, Leff (1967, p.288) argumenta que a política de substituição de importações seria mais atraente para a opinião pública do que o pesado status de exportador de *commodities*, herdado durante o período em que o país fora colônia da coroa portuguesa. Além disso, preocupações recorrentes com quebras na cadeia de abastecimento e na balança de pagamentos sugeriam que essa seria uma solução viável. Isso não impediu, no entanto, que ações para colocar a agricultura nos trilhos, durante as décadas de 1960 e 1970, fossem tentadas.

Porém, cada programa lançado sofria com problemas críticos que limitavam seu escopo. Falta de recursos financeiros, recursos humanos insuficientes e despreparados, fraca integração entre institutos de pesquisa (estaduais e regionais) e serviços de assistência técnica e extensão rural, interferência política, baixos salários - só para citar alguns, foram os principais gargalos para o desenvolvimento e a disseminação tecnológica na agricultura brasileira (RODRIGUES, 1987a, 1987b, 1987c). Seja uma decisão tecnocrática ou uma inovação institucional induzida (MUELLER; MUELLER, 2018), uma nova abordagem para a agricultura brasileira estava prestes a ser adotada. Assim, em 26 de abril de 1973, a Embrapa foi criada.

3.4 Agricultura brasileira depois de 1973

Uma das premissas que pautou a criação da Embrapa foi a necessidade de recursos humanos diferenciados para a pesquisa agrícola brasileira. Assim, desde o início, houve a preocupação de que os funcionários da nova empresa pudessem construir capacidades absorptivas robustas, o que se deu não apenas enviando-os para temporadas de qualificação em cursos de pós-graduação no exterior, mas também trazendo para a empresa pesquisadores renomados, concedendo apoio financeiro amplo, e garantindo relativa independência para a realização de pesquisas de nível básico, bem como para a adaptação de conhecimentos criados em outros lugares. O próximo passo foi o de centralizar os serviços de assistência técnica e extensão rural no país sob a autoridade de uma única entidade, o que resultou, em 1975, na criação

da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater)³. E assim foi formado o núcleo do SNPA.

O SNPA foi responsável por realizar as transformações tecnológicas necessárias na agricultura brasileira. A chamada revolução verde só foi possível no Brasil devido ao uso de insumos modernos desenvolvidos ou adaptados pela pesquisa e disseminados pelos serviços de assistência técnica e extensão rural aos agricultores. O impacto dessa nova agricultura, baseada em ciência, foi sentido na balança de pagamentos e no prato (VIEIRA FILHO, 2019; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). O aumento da produtividade resultou em produtos de baixo custo que foram apropriados pela população (queda nos preços dos alimentos) enquanto o excedente era exportado. O antigo importador de alimentos parou de contar com ajuda internacional em meados da década de 1980, expandindo substancialmente a produtividade da pecuária e grãos, enquanto que o aumento na área destinada a produção foi relativamente tímido (EMBRAPA, 2018a; MARTHA JR.; ALVES, 2018).

De qualquer forma, uma das contribuições mais significativas da pesquisa foi a capacidade de transformar a savana brasileira em uma das áreas mais produtivas do mundo. Localmente conhecida como 'Cerrado', essa região chamou a atenção de vários grupos, mas principalmente de políticos e americanos (NEHRING, 2016). Entretanto, embora o clima da região pudesse ser considerado moderado, as características pedológicas do Cerrado eram terríveis, principalmente por causa da alta concentração de alumínio e acidez do solo, tornando a terra inadequada para diversas culturas (HOSONO; ROCHA; HONGO, 2016). Ainda assim, o interesse em uma das últimas fronteiras agrícolas do Brasil foi decisivo para instigar pesquisas que encontrassem uma maneira de compensar os problemas e iniciar a exploração de soja, gado e expandir a produção de milho (HOSONO; ROCHA; HONGO, 2016).

Apesar de algumas diferenças em relação aos tipos de cultura e região, a criação de conhecimento e a mudança tecnológica foi fortemente apoiada pelo governo brasileiro nos primeiros 20 anos da Embrapa. Então, um movimento iniciado nos Estados Unidos, passou a orientar a redução de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) por parte do poder público, e que foi seguido por vários países desenvolvidos da Europa e pelo Japão (ALSTON; BEDDOW; PARDEY, 2009),

³ A empresa centralizou os esforços das empresas estatais de assistência técnica e extensão rural (conhecidas como Emater) e foi responsável por conectar a pesquisa (Embrapa) aos agricultores, principalmente os familiares, a partir de 1984 (Peixoto, 2008).

mesmo quando fortes evidências sustentavam que o investimento público de P&D na agricultura era baixíssimo, dado sua capacidade de retorno econômico e social historicamente verificada (HURLEY; RAO; PARDEY, 2014; PARDEY et al., 2018). A validade da estimativa continua válida, mesmo sabendo que grande parte dos resultados da pesquisa seja perdida devido a fatores de risco relacionados à inovação, sendo mais provável seguir uma distribuição de Pareto (SUNDING; ZILBERMAN, 2001).

Impulsionado por uma crise política, fiscal, orçamentária e administrativa na década de 1980 (BRESSER-PEREIRA, 1999, 2000), o investimento em P&D por parte do poder público brasileiro findou, no início dos anos 1990, por seguir o mesmo caminho que suas contrapartes de países desenvolvidos. A Embrapa já havia tornado pública sua preocupação no que competia a questões orçamentárias em seu primeiro plano diretor, publicado em 1988, onde abordou como os desafios de sua agenda de pesquisa poderiam ser enfrentados com um apoio financeiro tão escasso (EMBRAPA, 1988). Independentemente disso, em 1990, o novo governo sinalizou que a empresa deveria ser capaz de se adaptar a um estilo de gestão mais profissional, no qual estaria apta a captar recursos oriundos de resultados de pesquisas passadas e futuras para atividades de autofinanciamento (RIBEIRO, 1999).

O que história recente tem mostrado, porém, é que essa estratégia nunca foi suficiente para sustentar pesquisas de alto nível. Além disso, o NARS brasileiro estava prestes a sofrer outro duro revés, a extinção da Embrater⁴ que, ao lado de um processo de reestruturação da Embrapa, tomou corpo em 1990. A justificativa foi meramente econômica para ambas as empresas (BRESSER-PEREIRA; NAKANO, 1991). Todavia, enquanto a Embrapa continuava sendo vista como estratégica e continuaria recebendo, mesmo que escasso, apoio financeiro do governo federal, o fechamento da Embrater, em 1990, transferiu para os estados o ônus de financiar integralmente a assistência técnica e extensão rural, contudo, a chefia dos serviços de extensão rural passaria para a Embrapa (PEIXOTO, 2008). Embora ainda estejam operando na maioria dos estados brasileiros, esse episódio contribuiu para sucatear a maioria dos serviços de assistência técnica e extensão rural existentes, com poucas exceções sendo observadas (RIBEIRO, 1999).

⁴ A empresa foi extinta em 15 de janeiro de 1989 por um ato presidencial, revertido em 5 de abril de 1989. A empresa foi extinta definitivamente, em 15 de março de 1990, por outro ato presidencial.

O arrocho financeiro na Embrapa não se restringira apenas ao financiamento das atividades de pesquisa. A reforma proposta pelo governo brasileiro procurava, de forma bastante contundente, fechar algumas unidades que foram vistas como estrategicamente fracas⁵ ao longo dos anos. Assim, 15 unidades tiveram que provar sua viabilidade técnica e financeira (por exemplo, Embrapa Caprinos e Ovinos) ou mudar completamente sua missão e escopo (por exemplo, Embrapa Caju virou Embrapa Agroindústria Tropical). Quatro unidades que não conseguiram convencer o governo sobre a importância de seus trabalhos foram incorporadas por outras, tornando-se duas unidades (por exemplo, a Embrapa Agricultura Irrigada foi incluída na UEPAE⁶ de Teresina, tornando-se a Embrapa Meio-Norte) (RIBEIRO, 1999).

Embora algumas práticas e ferramentas de gestão estratégica já tivessem sido utilizadas pela empresa (EMBRAPA, 1988; FREITAS FILHO, 1989), esse novo marco orientou de forma mais incisiva a introdução da Embrapa no contexto de práticas de gestão profissional, como planejamento estratégico e de cenários. Assim, a empresa passa de uma perspectiva científica para uma abordagem de demanda, bem como passa a adotar práticas de validação tecnológica, gerenciamento de portfólio e projetos, entre outros (CASTRO; LIMA; CARVALHO, 2002; EMBRAPA, 1988; FREITAS FILHO, 1989; GOEDERT; CASTRO; PAEZ, 1995; VASCONCELOS; RIBEIRO; CRUZ, 1998). Uma das contribuições mais significativas, porém, veio de Molina Filho (1993), que identificou e sistematizou o tipo de clientela da Embrapa e suas categorias de envolvimento. O autor sustentava a importância de trabalhar corretamente essas categorias para reconhecer potenciais clientes, especialmente os mais ricos, e disseminar, de maneira eficiente, as pesquisas e tecnologias da empresa.

Segundo Araújo, Pessoa e Leite (1996), a superação da mentalidade embutida na cabeça de pesquisadores de que empresas públicas deveriam entregar as tecnologias desenvolvidas gratuitamente à sociedade, e permanecer à parte do setor privado, foi bastante complicada no início. Não sem esforço, a empresa conseguiu encontrar parceiros (por exemplo, cooperativas, empresas privadas, agricultores, municípios) para financiar parte, em alguns casos a totalidade, das atividades de pesquisa, não apenas com recursos financeiros, mas também com mão de obra, insumos, maquinaria, terra e equipamentos (ARAÚJO; PESSOA; LEITE,

⁵ Ver Hall et al. (2008) e Pastore (1977).

⁶ UEPAE significa Unidade de Execução de Pesquisa Estadual

1996). O primeiro balanço social da empresa (EMBRAPA, 1998a) trouxe dados demonstrativos sobre a atuação e disseminação de tecnologias do SNPA, que já funcionava como uma espécie de AKIS deficiente (FAO & THE WORLD BANK, 2000; THE WORLD BANK, 2006). Entretanto, mesmo com diversas restrições surgidas nos últimos anos, o lucro social da Embrapa foi bastante significativo, com uma receita de US\$ 3,48 por dólar gasto.

A orientação para demanda foi, de fato, crucial para direcionar os esforços de pesquisa para o desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias em uma perspectiva de inovação aberta (CHESBROUGH, 2002). Essa tendência se acentuou ainda mais a partir de 1997, após a criação do Conselho de Administração da Embrapa, que incluiu, entre outros atores, o setor privado (EMBRAPA, 1998b). Um exemplo bastante ilustrativo pode ser visto no caso da Embrapa Agroindústria Tropical. A empresa, em parceria com Sindfruta, Sebrae e Finep, foi capaz de construir uma máquina com capacidade de extrair água de coco de 1800 unidades/hora, contra 125 unidades/hora, que era o máximo que se conseguia por meio de trabalho artesanal, enquanto avançou um protocolo que fez com que a bebida pudesse durar até 60 dias sem a necessidade de conservantes (AGÊNCIA BRASIL, 2002; JOHN, 1999).

O sucesso de iniciativas como essa envolveram a empresa na missão de inovar a transferência de tecnologia, dando origem a uma ação com impactos significativos no crescimento de pesquisadores e empresas envolvidas, o Programa de Incubação de Agronegócios da Embrapa (Proeta). O Proeta é uma iniciativa de inovação aberta que debutou em 2001. Pretendia ajudar o desenvolvimento regional, fomentando o engajamento de pesquisadores e a comunidade, construindo e fortalecendo redes de conhecimentos e empreendedorismo (SLUSZZ et al., 2013). No entanto, a falta de financiamento, as áreas cinzas em relação as contra-partidas de cada uma das partes, bem como interesses divergentes entre os atores quase cessaram suas atividades. Atualmente, apenas uma agência (Embrapa Meio Norte) se utiliza do programa para transferir tecnologias (EMBRAPA, 2018b).

Enquanto isso, na área de gestão, as atividades de planejamento estratégico conduzidas pela administração da Embrapa continuavam a mapear o mercado e a construir possíveis futuros cenários, bem como identificar desafios de curto e longo prazo (EMBRAPA, 2003; RIPA, 2008). De fato, o lançamento constante de novas tecnologias, níveis crescentes de educação e renda nos países em

desenvolvimento, mudanças culturais e comportamentais e desenvolvimento econômico tiveram que ser considerados nesses planos (EMBRAPA, 2004, 2008).

Assim, diversas unidades iniciaram a busca não apenas por produtos inovadores, mas também passaram a se dedicar a padrões de gestão da qualidade (CASTRO, 2005; XAVIER et al., 2005), muito exigidos em determinados segmentos da pesquisa e, de certa forma, negligenciado na empresa. Não sem razão, os altos custos associados à obtenção e manutenção de certificações ISO limitaram o acesso a tais distinções para apenas um seleto grupo de unidades estratégicas da empresa; contudo, as experiências do processo foram estendidas a outras unidades que, mesmo sem o reconhecimento de um instituto independente, passaram a gozar dos benefícios de tais práticas (MENDES; CRIPPA, 2012).

De maneira semelhante, o gerenciamento de projetos tornou-se uma questão prioritária para a Embrapa desde 2008 (EMBRAPA, 2008), por meio da qual a empresa buscava aumentar a eficiência, monitorar indicadores, e melhorar o desempenho dos projetos de pesquisa, com o desenvolvimento e a disponibilidade de tecnologias no mercado com maior agilidade e menores custos (BASSI; SILVA, 2011; LOPES et al., 2010; VASCONCELOS NETO et al., 2013). De qualquer forma, as ferramentas projetadas para enfrentar essas tarefas foram consideradas tendenciosas, as entradas e saídas de informações eram confusas e incompletas para serem usadas na tomada de decisões ou no planejamento, foram acusadas de promover projetos sem nenhum impacto significativo, além de não produzir a sinergia esperada entre as unidades nem integrar a P&D (PENTEADO et al., 2014).

Além disso, ex-funcionários afirmam que a Embrapa apenas encontrou mais uma maneira de aumentar a burocracia e permanecer letárgica em relação ao processo de inovação, devido ao excesso de controle que retarda a pesquisa, mas principalmente em prejuízo das possíveis parcerias que poderiam ser firmadas e do tempo que essas inovações levam para chegar ao mercado (ZANATTA, 2017). A recente inclusão de categorias baseadas no Technology Readiness Level (TRL) para classificar o portfólio de inovações da Embrapa (CAPDEVILLE; ALVES; BRASIL, 2017) ainda não produziu os resultados esperados em termos de parcerias.

Uma parte significativa do problema pode ser explicado pelo fato de que os projetos continuam levando muito tempo para serem aprovados (de um a dois anos), enquanto o setor privado pode fazê-lo em apenas três meses (ZANATTA, 2017). Assim, um dos principais gargalos da companhia atualmente, que seria a falta de

recursos financeiros para realização de atividades de pesquisa, continua sem solução (ESTADÃO, 2018). Logo, é possível inferir que a empresa ainda enfrente sérios problemas financeiros para cumprir sua missão, pelo menos no curto prazo.

3.5 Discussão

É relativamente fácil fazer pesquisa e fornecer assistência técnica a agricultores ricos, com acesso a recursos financeiros e capacidade de absorção acima da média. Muitos desses agricultores são bem preparados, ao mesmo tempo em que constantemente olham o mercado em busca de tecnologias modernas para melhorar resultados em termos de produtividade e lucros (GRILICHES, 1957, 1960; ROGERS, 1958, 1961), muitas vezes até induzindo a criação de tais tecnologias para suas necessidades específicas (HAYAMI; RUTTAN, 1988; RUTTAN, 1996; RUTTAN; HAYAMI, 1973). O outro grupo, no entanto, frequentemente carece de tudo, inclusive de conhecimentos considerados básicos. Esse problema os torna uma aposta no que tange a adoção de inovações, desafiando os princípios da orientação para maximização do lucro, uma vez que, sendo em sua grande maioria retardatários, não existiriam incentivos extraordinários para que o dispêndio nesse insumos modernos fossem efetuados (ROGERS, 2015; PAIVA, 1971, 1973, 1975).

Portanto, o foco inicial do SNPA em *commodities* como carne bovina, soja, trigo, e milho, produtos com muito apelo e bastante valorizados nos mercados nacional e internacional, fez com que o país fosse, ao mesmo tempo, exitoso no controle do fantasma da insegurança alimentar e melhorasse o resultado da balança comercial. Com efeito, o problema da escasses de alimentos, colocado como impecilho para o desenvolvimento industrial do país, especialmente por causa dos preços e disponibilidade de alimentos para moradores dos grandes centros urbanos, fora ‘resolvido’ a partir da segunda metade da década de 1980. Entretanto, apenas os grandes agricultores ditos tecnológicos foram realmente beneficiados com a criação de conhecimento e a mudança tecnológica introduzidas pela Embrapa e demais parceiros. Demais produtos, tidos como básicos e sem muito espaço no mercado internacional (não por acaso, grande parte do que os pequenos produtores cultivam), foram pouco beneficiados (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008; PASTORE, 1977).

Deste modo, não dá para dizer que essa estratégia fora necessariamente eficiente, uma vez que permitiu que o país permanecesse na incômoda posição de

entregar *commodities* a preços muito baixos, ao mesmo tempo em que absorve custos ambientais substanciais como, por exemplo, o óxido nitroso e o metano produzidos na pecuária (PELLETIER; TYEDMERS, 2010; TULLO; FINZI; GUARINO, 2019). No longo prazo esse custo, que não é embutido nos produtos vendidos, trás apenas ônus, especialmente na forma de mudanças climáticas e degradação do solo, criando áreas susceptíveis de desertificação que serão abandonadas, em um ciclo já conhecido na agricultura brasileira (ver Galjart, 1968; James, 1953). Embora a mentalidade sobre o uso indiscriminado da terra tenha melhorado de forma significativa nos últimos 20 anos, ainda existe um gap muito grande entre práticas por cultura e grupos de agricultores.

Mas o SNPA também desenvolveu tecnologias robustas orientadas para culturas aderentes a outras regiões, como no semiárido. Por exemplo, a seleção e introdução de alimentos biofortificados se constitui em uma solução bastante interessante para regiões pobres (SALTZMAN et al., 2013), como no caso do feijão caupí (SANTOS; BOITEUX, 2013), cujos estudos para o desenvolvimento de variedades mais resistentes às ondas de calor (sequeiro com baixa pluviosidade) e com maior carga protéica e de minerais prometem impactos positivos em comunidades de baixa renda e com dificuldade de acesso a alimentos. Tecnologias semelhantes foram utilizadas para introduzir variedades de cajueiro-anão⁷ precoce, bastante adaptadas às características da região e resistentes à maioria das doenças que diminuem sua qualidade e produtividade, como o mofo preto, a antracnose e o oídio (BRASIL, 2019).

No entanto, focar apenas nos resultados, sem olhar para as características intrínsecas do mercado pode restringir pesadamente os esforços de pesquisa. Por exemplo, o estudo de Tankari (2017) explicita que o investimento em culturas comerciais não tem melhorado o bem-estar dos agricultores familiares do Senegal, pelo contrário, tem agravando a insegurança alimentar entre eles, principalmente daqueles agricultores considerados não pobres. De maneira semelhante, a superprodução de caju no mercado internacional fez com que o preço pago aos produtores no Brasil passasse de R\$ 8,73 em 2018 para R\$ 2,18 em 2019 (OLIVEIRA, 2019). Oliveira (2020) culpa os intermediários, os altos custos associados ao

⁷ O produto mais valioso é a amêndoa da castanha do caju (ACC), que é vendido *in natura* para consumo ou processado em outro local para fabricação de outros produtos. O caju é usado localmente, principalmente para suco, mas seu valor é muito inferior.

processamento, a falta de organização entre os agricultores, e a falta de padronização. Contudo, estes problemas precisam ser considerados pela a priori pela pesquisa (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011; PAIVA, 1975; SCHUH & ALVES, 1970), caso contrário, tais esforços serão inúteis.

Para Julio Zoe (ASBRAER) e Argileu Martins (MDA), a exclusão dos agricultores do processo tecnológico, a falta de planejamento sobre a forma como a transferência de tecnologia seria efetuada pela pesquisa, e a falta de visão dos governos quando propõem e desenvolvem políticas públicas são os principais culpados, porque a única coisa que disseminam é a pobreza no campo (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011). Todavia, nenhum desses problemas é novo, tendo vários deles sido amplamente discutidos como restrições da NARS ao longo dos anos (ARNON, 1989; ECHEVERRÍA, 1998; ROSEBOOM; RUTTEN, 1998). Nem novas proposições de sistemas, tais como o AKIS (EU SCAR, 2019; FAO; THE WORLD BANK, 2000) ou o AIS (MEKONNEN et al., 2015; SPIELMAN & BIRNER, 2008), que previam a necessidade de maior comunicação, bem como a inclusão de outros atores e relacionamentos na rede foram bem sucedidas.

Mesmo que essa evolução em relação a abordagem sistêmica seja observada no contexto do SNPA (PEREIRA E CASTRO, 2017), ainda assim não foram capazes de resolver os problemas de comunicação que existem entre a pesquisa e outros atores, ou a questão do ego dos pesquisadores (ARNON, 1989; FURLAN, 2018; PASTORE, 1977). A recente reinstituição de um ente responsável por gerenciar nacionalmente a assistência técnica e a extensão rural – Anater, também não será capaz de resolver tais problemas, porque ela apenas transfere a responsabilidade, sem abordar a questão da comunicação de maneira profunda. Ademais, a Anater já nasceu com severas limitações que a estão impedindo (e a impedirão, durante muito tempo) de exercer o papel organizador e transformador que dela se espera. Enquanto isso, as Emater e os pequenos agricultores continuam sofrendo as consequências.

Os problemas financeiros que ambas as empresas tem enfrentado são apenas outra questão que ameaça o sistema de pesquisa brasileiro como um todo, porque, até o momento, as soluções apresentadas para a pesquisa, por exemplo, se ligam principalmente à procura por parceiros bem estabelecidos economicamente (ARAÚJO; PESSOA; LEITE, 1996; ZANATTA, 2017), reforçando o viés de seleção em relação aos tópicos de pesquisa e quem se beneficia com isso. No caso da

extensão rural, o problema se dá no sentido de que as atividades são direcionadas para reduzir o tempo de adoção daqueles agricultores considerados tecnológicos (adotantes precoces, maioria precoce), enquanto os demais são deixados à própria sorte (maioria tardia e retardatários) (ROLING, 1985; ROGERS, 1958, 2015), novamente reforçando o viés de seleção e segregando a atividade no campo.

Além disso, a recente desaceleração demonstrada no âmbito da pesquisa pública, bem como a desculpa de se concentrar em produtos e tecnologias mais orientadas para o mercado (EMBRAPA, 2018a; CAPDEVILLE, ALVES & BRASIL, 2017), com o intuito de desenvolver outros segmentos, tem se mostrando, no mínimo, bastante arriscadas, com resultados imprevisíveis, especialmente por causa burocracia (ESTADÃO, 2018; ZANATTA, 2017). Embora alguns argumentos do ex-presidente da Embrapa, Maurício Lopes, até façam sentido sob o ponto de vista do interesse público (ZANATTA, 2017), de maneira geral, eles não tem demonstrado a eficácia esperada, pois além de não conseguirem proteger a coisa pública de interesses particulares (LOPES JÚNIOR et al., 2018), terminam por minar os esforços direcionados ao aproveitamento das janelas de oportunidade. Enquanto isso, crises orçamentárias e políticas comprometem projetos, unidades, e pesquisas futuras de produtos básicos, o que só deve piorar nos próximos anos (FURLAN, 2018).

Essa tendência é particularmente danosa em áreas economicamente pouco atraentes, como o semiárido, onde a pesquisa raramente se apresenta com soluções práticas (TENDLER, 1993), deixando espaço para tecnologias descontinuadas de grandes empresas (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008). A redução recursiva do tamanho das propriedades rurais também é um desafio para a difusão da inovação no campo (PARDEY & ALSTON, 2012), porque aumenta a complexidade em relação ao número de elos necessários, impedindo os pequenos agricultores de adotarem com eficiência novas tecnologias (RUSU; DIRIMANOVA; SIMIONESCU, 2015), já que também lhes falta, normalmente, capacidade absorviva, educação, e capital social (para entender a importância desses fatores, ver MICHEELS; NOLAN, 2016). Como não há espaço suficiente para economias de escala e o custo por unidade de insumo se torna alto, os pequenos produtores, aí incluídos os agricultores familiares, são virtualmente excluídos do processo de inovação. Assim, instituições, criação de conhecimento e mudança técnica precisam evoluir de maneira conjunta e coordenada para superar esses gargalos, notadamente em áreas onde essas restrições são mais pronunciadas.

3.6 O futuro do sistema brasileiro de pesquisa agropecuária

Há muito se sabe do aspecto individualista da pesquisa, especialmente em algumas áreas e culturas mais específicas. Como tal, em muitas unidades da Embrapa, projetos e estudos acabam sendo orientados pelo que os pesquisadores querem, e não pelo que a empresa ou o mercado precisam. As universidades brasileiras, parceiras da empresa no SNPA, não fogem à regra. Não raro, esse comportamento finda por produzir pesquisas que, na sua grande maioria, estão desalinhadas com as demandas do mercado consumidor e dos agricultores, enquanto o conhecimento da pesquisa resta fragmentado dentro das unidades da Embrapa e universidades, e entre os demais membros do SNPA.

Com efeito, as universidades brasileiras tem sua parcela de culpa, uma vez que ainda criam pesquisadores orientados para produção de artigos científicos, destarte, pouco alinhados ou conscientes da necessidade de se criar conhecimento e inovação de fato. Essa falta de orientação ao mercado é um obstáculo considerável e que não tem dado indícios flexibilização, mesmo com todas as ferramentas e direcionamentos que a empresa vem desenvolvendo desde a primeira metade da década de 1990. Esse evento torna-se ainda mais crítico porque a empresa depende da captação de recursos para atingir seus fins em termos de projetos de pesquisa e, artigos científicos, embora tragam notoriedade e respeito, não se traduzem, necessariamente, em recursos financeiros para pesquisa, embora possam ajudar a obtê-los.

Como chefe do SNPA, se a Embrapa enfrenta dificuldades para oferecer suporte técnico a outros atores por causa de problemas de caixa para despesas correntes, o sistema entra em colapso. Contudo, em algumas unidades, e para alguns serviços, essa situação já é uma realidade. A mais crítica dessas restrições, porém, refere-se a tópicos relacionados a assuntos da área administrativa e gerencial, que sempre atingem o intransponível muro da burocracia brasileira, independentemente dos esforços da empresa. É certo que estes motivos tenham grande participação nas tentativas frustradas da empresa de definir o curso da pesquisa em direção à fronteira do conhecimento e da inovação, dando munição a grupos políticos e da sociedade civil que se opõem aos gastos públicos em pesquisa.

A (re) criação de uma entidade para coordenar a extensão agrícola em todo o país foi um passo importante, mas ainda está longe do ideal, devido a restrições financeiras que afetam a disponibilidade e a frequência dos serviços. Além disso, a Anater não consegue exercer o mesmo papel que a antiga Embrater, particularmente no que tange ao financiamento das atividades de assistência técnica e extensão rural a nível estadual, o que significa que os problemas que afetam essas atividades persistirão em prejuízo do acesso ao conhecimento e à tecnologia pelos agricultores. No final, o conhecimento tem evoluído mais rapidamente do que os agricultores podem aprender, o que faz com que o ciclo da miséria rural se perpetue. Infelizmente, para poder produzir e apresentar resultados para a sociedade, empresa e agência optam por adotar o caminho mais fácil, por meio de uma seleção tendenciosa de destinatários de tecnologia na qual beneficia apenas aqueles que podem absorver conhecimento e mostrar seus resultados mais rapidamente.

Porém, os desafios enfrentados pela pesquisa e extensão rural estão pulverizando as chances de o Brasil emergir como líder da próxima revolução agrícola. De um lado, agricultores ricos veem suas margens encolherem pelo uso indiscriminado de insumos importados caros e de pacotes tecnológicos de multinacionais estrangeiras. Na outra ponta, os agricultores pobres de áreas de sequeiro, notadamente aqueles do semiárido nordestino, gritam por ajuda, impotentes. Esse último grupo, em especial, continua refém de tecnologias ultrapassadas de terceiros, que estão apenas interessados em lucrar com elas, reforçando o ciclo de pobreza e fome no campo, pois não estão lá para resolver o problema, mas lucrar com ele. Mais uma vez, a seleção enviesada se faz presente, e o agricultor familiar médio no Nordeste dificilmente encontrará uma saída fora da extrema miséria, enquanto os grandes agricultores permanecem presos na armadilha da *commodity*, procurando meios de aumentar a produtividade enquanto exaurem recursos escassos, como o solo e o meio ambiente.

Isso não significa dizer que a salvação da inovação na agricultura brasileira esteja vinculada à criação do EmbrapaTec, ou para uma agenda de pesquisa orientada para o semiárido nordestino e seus agricultores retardatários. No entanto, se o governo, assim como a pesquisa e extensão pública, não estabelecerem um plano conciso, mas prático, para não apenas desenvolver a agricultura, mas também expandir o setor não-agrário de maneira consciente e orientada, o Brasil poderá voltar a incômoda posição de importador de alimentos de décadas anteriores aos anos 1970.

Nos próximos anos, o mundo e os brasileiros voltarão a questionar de maneira mais incisiva sobre segurança alimentar e nutrição, e o dinheiro não deveria ditar quem terá acesso a uma refeição decente. O mundo está pedindo respostas. O Brasil está à altura do desafio? Só o tempo dirá, mas, a julgar pelos fatos e desenvolvimentos recentes, o caminho a seguir é duro e cheio de obstáculos.

4 A COEVOLUÇÃO DO SETOR AGRÍCOLA BRASILEIRO - UMA AVALIAÇÃO DO PAPEL DA PESQUISA E ALGUNS MECANISMOS DE CAUSALIDADE

4.1 Introdução

Um dos maiores equívocos sustentados na agricultura é a crença de que todos os ativos envolvidos no processo de produção agropecuária podem ser recuperados. A verdade é que não podem, pelo menos não de maneira econômica e eficientemente sustentável (ALLINGTON; VALONE, 2010; TELLES; GUIMARÃES; DECHEN, 2011). Solo e água, são considerados as duas partes fundamentais de qualquer processo agrícola (VANWALLEGHEM et al., 2017; VIEIRA et al., 2015; ZIA-UR-REHMAN et al., 2016). Contudo, sem um solo bom, não importa o sistema de cultivo (sequeiro ou irrigado), a quantidade de fertilizante utilizada, nem o quão tecnológicos são os demais insumos a serem empregados. De fato, o solo pode sofrer de vários problemas que afetam sua produtividade potencial, desde infestações por ervas daninhas (FAROOQ et al., 2011) e nematóides (JAFFUEL et al., 2016), até acidificação, sodificação, escoamento superficial e erosão (ANACHE et al., 2018; CERDÀ et al., 2018; PROSDOCIMI; TAROLLI; CERDÀ, 2016). Não obstante, o tipo de tratamento do solo pode, inclusive, impactar positivamente os preços da terra (TELLES; REYDON; MAIA, 2018).

No entanto, bem antes da agricultura científica e da colonização do Cerrado, as práticas agrícolas no país já eram predatórias, o que não mudou muito ao longo dos anos, principalmente em áreas mais pobres (ARAÚJO et al., 2015; NUNES et al., 2012). Os culpados são muitos, mas estão longe de mostrar o quadro geral por trás dos problemas de produtividade. De um lado, nas zonas ricas que semeiam culturas de exportação ou trabalham com pecuária extensiva, a orientação para o lucro faz com que protocolos relevantes que arriscam o uso futuro da terra sejam ignorados (BOWMAN et al., 2012; SÁ; SANTOS JUNIOR; FRANZ, 2009). Por outro lado, nas zonas carentes, onde são cultivados alimentos básicos, a falta de conhecimento elementares tem contribuído para gradativa redução de geração de renda por parte dos agricultores (DARKOH, 1998; HELLDEN, 1991). Diferente em muitos aspectos, a solução para ambos parece ser apenas uma: práticas de agricultura conservacionista.

Nem barato nem simples, a adaptação a novos sistemas de exploração da terra é desafiadora, especialmente para aqueles com recursos e capacidade de

absorção limitados. De fato, recomendações para os sistemas de plantio direto (DENARDIN, [s.d.]; KOCHHANN; FAGANELLO; SANTI, 2012; MOTTER; ALMEIDA, 2015) ou agroflorestais (ENGEL, 1999; MONTAGNINI, 2017; RIGHI; BERNARDES, 2015), por exemplo, exigem um conjunto de conhecimentos e habilidades que são escassos à maioria dos agricultores, enquanto os recursos para investir nesses sistemas são virtualmente inacessíveis (KICHEL et al., 2014). Além disso, a resistência à mudança e a dificuldade em prever e gerenciar os retornos sobre o investimento também contribuem para reduzir o sucesso dessas iniciativas (BUNGENSTAB, 2012; FREITAS; LANDERS, 2014; KOCHHANN; FAGANELLO; SANTI, 2012). Ao mesmo tempo, algumas culturas aderentes a esses sistemas são vistas como complexas para o comércio, limitando assim a disposição dos agricultores em seguir recomendações da pesquisa ou extensão (GUEDES et al., 2019).

Não obstante, o setor agrícola é extremamente dependente e sensível às políticas públicas (ALFRANCA; HUFFMAN, 2003; PARRA-LÓPEZ et al., 2009), laços comerciais (PINGALI, 1997; PINGALI; ROSEGRANT, 1995; ZAMACONA-ABOUMRAD; GONZÁLEZ-FLORES, 2019) e lobby (AZEVEDO, 2019; GAWANDE; HOEKMAN, 2006; KARNIK; LALVANI, 1996). Portanto, é possível presumir que esses mecanismos, associados a práticas conservacionistas, possam contribuir não apenas para restaurar a capacidade, fertilidade e produtividade do solo a longo prazo, mas também ser usados positivamente como um rótulo de diferenciação para uma agricultura mais verde e sustentável. Dito isto, este estudo pretende verificar como esses mecanismos causais podem induzir a coevolução da pesquisa e o setor agrícola e qual a intensidade desse evento. Também procura identificar se esses mecanismos podem ser observados em ambas as agriculturas de pequeno e de grande porte, bem como seus efeitos. Por fim, o estudo busca ainda entender como essas interações podem ajudar na orientação de melhores políticas públicas e promover novos arranjos para sustentar a agricultura como um todo, evitando o esgotamento das terras e, conseqüentemente, a migração rural.

Este artigo está dividido em oito seções, incluindo esta introdução. A seção dois apresenta estudos e idéias sobre a perspectiva da coevolução, enquanto a seção três descreve os materiais e métodos utilizados na pesquisa. As seções quatro e cinco explicam as arenas analisadas, descrevendo sinteticamente a evolução da agricultura brasileira e as tecnologias por trás da agricultura conservacionista projetadas para promover a proteção do solo e a produtividade agrícola, respectivamente. Em seguida,

a seção seis analisa o papel dos mecanismos causais e seus impactos. Por fim, na seção sete é empreendida a discussão dos achados, enquanto a seção oito aborda as conclusões da pesquisa, bem como recomendações e limitações do estudo.

4.2 A perspectiva coevolucionária

O estudo do processo de coevolução na administração é relativamente recentemente, quando comparado ao estudo da teoria evolucionista da mudança tecnológica, e tem como primeiro expoente os estudos de Nelson (1994, 1995). Neles, o autor explica o desenvolvimento econômico em nível setorial, bem como propõe um tratado sobre como o ciclo de vida evolutivo de uma tecnologia (do início à maturidade) pode induzir avanços na estrutura da indústria e vice-versa. Da mesma forma, Nelson também afirma como as instituições co-evoluem com base nos sinais do mercado (por exemplo, incentivos, pressões de seleção, etc.) sobre uma mudança técnica escolhida como dominante.

Igualmente, Gual e Norgaard (2010) reforçam a necessidade de compreender a natureza e os aspectos coevolucionários dos sistemas culturais para expandir o poder explicativo e o entendimento da complexidade dos relacionamentos entre mudanças técnicas e organizações sociais. No entanto, para McKelvey (1997), em se tratando da organização como ciência, a coevolução não é tão diferente da evolução. Ele argumenta que, como as forças abióticas raramente influenciam as mudanças coevolucionárias na biologia, parece plausível vincular a mesma lógica ao contexto das organizações. Desse modo, assume que alguns efeitos ambientais não conseguem induzir eventos coevolucionários de maneira tão eficiente quanto os nichos. Compartilhando desse entendimento, Schot e Geels (2007) apresentam visão interessante, na qual explicam como inovações bem-sucedidas (co)evoluem nos nichos que criam em vez de preencher lacunas em nichos existentes.

De qualquer sorte, como exposto por Metcalfe (1994), a integração entre instituições seria fator preponderante para o desenvolvimento e difusão de inovações. Contudo, de acordo com Nelson (2007), a simplificação dessas instituições, com foco excessivo nas limitações do conceito de equilíbrio, tanto no contexto da teoria evolucionária quanto na abordagem Schumpeteriana, estariam levando pesquisadores à conclusões equivocadas. De fato, não apenas instituições, mas atores, políticas e vínculos na rede diferem bastante entre setores. É por isso que

Malerba (2005) aponta para a necessidade de abordagens específicas em relação a oportunidades, apropriabilidade, cumulatividade e características do conhecimento técnico, bem como a forma como elas evoluem e coevoluem.

Por exemplo, na indústria de corantes, Murmann (2003, 2013) estuda a coevolução entre a atividade industrial do setor e disciplinas acadêmicas de química. Ele estabeleceu a coevolução como um atributo desses ambientes, sendo composto por um evento dividido em duas etapas. Primeiro, ambas as arenas deveriam experimentar, pelo menos, um dentre três processos evolutivos: variação, seleção ou retenção (VSR). Segundo, a mudança deveria ser causal, bidirecional e cíclica ao longo do tempo, afetando três aspectos evolutivos que chamou de mecanismos causais (no estudo, os mecanismos analisados foram intercâmbio de pessoal, vínculos comerciais e atividades de lobby). Uma contribuição significativa de sua pesquisa é precisamente como um processo VSR pode explicar a evolução de populações por mecanismos causais específicos.

Já Câmara e Brasil (2015), estudando a coevolução de políticas/instituições públicas e as capacidades tecnológicas do setor brasileiro de biodiesel, analisaram aspectos como envolvimento, autonomia e coerência. Esses três aspectos foram avaliados em uma escala que varia de zero a três pontos cada, com a pontuação total possível de nove. As capacidades tecnológicas foram avaliadas em uma escala que variava de um (capacidades básicas) a seis (líder mundial no setor) pontos. Eles verificaram que, embora os aspectos evolutivos das políticas e instituições públicas tenham se apresentado altos, eles não foram capazes de influenciar as tecnologias agrícolas para que a produção de grãos evoluísse, permanecendo em capacidades básicas. Em relação à tecnologia industrial e instituições/políticas públicas, foi observado um forte processo de coevolução, embora o mesmo tenha sido limitado devido ao compromisso das políticas públicas junto aos agricultores familiares.

Assim, é factível supor que a coevolução se apresente como a capacidade de infligir mudanças nas variáveis evolutivas, mas oferecendo, simultaneamente, mecanismos causais capazes de influenciar o caminho evolutivo das demais instituições envolvidas. Os estudos mencionados ajudam a entender como diferentes aspectos e metodologias podem ser utilizados para verificar até que ponto a coevolução está presente e seu nível geral de influência nos aspectos e processos evolutivos de um determinado grupo de atores. As características aqui discutidas são

críticas para a compreensão da seção de materiais e métodos, bem como para o entendimento da análise empírica.

4.3 Materiais e métodos

Alguns estudos fazem uso da análise histórica para preencher lacunas ou aprimorar teorias (BONVILLIAN, 2018; LANGTON, 1984; LEBLEBICI et al., 1991; MURMANN, 2013). Esta pesquisa, no entanto, procura desenvolver uma justificativa sobre as inovações que foram induzidas ou exigidas pelos agricultores e pela sociedade e avaliar seus impactos por meio de certos mecanismos causais. Embora algumas dessas inovações não sejam exatamente dependentes da trajetória tecnológica, foram críticas na busca de soluções para problemas que se colocavam como ameaças à agricultura e ao meio ambiente, logo, se completam. Deste modo, o setor agrícola e a disciplina de pesquisa em solos, durante o período de 1973 a 2019, foram escolhidos como estudo de caso porque foi quando uma empresa de base científica se estabeleceu no país (i.e., Embrapa), que inovações começaram a fluir de forma mais incisiva para os agricultores. Existem três razões principais para isso:

1. Embora não haja muita diferença entre os grandes agricultores em termos de acesso a recursos (i.e., financiamento, informações, insumos), agricultores familiares são fortemente dependentes de subsídios e políticas públicas voltadas para suas atividades (e.g., PAA⁸, Pronaf⁹). Em outras palavras, estes precisam ser assistidos e protegidos devido a fragilidade técnica e financeira da categoria. Por estes mesmos motivos, as inovações que poderiam ser colocadas à sua disposição são, na melhor das hipóteses, adiadas, porque são inicialmente concebidas para outros grupos de agricultores (e.g., grandes agricultores, abastados e orientados para o uso de tecnologia). Essa é uma das razões pelas quais os pesquisadores e extensionistas geralmente preferem grupos-alvo nos quais a probabilidade de adoção tecnológica e eficiência no seu uso é alta. No entanto, as desvantagens de ser um pequeno agricultor retardatário são apenas reforçadas por esse viés, contribuindo para o surgimento de vários problemas.
2. O setor agrícola está longe do equilíbrio competitivo, principalmente no que se refere às diferenças entre os agricultores familiares do Sul e Centro-Oeste e os

⁸ Programa de Aquisição de Alimentos

⁹ Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

localizados na região Nordeste. Tais lacunas são atribuídas principalmente a aspectos climáticos instáveis que provocam estações secas severas, bem como são utilizadas para justificar alguns dos fardos da região e, portanto, seu desenvolvimento lento e tardio. No entanto, existe também outras características marcantes que supostamente não estariam relacionadas ao fenômeno das secas, mas são por ela agravados, como nível educacional médio da população, acesso a insumos tecnológicos de ponta e falta de capacidade de gestão, apenas para citar alguns, que impõem pesadas restrições à produtividade e padronização para a qualidade.

3. A história das três tecnologias escolhidas e os desenvolvimentos das disciplinas agrícolas são descritos com detalhes por pesquisas acadêmicas e de mercado. A mais recente dessas tecnologias, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) tem, pelo menos, dez anos de intensa evolução (2009-2019) apenas no Brasil, enquanto outros sistemas integrados, mais frequentes em estudos sobre o tema, também estão bem documentados. As outras duas tecnologias, sistema de plantio direto na palha (SPD) e safrinha, também fazem parte de uma abordagem conhecida como agricultura conservacionista, voltada para mitigar os impactos ambientais e ecológicos do uso intensivo de fatores e demonstrou, historicamente, elevar a fertilidade e a produtividade do solo, quando utilizada de acordo com os preceitos

Dito isto, a estratégia de coleta de dados coaduna com alguns métodos tradicionais de pesquisa excutados por historiadores e cientistas sociais. No primeiro, buscando documentos e arquivos historicamente vinculados aos temas estudados visando completude dos fatos, enquanto, no segundo, seleciona amostras e relatórios para construir retratos fiéis dos eventos analisados. Assim, para analisar a evolução do setor agrícola, no que diz respeito às três tecnologias que serão discutidas mais adiante, são levantados dados de diferentes fontes, tais como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rede ILPF e Federação Brasileira do Sistema de Plantio Direto, referentes aos dados do censo agropecuário, à evolução da tecnologia ILPF e do SPD, respectivamente.

No que diz respeito à disciplina de pesquisa em solos e sua evolução, foram acessados bancos de dados onde pesquisas publicadas sobre essas tecnologias estão disponíveis. Os estudos foram selecionados por meio de uma combinação de dados qualitativos e quantitativos de 45 anos, de 1973 a 2018. A evolução dessa tendência foi verificada observando-se o conteúdo das publicações científicas do período, a afiliação dos pesquisadores e sua área de pesquisa, e, por fim, identificando

resumos de teses e dissertações na área, codificando-os para separar ideias e tópicos de interesse deste estudo. Os dados e informações coletados são do Brasil como um todo. Embora sejam feitas algumas comparações entre regiões e entre tipos de lavouras, a ideia central está na caracterização do contexto nacional.

Informações complementares foram acessadas por meio de 12 entrevistas e documentos suplementares, que serviram para triangular as informações coletadas durante o processo de avaliação histórico. Entre os entrevistados, três empresas privadas e nove pessoas envolvidas com a área de pesquisa agropecuária foram consultadas. A lista de tipos de arquivos e documentos utilizados está sumarizada na tabela 2 abaixo. As informações coletadas de empresas privadas e de pesquisadores foram críticas para entender as limitações do mercado e os instrumentos para lidar com pesquisas quando se analisa a ótica dos vínculos comerciais e atividades de lobby entre os setores. Também foi fundamental para verificar certos aspectos e influências latentes de outras políticas públicas (a pesquisa por si só é uma política pública) para direcionar e solidificar a interação entre elas.

Tabela 2 – Fontes de dados por grupo consultado

Dimensão analisada	Fontes de dados (Número de fontes)
Pesquisa	Entrevistas (9)
	Entrevista Pública (14)
	Conferências visitadas (1)
	Apresentações da empresa (2)
	Arquivos públicos e de acesso restrito (23)
	Material institucional (8)
	Video streaming (32)
Empresas privadas	Entrevistas (3)
	Apresentações da empresa (1)
	Arquivos públicos e de acesso restrito (2)
	Material institucional (4)
	Video streaming (2)

Fonte: Dados da Pesquisa

O artigo utiliza os princípios da metodologia desenhada por Eisenhardt (1989, 1991) e Eisenhardt e Graebner (2007) para estudos de caso e Miles, Huberman e Saldaña (2014) para coleta e análise de dados, enquanto protocolos sobre o processo coevolutivo foram adaptados dos trabalhos de Murmann (2013) e Câmara e Brasil (2015). De Murmann (2013), esta pesquisa usa a abordagem VSR para enfatizar os fatores indutivos por trás dos mecanismos causais que influenciam a evolução da disciplina de pesquisa em solo e o setor agrícola. De Câmara e Brasil

(2015), emprega a qualificação de mecanismos causais em uma escala de zero a três, onde zero indica nenhum efeito causal, enquanto três sugere forte efeito causal, para avaliar os possíveis efeitos de longo prazo com base na força das relações levantadas. Outros estudos a respeito da sistematização e orientação para o desenho e análise de pesquisas coevolucionárias foram acessados. Assim, insights de estudos como os de Abatecola (2014), Abatecola, Breslin e Kask (2020), Lewin e Volberda (1999), Volberda e Lewin (2003), e Volberda, Van Den Bosch e Mihalache (2014) também foram utilizados para direcionar esta pesquisa.

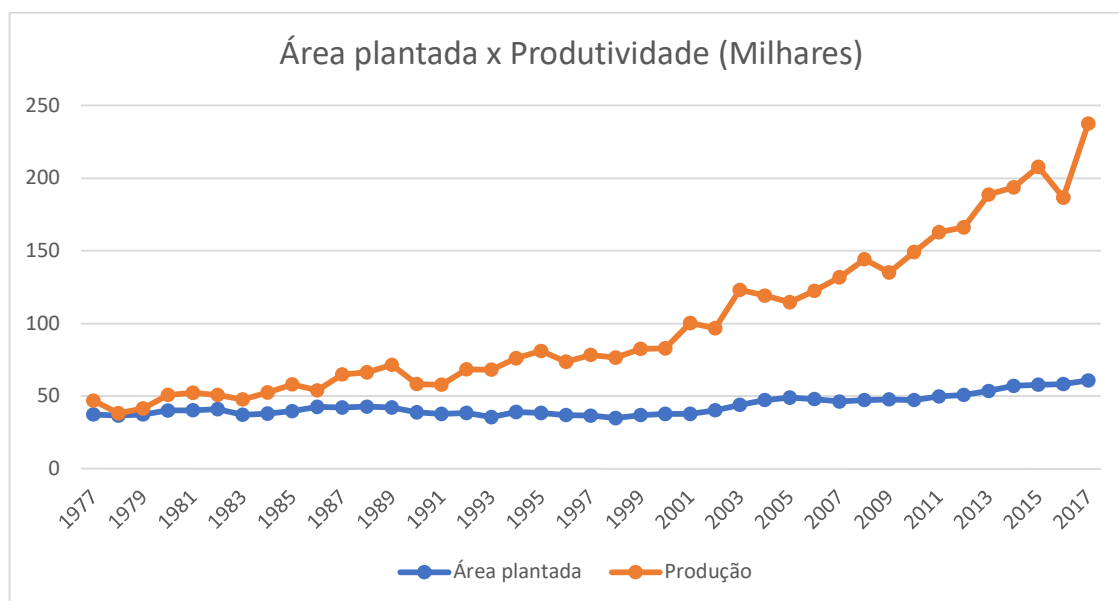
4.4 A evolução da agricultura brasileira

Na década de 1960, o Brasil enfrentava severas restrições à produtividade de fatores, bem como à criação e disseminação de conhecimento na agricultura. Tudo mudou a partir da primeira metade da década de 1970 quando a abordagem baseada em ciência ajudou o Brasil a alcançar o atual protagonismo no agronegócio (ALVES, 2010; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Obviamente, a economia brasileira intensificara sua dependência nos resultados produzidos pelo setor agropecuário, tanto interna quanto externamente. Paralelamente, o aumento da produtividade de alimentos básicos, bem como de outros alimentos como carne e soja, fez o Brasil atingir o status de provável celeiro mundial (VIEIRA FILHO; GASQUES; SOUSA, 2012), fazendo com que o país superasse, de certa forma, a insegurança alimentar, contudo, a segurança nutricional ainda se constitui em grande entrave (PASTORE, 1977; RUEL et al., 2017; SANTARELLI; MARQUES VIEIRA; CONSTANTINE, 2018).

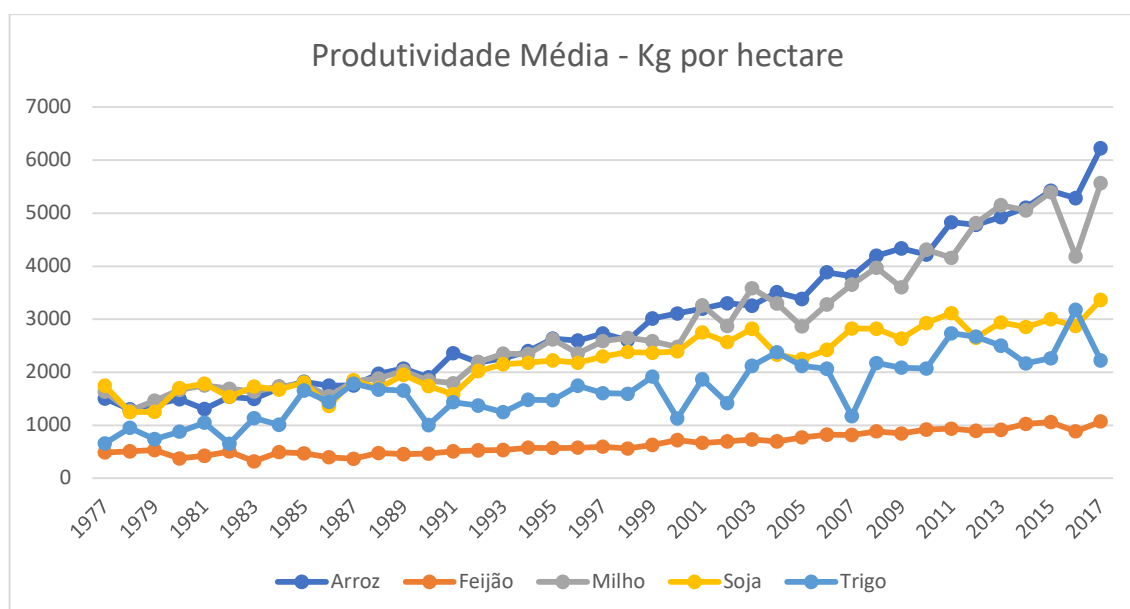
Historicamente, a evolução da agricultura está ligada a uma infinidade de aspectos difíceis de mensurar, porém, alguns eventos podem ser destacados. A revolução verde brasileira, por exemplo, ligada à introdução e o desenvolvimento de insumos tecnológicos tais como fertilizantes, plantas e animais híbridos, máquinas e equipamentos, só foi possível porque o setor não-agrícola demandava produtos que, devido a restrições da época, só seriam competitivos com a redução de custos por meio da elevação da produtividade de fatores. Existem culturas onde os investimentos são feitos estrategicamente fins de exportação, como a expansão da fronteira agrícola brasileira para o Cerrado, e a produção de gado adaptado, soja e milho (HOSONO, ROCHA; HONGO, 2016; NEHRING, 2016; FIGUEIREDO, 2016). Por fim, o balanço social também pode ser utilizado como uma medida do retorno sobre os investimentos

públicos na agricultura para a sociedade e do nível de disseminação e adoção dessas inovações, reforçando o papel central desses investimentos (ALSTON; BEDDOW; PARDEY, 2009; HURLEY; RAO; PARDEY, 2014; PARDEY et al., 2018).

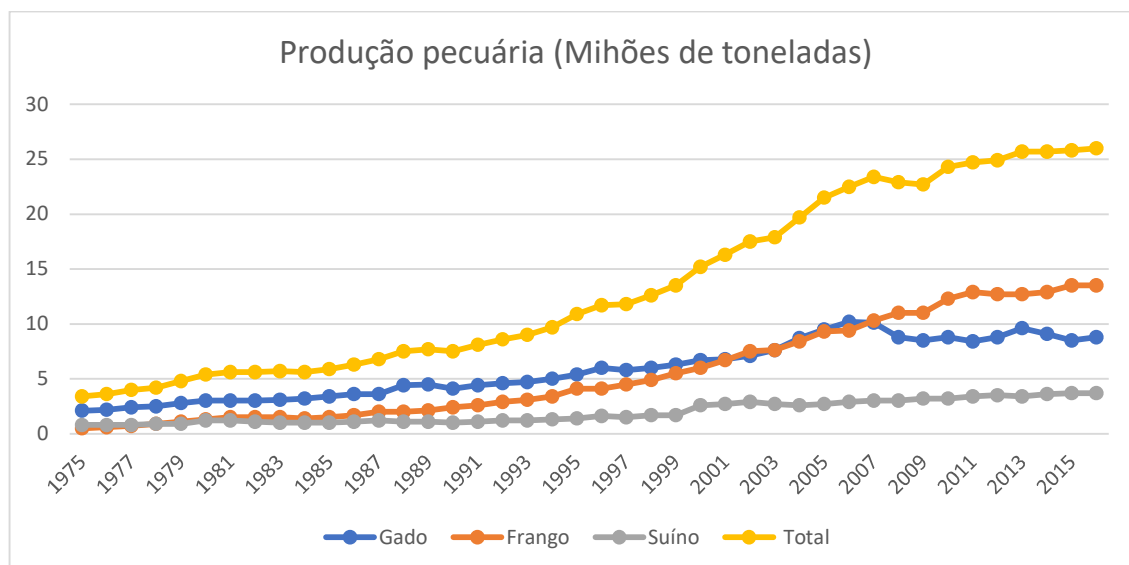
Figura 1 – Impacto da agricultura baseada em ciência no tempo



(a)



(b)



(c)

Fonte: Embrapa (2018a)

Como pode ser visto nas figuras 1a, 1b e 1c acima, a agricultura brasileira deu saltos significativos de produtividade ao longo dos últimos 40 anos. Segundo a Embrapa (2018b), as tecnologias introduzidas pela companhia foram responsáveis por um incremento de seis vezes na quantidade de grãos produzidos, passando de 38 milhões de toneladas em 1975 para espantosos 237 milhões de toneladas em 2017 (Figura 1a) enquanto a área plantada aumentou apenas 70% no mesmo período. Quando analisados por tipo de cultura, os números de trigo, arroz e milho impressionam, com a adição média de quilos por hectare de 346%, 317% e 270% no mesmo período (Figura 1b), respectivamente (Embrapa, 2018a). Tal sucesso também pode ser observado na pecuária (Figura 1c). Em 2017, o Brasil era o maior exportador global de aves e bovinos e o quarto maior exportador mundial de carne suína (Embrapa, 2018a). Além disso, o aumento da produtividade e a redução dos custos também ajudaram a população brasileira, principalmente a mais pobre, uma vez que o preço dos alimentos básicos caiu cerca de 75% desde 1975 (VIEIRA FILHO, 2019).

Contudo, apesar das conquistas, questões contemporâneas como subnutrição e obesidade, bem como a perda de produtividade ainda são fantasmas que ameaçam a agricultura e a subsistência dos pequenos agricultores, especialmente devido às mudanças climáticas e a forma de exploração da terra, particularmente no semi-árido (HANSEN et al., 2019). Tecnologias de melhoramento para introduzir cultivares precoces (e.g., ANTUNES et al., 2017), variedades

resistentes a pragas e variações drásticas do clima (e.g., FARIAS et al., 2013; HEINRICHS, 1994), bem como o uso da genética para estimular características desejáveis de plantas e animais (e.g., ROEHE et al., 2016) são algumas das inovações desenvolvidas pela pesquisa. Já no campo, estudos mostraram avanços substanciais em relação ao manejo e fertilidade do solo, com melhores abordagens para preservação e melhoramento, além de outras características críticas para agricultura e pecuária (e.g., ALVES; MADARI; BODDEY, 2017; KLUTHCOUSKI et al., 2000; MONTAGNINI, 2017) enquanto facilitavam o acesso ao conhecimento pela assistência técnica (SOBRAL et al., 2015).

4.5 A evolução da disciplina de pesquisa em solos

O solo, ao lado da água, pode ser considerado um dos dois elementos fundamentais de qualquer processo agrícola. Sem um bom solo, pouco importa se o cultivo é irrigado ou em áreas de sequeiro, a quantidade de fertilizante utilizada, nem o quão tecnológicos são os demais insumos empregados. O solo pode sofrer de vários problemas que podem reduzir sua produtividade potencial que vão desde infestações de ervas daninhas e nematóides, acidificação, sodificação, escoamento do horizonte A, erosão, apenas para citar alguns. Além disso, por ser um recurso limitado e não renovável, o solo, uma vez exaurido, não pode ser usado novamente, pelo menos não de maneira economicamente viável.

No entanto, bem antes da agricultura baseada em ciência e da colonização do Cerrado, as práticas agrícolas no país já se baseavam na exploração intensiva do solo, algo que não mudou de maneira significativa ao longo dos anos em algumas regiões. Os culpados são muitos, mas estão longe de explicar o quadro geral por trás dos problemas de produtividade na agricultura e na pecuária. Em zonas ricas, que semeiam produtos comerciais direcionados à exportação, a orientação para o lucro faz com que alguns agricultores ignorem protocolos de conservação e manejo do solo, arriscando safras futuras. Em regiões mais pobres, onde se cultivam alimentos básicos direcionados à subsistência, a falta de conhecimentos básicos dos camponeses contribui para a exaustão do solo, fazendo desaparecer qualquer possibilidade de que saiam da linha da pobreza ou da pobreza extrema. Com o objetivo de endereçar essas limitações, estudos sobre conservação e manejo do solo

passaram a convergir para três práticas, de certa forma, complementares: o SPD, a safrinha, e o ILPF.

4.5.1 O Sistema de Plantio Direto na Palha

A primeira experiência brasileira com plantio direto na palha foi realizada em um hectare de sorgo, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1969 (DENARDIN, [s.d.]). Porém, foi somente após testes bem-sucedidos com o plantio de soja no Paraná que o plantio direto na palha se tornou conhecido no país (MOTTER; ALMEIDA, 2015). As terras da região encontravam-se sob grave risco de desertificação devido ao escoamento da terra e à erosão causada pelo uso intensivo de práticas como queima de restolho e, principalmente, revolvimento do solo (e.g., aração e gradagem) (MOTTER; ALMEIDA, 2015). Os benefícios do uso da técnica, transformada em sistema pela Embrapa, são muitos, tais como melhoria da estrutura e estabilidade do solo, conservação de água e restauração de matéria orgânica, bem como redução de custos para os agricultores (BLANCO-CANQUI; RUIS, 2018; GRANDY; ROBERTSON; THELEN, 2006; QUINCKE et al., 2007).

Dados de 2018 apontam que o Brasil possuía aproximadamente 33 milhões de hectares sob sistema de plantio direto (FEBRAPDP, [s.d.]), a maioria deles sob o cultivo de soja e milho em sucessão, devido ao seu alto valor de mercado. Apesar das diversas vantagens conhecidas em comparação ao cultivo convencional, ainda existem questões desafiadoras a serem tratadas, tais como o aumento de ervas daninhas resistentes a herbicidas, proliferação de pragas e doenças, adensamento do solo, e concentração de fertilizantes em sua camada superficial, especialmente nos argilosos (BLANCO-CANQUI; RUIS, 2018; FAROOQ et al., 2011; NUNES et al., 2015). São problemas que exigem contínuo desenvolvimento de tecnologias inovadoras, tais como novas cultivares, controle eficiente de ervas daninhas, entre outros (BLANCO-CANQUI; WORTMANN, 2020; CALEGARI et al., 1998; DANG et al., 2015).

De acordo com Denardin ([s.d.]), a Embrapa iniciou uma série de estudos, desde 1980, para avaliar e desenvolver um conjunto de práticas abrangentes voltadas para a agricultura conservacionista, da qual o plantio direto é uma das etapas. Os componentes complementares estabelecidos, ao lado do plantio direto, foram correção do solo, cobertura permanente do solo, diversificação da cultura (por rotação,

suceção ou consórcio), bem como colheita e semeadura simultânea (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998). O esforço de outros centros de pesquisa e empresas privadas para evidenciar e divulgar os benefícios da técnica resultou, em 1992, na criação de uma associação que promoveu difusão acelerada do sistema de plantio direto em todo o país (FEBRAPDP, [s.d.]), mas particularmente nas regiões sul, sudeste e centro-oeste (FREITAS; LANDERS, 2014; LANDERS, 2001; MOTTER; ALMEIDA, 2015).

4.5.2 A safrinha

A safrinha começou como uma oportunidade para que agricultores pudessem aumentar a renda e reduzir sua dependência de insumos pecuários, ao cultivarem outra cultura de sequeiro em uma pequena parte da terra durante o pousio (GARCIA et al., 2006; VIEIRA, 2019). Tida como uma atividade arriscada, passou a ser vista com outros olhos quando produtores paranaenses de suínos e aves decidiram investir nela para reduzir custos com alimentação dos animais quando os preços do milho eram mais altos (CRUZ; PEREIRA FILHO; DUARTE, [s.d.]). Nos dias atuais, devido a utilização de insumos melhorados (e.g., sementes, fertilizantes) a safra do milho safrinha, por exemplo, é maior do que a primeira safra em algumas regiões do Brasil (REIDY, 2019), fazendo com que o uso do termo 'safrinha' seja, no mínimo, equivocado.

De qualquer modo, insumos de base tecnológica estão estritamente relacionados ao tamanho dos produtores e seu acesso ao mercado (GARCIA et al., 2006). Como grande parte deles depende de sobras de safras anteriores ou da compra de insumos baratos para semear apenas pequenas áreas da fazenda, a utilização do SPD reveste-se de extrema importância uma vez que a palhada ajudará o solo a reter água por mais tempo, reduzindo problemas relacionados ao déficit hídrico, por exemplo (DENARDIN et al., 2012). Entretanto, por questões econômicas, alguns agricultores tem preferido plantar a mesma cultura na safra principal e na safrinha, aumentando a possibilidade de propagação de ervas daninhas, nematóides e esgotamento do solo.

Embora relacionada principalmente ao milho, a safrinha pode ser de diferentes culturas, tais como o sorgo (BORGES et al., 2016), feijão-caupi (BATISTA DE MORAIS et al., 2020), trigo, soja (ADAMI et al., 2020), e algodão (GILIO et al.,

2017). Como parte SPD no processo de sucessão ou consórcio para produção de palhada, a safrinha e seus potenciais cultivos e associações são estudados pela Embrapa e outros centros de pesquisa. Esforços para produzir conjuntos de dados instrucionais com diretrizes claras de uso deram origem a manuais específicos para o estado do Paraná (FRANCHINI et al., 2011), com recomendações para plantios recorrentes de soja/milho safrinha e para o semiárido, com sorgo (GUEDES et al., 2019).

4.5.3 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

O uso de sistemas integrados na agricultura não é novidade. No entanto, a falta de capacidades de gestão, mecanização e intensificação de culturas quase fizeram com que de adoção de sistemas de cultivo desaparecessem (BALBINO et al., 2011). De acordo com Kichel e colegas. (2012), a busca de abordagens combinadas foi desenhada com o intuito de promover a recuperação de pastagens para o gado a partir da década de 1990, fazendo a integração entre pecuária e lavoura (ILP) a mais comum entre os sistemas (GARCIA et al., 2013; KLUTHCOUSKI et al., 2000). Contudo, sistemas agroflorestais tem aumentado significativamente sua importância, não apenas por causa dos impactos benéficos ao meio ambiente e sustentabilidade, mas por permitir a diversificação de renda para os agricultores (ALVES; MADARI; BODDEY, 2017; MONTAGNINI, 2017).

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP15, em 2009) o Brasil se comprometeu, voluntariamente, a reduzir as emissões de carbono e a aumentar a área plantada sob o sistema ILPF em 4 milhões de hectares até 2020, para mitigar os efeitos dos gases do efeito estufa, especialmente na pecuária (KICHEL et al., 2012). As principais metas assumidas pelo país foram alcançadas já em 2015, quando 5,36 milhões de hectares foram adicionados ao sistema (REDE ILPF, 2016). Em 2016, o país assumiu outra meta; aumentar a área plantada em mais 5 milhões de hectares e reduzir ainda mais as emissões de carbono até 2030, em cerca de 43% (REDE ILPF, 2016; THE GUARDIAN, 2016). Um dos desafios, porém, é trazer o sistema para o Nordeste. O Ceará, com apenas 0,80% de sua área sob sistemas integrados (REDE ILPF, 2016), foi escolhido, em 2019, para liderar uma iniciativa de disseminação do sistema no bioma Caatinga (MOURA, 2019).

Estudos recentes apontam resultados interessantes do sistema, particularmente no quesito produtividade. No entanto, a complexidade no que tange ao manejo de diferentes culturas, principalmente no que se refere ao comércio do componente florestal por pequenos agricultores, continua a ser um dos maiores entraves para a disseminação do sistema. Na verdade, grande parte das árvores economicamente atrativas não são adequadas para o clima nordestino, bem como nem todas as soluções atualmente divulgadas pela pesquisa são consideradas adequadas no longo prazo. Além disso, o atual investimento para viabilizar o sistema, notadamente no semiárido, bem como questões gerais quanto ao tamanho médio das propriedades rurais e à composição do solo na região levanta preocupações sobre se o sistema pode ser desenvolvido em estados como o Ceará.

4.6 A coevolução entre a disciplina de pesquisa em solos e o setor agrícola brasileiro

O estudo dos eventos que indutivamente infligem efeito causal nessas duas áreas (setor agrícola e pesquisa) será verificado pela interpretação de três processos causais distintos (lobby, políticas públicas e laços comerciais) modificados por três processos causais em nível populacional utilizando o VSR, tal como explicado em Murmann (2013) e Abatecola, Breslin, & Kask (2020). A inferência dedutiva feita durante a análise elenca 18 ($2 \times 3 \times 3$) possíveis efeitos coevolutivos, que foram graduados de acordo com as evidências examinadas durante o levantamento conduzido, bem como os impactos potenciais na tentativa de definir a força dessas interações. Esta avaliação é crítica, pois fornece a base que apoia a análise.

A graduação dos processos avaliados segue uma escala linear e discreta que varia entre 0 (zero) e 5 (cinco), indicando como cada processo causal distinto está se mantendo quando os processos causais em nível de população são analisados. A atribuição de escore zero significa que o processo causal não é observado para o mecanismo estudado, enquanto uma pontuação de cinco indica um processo plenamente desenvolvido. Uma vez que a pontuação máxima para efeitos coevolucionários é 18, a intensidade máxima das forças coevolucionárias é 90 ($2 \times 3 \times 3 \times 5$). Para fins de simplificação, a intensidade das forças coevolucionárias será categorizada em três níveis, onde 1 (entre 0 e 30) indicaria força coevolucionária fraca.

Em contraste, os níveis 2 (31 a 60) e 3 (61 a 90) apontam para relacionamentos coevolucionários moderado e forte, respectivamente.

Políticas públicas. A pesquisa na agricultura nasceu como dever do Estado porque havia o entendimento de que inovações neste setor, principalmente relacionadas ao melhoramento genético de plantas para produtividade e adaptação a outras regiões, não deveriam ser controladas por empresas privadas (PEREIRA; CASTRO, 2017). Essa mentalidade perdurou até a década de 1970, quando alguns países desenvolvidos começaram a questionar o papel do setor privado no avanço do conhecimento e da tecnologia na agricultura, reduzindo o financiamento de pesquisa financiadas pelo Estado (ARNON, 1989; PARDEY et al., 2018; PARDEY; ALSTON, 2012). Além disso, antes do processo de industrialização, a agricultura era a principal atividade da maioria dos países e, ainda hoje, responde por uma grande soma do PIB de vários países em desenvolvimento, especialmente de localidades distantes dos grandes centros industriais (ALSTON et al., 2010; PARDEY et al., 2018). Por exemplo, 90% das cidades brasileiras com menos de 20.000 habitantes dependem quase que exclusivamente da agricultura, sendo o trabalho principal de 70% dos residentes rurais brasileiros (RIBEIRO, 2020), mas suas práticas e processos são, na grande maioria, tradicionais e ultrapassados.

No lado oposto, existe uma classe de agricultores altamente tecnificada, que usa não apenas os insumos mais modernos (e.g., sementes, máquinas), mas também conta com assessoria, consultoria, resultados de pesquisa e assistência técnica. No meio, estão os médios agricultores que não possuem terras suficientes ou volume de produção. No entanto, cada grupo tem necessidades distintas e, portanto, precisam de um conjunto diferente de políticas específicas em termos de acesso a tecnologias, financiamento e assistência técnica (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Em números, os grandes produtores são apenas 6.108 ou aproximadamente 0,12% do total de estabelecimentos agropecuários no Brasil. A título de comparação, 23% e 77% são categorizados como agricultura de médio porte e familiar, mas menos da metade é assinante de programas como o Pronamp e o Pronaf, respectivamente (IBGE, 2019).

Tais programas (i.e., Pronamp e Pronaf) são exemplos de políticas públicas elaboradas para inserir economicamente grupos de agricultores e, em última instância, dar-lhes o suporte que, de outra forma, estes não teriam acesso como apoio

financeiro, assistência técnica e, no caso dos agricultores familiares, a possibilidade de ter sua produção comercializada em aquisição compulsória por programas que garantem a compra de parte substancial da safra pelo governo. De maneira geral, a intervenção estatal é decisiva, uma vez que sustenta segurança alimentar e preços baixos para a população (BRASIL, 2018), o que não seria possível se o país dependesse apenas da monocultura de grandes produtores. De fato, evidências apontam que essas políticas não apenas garantem o aumento da produção de alimentos, mas induzem a queda de preços aos mercados consumidores, especialmente o de alimentos básicos (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017; VIEIRA FILHO, 2019). Porém, a tentativa de *escalar a agricultura familiar sem o mesmo conhecimento e tecnologia oferecidos aos grandes produtores tende a frear esse desenvolvimento no médio prazo, visto que contribui apenas para acelerar o esgotamento dos solos já seriamente degradados, notadamente do semiárido*, fomentando o processo de desertificação ou fazendo com que estes agricultores incorram em perdas, tornando-os ainda mais pobres (DARKOH, 1998; HELLDEN, 1991).

Contudo, o acesso a essas políticas está vinculado à situação fiscal regular e à ausência de dívidas. No caso dos agricultores familiares, a inadimplência afeta a emissão de declaração de aptidão ao Pronaf (DAP)¹⁰ que dá acesso a pelo menos 15 políticas públicas, incluindo assistência técnica gratuita, seguro e aposentadoria, e 12 opções de programas de financiamento, tais como empréstimo a juros baixos para custeio e investimentos. Essas políticas são mais eficazes entre os agricultores familiares que criam associações para, entre outras coisas, comprar insumos (e.g., sementes, fertilizantes, tratores), vender a produção (e.g., varejo, governo) e atender às suas necessidades de pesquisa (HAYAMI; RUTTAN, 1988). Assim, é possível afirmar que *as políticas públicas contribuem para engajar e orientar os agricultores em direção à pesquisa, apresentando a esta problemas mais estruturados e diretos. No entanto, o viés de seleção limita o uso e disponibilidade de assistência técnica, investimento em práticas de manejo do solo e pesquisas para agricultores de áreas carentes*.

Dentre as políticas públicas dirigidas aos agricultores familiares, algumas são consideradas críticas, pois permitem o desenvolvimento de atividades durante o

¹⁰ Declaração de Aptidão ao Pronaf. Issued freely to those who fulfill the requirements in rural associations or an Emater office. It is valid for two years and can be renewed.

período de plantio (e.g., financiamento, investimento), mesmo que outras políticas e serviços como assistência técnica, por exemplo, sejam deficientes em termos de cobertura e disponibilidade. Porém, a falta de capacidade de absorção (COHEN; LEVINTHAL, 1990; MICHEELS; NOLAN, 2016) limita a percepção desses agricultores que também são teimosos e adeptos da expressão ‘ver para crêr’, problema este agravado no semiárido devido a presença de fortes traços culturais e pela escassez de chuvas. Nessas áreas, ações tangíveis e rotineiras (e.g., empréstimos financeiros para o plantio) são mais aceitas do que atividades potenciais e demoradas (e.g., plantio direto, ILPF) que desafiam o conhecimento herdado (e.g., coivara, aração do solo). E assim, cometendo os mesmos erros, o agricultor fica preso em um ciclo de pobreza que, quando muito, apenas promoverá sua subsistência. Embora o governo demonstre certa preocupação com a situação, *políticas públicas orientadas às práticas de manejo e conservação do solo ainda são escassas. Além disso, sem o conhecimento necessário e tendo acesso restrito às soluções adaptadas pela pesquisa, agricultores familiares continuarão presos ao contexto de extrema pobreza.*

Porém, certos produtores, que por algum motivo estão próximos de agricultores mais experientes e resilientes, bem como aqueles localizados em áreas onde chuvas esparsas podem ser mitigadas por fontes alternativas (e.g., irrigação, barragem subterrânea), podem encontrar-se em uma posição melhor para cooperar e expandir não apenas o acesso a mercados, mas também o poder de barganha por insumos e, em alguns casos, treinamento e assistência técnica (HAIAMY; RUTTAN, 1988), contudo, mesmo nesses casos, a capacidade de orientar a pesquisa ainda é bastante limitada.

Na verdade, as soluções da pesquisa para a agricultura familiar muitas vezes está fora de contexto, exibindo alto nível de complexidade e custos incompatíveis com sua realidade (MOTA; SCHMITZ; FREITAS, 2008; TENDLER, 1993). É seguro dizer que as tecnologias desenvolvidas são, quando aplicável, adaptadas a algumas de suas necessidades (agricultores familiares), mas são dirigidas, de maneira geral, a quem pode pagar por elas. Além disso, uma declaração feita em 1984 por um ex-presidente da Embrapa só reforça a posição da empresa contra a aplicação de recursos em pesquisa para os pequenos agricultores, uma vez que, segundo ele, aqueles estariam destinados a migrar para centros urbanos em busca de trabalho, tornando investimentos neste segmento ineficientes (ARNON, 1989).

Vieira Filho (2013) é outro que acredita que alguns produtores, infelizmente, nunca serão capazes de escapar da armadilha da pobreza no campo, porque as políticas desenvolvidas nesse sentido ainda são muito genéricas. De maneira geral, pesquisa e extensão rural oferecem pacotes tecnológicos padronizados como parte da política de inovação no campo, mas transferem a responsabilidade de apropriação e desempenho ao agricultores. Há muito se reconhece os benefícios do plantio direto e do revolvimento mínimo para o manejo e conservação do solo. No entanto, são poucas as pesquisas que apresentam adaptação dessas técnicas para a cultura de sequeiro no semiárido, como um tipo diferente de cobertura morta, por exemplo. No fim, as políticas públicas para o semiárido carecem da mesma vontade que uma vez transformou os solos do Cerrado (NEHRING, 2016), ou que endereçou problemas severos de grandes produtores de algodão do nordeste (ver Tendler, 1993). Assim, *embora as políticas públicas tenham permitido estratégias de cooperação e enfrentamento de problemas por parte dos pequenos produtores, seu escopo ainda é limitado no que tange persuasão ou indução da pesquisa e extensão rural.*

A falta de esforços da pesquisa e da extensão rural para criar e disseminar pacotes tecnológicos adequados (ARNON, 1987, 1989; LEEUWIS; BAN, 2004) faz com que os agricultores familiares tornem-se reféns da tecnologia desenvolvida por empresas que possuem melhores redes e recursos para alcançá-los (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008). O próprio governo desempenha um papel no mínimo estranho quando opta pela distribuição de sementes híbridas para agricultores familiares (SANTIAGO, 2019), quando a ideologia da extensão rural é notadamente adversa à prática (PEREIRA; CASTRO, 2017), podendo tal prática se constituir em um revés ao camponês quando o governo decidir reduzir ou extinguir tal política (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008). Infelizmente, as questões orçamentárias e de gestão dos serviços de pesquisa e extensão rural reduzem ainda mais esses esforços (PEIXOTO, 2008). Assim, *a falta de abordagens mais inclusivas orientadas para o redesenho de práticas e produtos adaptados às necessidades dos produtores e características de solo limita o desenvolvimento qualitativo e quantitativo da produção agrícola, bem como seu acesso ao mercado.*

Por exemplo, a agricultura biosalina (PORTO et al., 2019) é uma abordagem que há muito vem sendo desenvolvida e que só agora começa a ser disponibilizada aos agricultores brasileiros de maneira extensiva. Todavia, políticas públicas precisam reforçar a importância de sua prática e adoção para o manejo,

conservação e recuperação de solos degradados por irrigação salina, assim como ajudar construir o mercado para esses produtos, que são diferentes do que a população costuma consumir. O mesmo vale para sistemas integrados que usam algum tipo de componente florestal aninhado às práticas agrícolas convencionais com o intuito de recuperação do solo (i.e., lavoura, pecuária): não funcionará sem o devido suporte de políticas públicas. Contudo, a insegurança em relação a certas políticas críticas, como é o caso do PAA (DIÁRIO DO NORDESTE, 2020), faz com que esforços como esses percam força.

Apesar de cientes da importância do tipo de solo para o planejamento estratégico agrícola e da pesquisa, vários estados do Brasil ainda carecem desses conhecimentos. Casos como o do Ceará são emblemáticos, notadamente por causa de problemas bastante pronunciados no que se refere a secas e áreas em processo de desertificação. No entanto, o relatório de solos mais recente é de um levantamento exploratório datado de 1973 (DNPEA, 1973), enquanto que em parceria com a Embrapa, o Estado de Pernambuco teve um levantamento de baixa e média intensidade publicado em 2000 (ARAÚJO FILHO et al., 2000). Antes tarde do que nunca, a Funceme (2019), quarenta e cinco anos depois, está fazendo o mesmo relatório de solos para o Ceará. No entanto, diferentemente de Pernambuco, o Ceará não parece ter estabelecido uma parceria com institutos de pesquisa para o levantamento, o que pode indicar que o planejamento para o uso dessas informações, juntamente com a pesquisa, está, na melhor das hipóteses, em seus estágios iniciais. *A falta de integração entre políticas públicas reduz a abrangência do planejamento estratégico para agricultura, bem com o impacto sobre a pesquisa que é minimizado no curto prazo.*

Laços comerciais. Desconexão entre mercado, pesquisa e agricultores é um erro que não pode existir em um sistema de inovação na agricultura. No caso da pesquisa, a interação com o mercado proporciona o melhor uso de recursos escassos, que seriam aplicados na solução de problemas encontrados do lado da demanda. Em relação aos agricultores, a interação se faz necessária porque as safras produzidas e vendidas tem finalidades e consumidores específicos, que são capturadas apenas quando o produtor escuta as demandas do mercado. Além disso, laços comerciais em redes multifacetadas podem direcionar esforços em termos de qualificação de atores (e.g., qualidade, conhecimento, padrões) e novas ideias para novos produtos (e.g.,

inovação aberta, colaboração) que nenhuma das partes seria capaz de conceber sozinha, pelo menos, não de forma eficiente. Deste modo, laços comerciais entre pesquisa e o setor agrícola, podem trazer benefícios para as duas arenas, ao mesmo tempo em que contribuem para preencher uma lacuna histórica.

Contudo, o que se verifica é que quem opta por culturas com mercado bem estabelecido é quem mais se beneficia com os resultados da pesquisa e vice-versa. Por exemplo, o plantio direto, técnica conservacionista do solo, foi inicialmente institucionalizado por agricultores do sul, especificamente do Estado do Paraná (FRANCHINI et al., 2011; MOTTER; ALMEIDA, 2015). Esses agricultores tecnológicos investiram na prática na tentativa de sanar os problemas de solo que estavam colocando em risco a agricultura da região devido à intensificação (DENARDIN, [s.d.]; MOTTER; ALMEIDA, 2015). *A pesquisa, ao acessar os resultados obtidos por esses agricultores tecnológicos e cooperar com eles, foi capaz de estreitar as possibilidades e controlar melhor experimentos, avançando o conhecimento e atualizando recomendações.* Os resultados dessa interação são muitas, tais como insumos aprimorados, variedades fixadoras de nitrogênio, organismos geneticamente modificados, bem como espécies prematuras e adaptadas ao clima. Essa interação foi central também para permitir que a pesquisa avançasse em questões sensíveis aos agricultores familiares, como variedades precoces para áreas de sequeiro, por exemplo.

O conhecimento gerado ajudou a pesquisa a promover práticas agrícolas positivas, bem como o desenvolvimento de soluções complementares para o grupo de agricultores que Rogers (2015) definiu como inovadores. Por exemplo, a determinação do volume necessário de palhada no SPD para cada região, os tipos de culturas, melhores estruturas de plantio, etc. são achados desses laços comerciais, pois a pesquisa já passava por um processo de corte de recursos (e.g., Pardey et al., 2018). Outras tecnologias desenvolvidas pela pesquisa devido aos laços comerciais com produtores estão ligadas a, por exemplo, melhores projetos para sistemas integrados por região, como o ILPF (e.g., ENGEL, 1999; KICHEL et al., 2014), e a produção de novas variedades de bactérias fixadoras de nitrogênio (UFPR, 2018). Assim, verifica-se que *os laços comerciais entre as arenas permitiu que agricultores utilizassem produtos e tecnologias que lhes proporcionem uma vantagem competitiva. No entanto, certas restrições (e.g., baixa precipitação e capacidade de absorção de agricultores familiares) representam obstáculos à pesquisa para (re) projetar soluções*

adequadas para regiões como o semiárido, porque os resultados da pesquisa, muitas vezes, se limitam a regiões com melhores quadras chuvosas e com maior incidência de agricultores cooperados e/ou tecnológicos.

A pesquisa tem um roteiro bem definido para grandes produtores, uma vez que suas demandas são mais explícitas e diretas do que a de pequenos produtores. Não por acaso, a pesquisa estuda o aperfeiçoamento de culturas por eles adotadas, de modo que possam aumentar lucros e reduzir custos, como a sucessão da soja precoce com o milho em consórcio com capim para palhada ou pasto. Na verdade, *a pesquisa há muito vinculou-se a culturas que produzem os melhores resultados para o manejo do solo (e.g., SPD, ILPF) e lucratividade (e.g., milho 2ª safra), porém, certas recomendações ainda são ignoradas por agricultores que optam por lucros rápidos. Para a categoria dos agricultores familiares, infelizmente, os insumos desenvolvidos pela pesquisa, embora promissores, são questionados por causa do desembolso necessário e falta de alinhamento entre resultados potencial e real.* Por exemplo, existem estudos sobre culturas para solos salinos, áridos e degradados no semiárido, mas a maioria delas exige atividades de manejo do solo que são difíceis de implementar sem suporte integral da pesquisa e assistência técnica. Além disso, estudos de culturas comerciais costumam contar com auxílio financeiro de grandes produtores e empresas privadas, o que não é necessariamente verdade quando a pesquisa é sobre assuntos dedicados a problemas de agricultores familiares do semiárido, como no caso da agricultura biosalina.

A agricultura brasileira, diferentemente dos casos de Estados Unidos e Japão, carecia de capital, tendo sido particularmente bem servida ao longo dos anos pelos fatores terra e trabalho (HAYAMI; RUTTAN, 1988). Agricultores tecnológicos, cientes da importância da pesquisa para lidar com a dotação de fatores escassos, na maioria das vezes obtêm conhecimento ou acesso por meio de financiamento de pesquisas ou subsidiando bolsas de estudo para pesquisadores. Por exemplo, um projeto entre a Universidade Federal do Paraná e o setor agrícola deu origem a novas cepas de bactérias fixadoras de nitrogênio, prometendo aumentar a produtividade e resiliência às mudanças climáticas de diversas culturas, reduzindo não apenas os custos com fertilizantes, mas também as emissões de GEE e riscos de poluição (UFPR, 2018). Portanto, como a evidência sugere, *os agricultores que cultivam commodities de grande aceitação no mercado têm maior probabilidade de ter acesso a tecnologias de economia de fatores que aqueles que exploram culturas básicas. Em*

contrapartida, agricultores familiares são fadados, majoritariamente, a utilizar insumos caros e desatualizados de terceiros ao invés de dispor de tecnologias projetadas para suas necessidades, conforme apontado por Hall e colegas (2008), colaborando para arruinar a estrutura do solo, a fertilidade e a poluição.

Lobbying. O setor privado tem uma longa história de lobby na agricultura. O início da pesquisa agrícola brasileira, com a criação do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) no final do século XIX, é uma demonstração da influência que os cafeicultores exerciam sobre o direcionamento de investimentos em pesquisa e extensão rural (RAMOS; PIACENTE, 2016). O IAC também fora criado com o objetivo de aumentar a produtividade da lavoura cafeeira visto que, embora a terra ainda fosse um recurso abundante, o custo logístico de deslocar a produção das zonas rurais para as áreas urbanas tornava a expansão territorial inviável, o que não mudou significativamente, mesmo nos dias atuais (GARCIA et al., 2006). Além da pesquisa, o lobby dos cafeicultores influenciou outras políticas públicas, como a compra compulsória e queima dos excedentes de produção pelo governo para que preços de mercado permanecessem estáveis. Estes mesmos produtores conseguiram direcionar políticas agrícolas também no que diz respeito à ciência, mas para diferentes culturas e atividades, como para atividade pecuária, por exemplo.

Hoje, com o apoio da pesquisa, o *lobbying* se apresenta como um poderoso elemento para direcionar políticas públicas para questões sensíveis que vão desde a adoção de herbicidas e pesticidas de elevada toxicidade até a liberalização de organismos geneticamente modificados (OGM) para o plantio (GRIGORI, 2020; MENASCHE, 2000; MONQUERO, 2005; NODARI; GUERRA, 2003). Por exemplo, com o apoio da pesquisa, o setor agopecuário conseguiu afrouxar o processo de liberalização de transgênicos de tal modo que, a partir de 2020, apenas um relatório da empresa detentora do produto é considerado evidência suficiente de segurança e eficácia (OLIVEIRA, 2020b). O uso indiscriminado desses organismos é particularmente preocupante porque ainda há dúvidas sobre sua segurança (MMA, [s.d.]), particularmente por que pesquisas têm demonstrado impactos negativos desses alimentos sobre a saúde (SÉRALINI et al., 2014) e o solo (TOTHOVA et al., 2010) no longo prazo. De qualquer modo, *o lobby pode ser visto como um mecanismo essencial para mobilizar a pesquisa, porém, interesses particulares e o lucro não podem se sobrepor à segurança e ao futuro bem-estar da população e dos meios de*

produção. Esse assunto é de especial importância para o semiárido, onde a fragilidade climática e pedológica podem indicar que o uso de OGMs não seja interessante para algumas culturas devido aos custos associados à produção e capacidade absorviva dos pequenos produtores (HALL; MATOS; LANGFORD, 2008).

Por outro lado, espera-se que a pesquisa encontre soluções que possam ajudar tanto agricultores familiares quanto grandes produtores. Foi o que a Embrapa tentou alcançar ao desenvolver a variedade de feijão caupí Embrapa 5.1 RMD. No entanto, essas abordagens dificilmente são benéficas para agricultores de subsistência e familiares, uma vez que elas não são realmente projetadas para suas necessidades e também porque eles são resistentes a novas tecnologia (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011; HALL; MATOS; LANGFORD, 2008). Além disso, *o lobby de grupos, especialmente de grandes agricultores, pode direcionar a pesquisa de forma muito mais eficiente do que as demandas de agricultores familiares, notadamente por causa de verbas e concessões que eles podem induzir por meio de políticas públicas complementares de lobistas de Organizações Não Governamentais (ONGs)*. Alguns exemplos podem ser encontrados entre ações de políticos brasileiros (CASTILHO, 2018; CAVALCANTI, 2019) e até mesmo dentro de câmaras regulatórias como a CNTBio (OLIVEIRA, 2017), que define a segurança e a comercialização de produtos transgênicos no Brasil. A Tabela 3 e a Figura 2 retratam os três mecanismos causais discutidos anteriormente e os 12 efeitos avaliados acima.

4.7 Discussão dos resultados

Murmann (2013) avaliou em seu trabalho três mecanismos causais para evidenciar o processo coevolutivo das arenas acadêmica e industrial química. Estes mecanismos também são avaliados neste estudo, exceto pelo mecanismo "troca de pessoal". Um dos motivos para a exclusão desse mecanismo está relacionado à forma como a pesquisa pública é tratada no Brasil. Os institutos de pesquisa sob a égide do Estado (i.e., universidades federais e estaduais, Embrapa) oferecem estabilidade aos seus funcionários bem como outras restrições ao envolvimento destes com o mercado, o que significa que há poucos incentivos para que a maioria deles troquem a esfera pública pela privada. Além disso, para se tornar pesquisador de um centro público de pesquisa, o candidato precisa ser aprovado em concurso público. Não existe qualquer obrigação por parte daquele que participa do processo de ter

Tabela 3 - Mecanismos causais e possíveis efeitos na evolução do setor agrícola e da disciplina de solos

Variação	Políticas Públicas		Laços Comerciais		Lobbying	
	Setor Agrícola	Disciplina de solos	Setor Agrícola	Disciplina de solos	Setor Agrícola	Disciplina de solos
	Escolar a agricultura familiar sem o mesmo conhecimento e tecnologia oferecidos aos grandes produtores tende a frear esse desenvolvimento no médio prazo, visto que contribui apenas para acelerar o esgotamento dos solos já seriamente degradados, notadamente do semiárido	Políticas públicas contribuem para engajar e orientar os agricultores em direção à pesquisa, apresentando a esta problemas mais estruturados e diretos. No entanto, o viés de seleção limita o uso e disponibilidade de assistência técnica, investimento em práticas de manejo do solo e pesquisas para agricultores de áreas carentes	os laços comerciais entre as arenas permitiu que agricultores utilizassem produtos e tecnologias que lhes proporcionem uma vantagem competitiva. No entanto, certas restrições representam obstáculos à pesquisa para (re) projetar soluções adequadas para regiões como o semiárido, porque os resultados da pesquisa, muitas vezes, se limitam a regiões com melhores características	A pesquisa, ao acessar os resultados obtidos por esses agricultores tecnológicos e cooperar com eles, foi capaz de estreitar as possibilidades e controlar melhor experimentos, avançando o conhecimento e atualizando recomendações	Não observado	Não observado
Seleção	A falta de abordagens mais inclusivas orientadas para o redesenho de práticas e produtos adaptados às necessidades dos produtores e características de solo limita o desenvolvimento qualitativo e quantitativo da produção agrícola, bem como seu acesso ao mercado	Embora as políticas públicas tenham permitido estratégias de cooperação e enfrentamento de problemas por parte dos pequenos produtores, seu escopo ainda é limitado no que tange persuasão ou indução da pesquisa e extensão rural	A pesquisa há muito vinculou-se a culturas que produzem os melhores resultados para o manejo do solo e lucratividade. Para a categoria dos agricultores familiares, infelizmente, os insumos desenvolvidos pela pesquisa, embora promissores, são questionados por causa do desembolso necessário e falta de alinhamento entre resultados potencial e real	Agricultores que cultivam commodities de grande aceitação no mercado têm maior probabilidade de ter acesso a tecnologias de economia de fatores que aqueles que exploram culturas básicas. Em contrapartida, agricultores familiares são fadados a utilizar insumos caros e desatualizados de terceiros ao invés de dispor de tecnologias projetadas para suas necessidades	Lobbying pode ser visto como um mecanismo essencial para mobilizar a pesquisa, porém, interesses particulares e o lucro não podem se sobrepor à segurança e ao futuro bem-estar da população e dos meios de produção	Lobbying de grupos, especialmente de grandes agricultores, pode direcionar a pesquisa de forma muito mais eficiente do que as demandas de agricultores familiares, notadamente por causa de verbas e concessões que eles podem induzir por meio de políticas públicas complementares de lobistas de organizações não-governamentais
Retenção	Políticas públicas orientadas às práticas de manejo e conservação do solo ainda são escassas. Além disso, sem o conhecimento necessário e tendo acesso restrito às soluções adaptadas pela pesquisa, agricultores familiares continuarão presos ao contexto de extrema pobreza	A falta de integração entre políticas públicas reduz a abrangência do planejamento estratégico para agricultura, bem com o impacto sobre a pesquisa que é minimizado no curto prazo	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado

Fonte: Dados da pesquisa

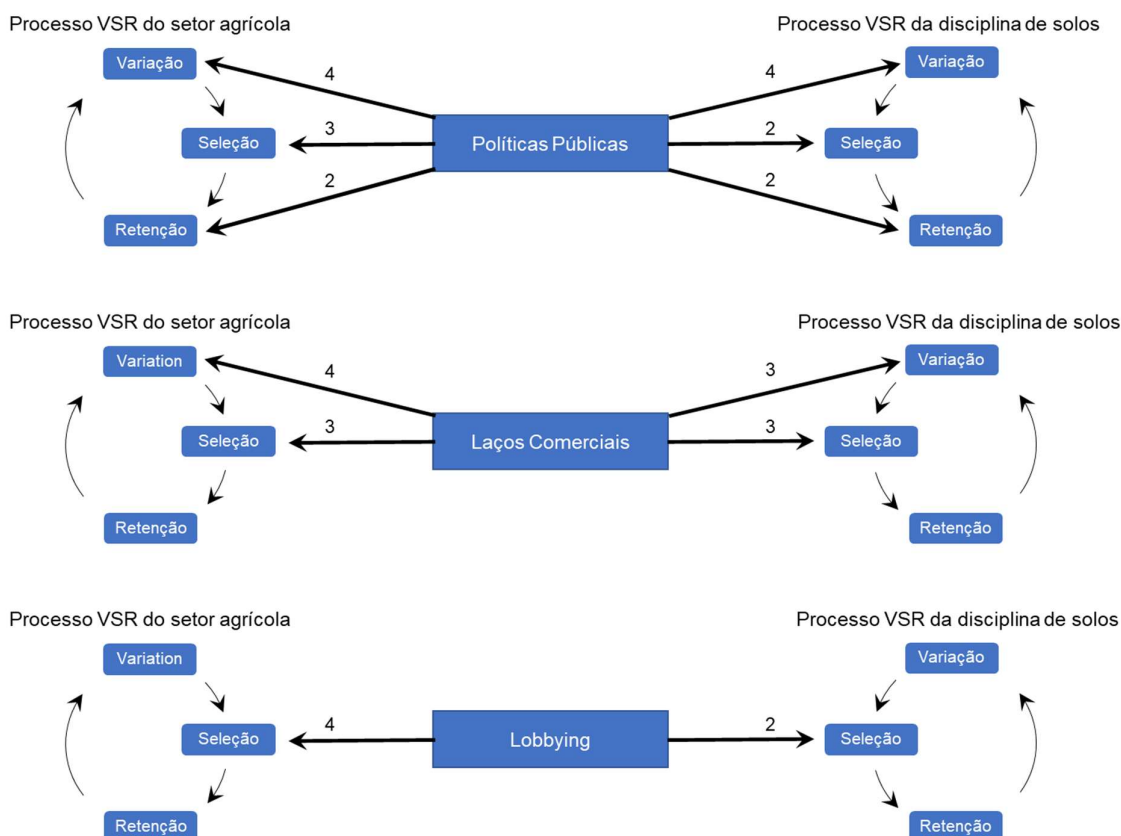
experiência de mercado. Portanto, além dos raros esforços para trazer profissionais de consultoria para desenvolver algumas iniciativas e percepções de mercado ou do envolvimento pontual entre pesquisadores e empreendedores durante o Proeta (SLUSZZ et al., 2013), a grande maioria tem pouca ou nenhuma experiência com a dinâmica do mercado.

Murmann (2013) verificou várias contribuições críticas para ambas as arenas por meio desse mecanismo (troca de pessoal), contudo, este não pode ser verificado de forma marcante para agricultura por causa dessa relação peculiar entre pesquisa pública e mercado, que impede pesquisadores e profissionais de transitarem livremente entre as arenas. Existem casos em que a pesquisa atua como agente de transferência de tecnologia ou usa a propriedade do agricultor como unidade de pesquisa avançada, mas como o pesquisador continua sendo servidor ou funcionário público, o envolvimento e comprometimento, bem como a capacidade de trocas e aprendizado, restam prejudicados. Ademais, existe a perda de informações no link com a extensão em ambos os sentidos. Como tal, pesquisa e setor agrícola provavelmente manterão taxas de sucesso inovativo abaixo do ideal, uma vez que o fluxo de conhecimento é frequentemente obstruído. A pesquisa precisa saber falar a língua do mercado enquanto o produtor precisa aprender a ouvir e aceitar novas práticas, o que é ainda mais desafiador quando feito com agricultores familiares de menor escolaridade. A possível criação da EmbrapaTec pode ser uma das soluções para amenizar esse mecanismo, pelo menos para os grandes produtores, pois permitiria um maior intercâmbio entre pesquisa e mercado.

Câmara e Brasil (2015) usaram políticas públicas como arena no processo de avaliação da coevolução de tecnologias com o setor de biodiesel, enquanto aqui, ela é usada como mecanismo causal. De fato, políticas públicas podem ter essa dupla função. Por exemplo, desde sua criação, o Pronaf passou por diversos ajustes em função da evolução das práticas e necessidades dos agricultores familiares e vice-versa. Em contraste, essas melhorias também exigiram mais organização e interações recíprocas com serviços como extensão rural e pesquisa. Ainda no trabalho de Câmara e Brasil (2015), as pontuações ajudam a compreender não apenas a ocorrência do efeito causal, mas também o quão sustentáveis eles são, orientando questionamentos sobre como o mecanismo deve ser revisado para entender e avaliar seus impactos, se devem ou não ser atualizados ou descontinuados. Além disso, não apenas políticas públicas, mas laços comerciais e *lobbying* devem ser vistos de forma

diferenciada na perspectiva do semiárido pois as características e restrições encontradas na região o tornam um caso à parte. A Figura 2 abaixo mostra os três mecanismos causais distintos e seus graus para cada processo identificado no nível da população para o setor agrícola brasileiro.

Figura 2 – Mecanismos de coevolução



Fonte: Dados da pesquisa

Dito isto, a análise do estudo aqui empreendido demonstrou a existência de coevolução entre a disciplina de pesquisa em solos e o setor agrícola. Segundo Murmann (2013), a coevolução pode ser verificada quando pelo menos seis efeitos causais são observados sob o mecanismo VSR e mecanismos causais em nível populacional nas duas arenas analisadas. O estudo foi capaz de identificar 12 efeitos causais (Figura 2 e Tabela 3) bidirecionais no processo de seleção para os três mecanismos estudados (seis efeitos), variação (quatro efeitos) nos mecanismos políticas públicas e laços comerciais, e retenção (dois efeitos) que se fez presente

apenas no mecanismo políticas públicas. Em relação à força dos mecanismos no processo coevolucionário, individualmente, políticas públicas apareceu como mecanismo mais desenvolvido. A pontuação geral do processo coevolutivo foi de 36 pontos, o que significa que a coevolução das duas populações é moderada.

Há muito se sabe sobre o risco de desertificação do semiárido. Décadas de práticas questionáveis têm apenas contribuído para acelerar o processo que, de acordo com estudos, pode atingir estados inteiros. Políticas públicas têm um papel fundamental para evitar que essa situação se concretize, fiscalizando de perto *clusters* agrícolas e elaborando políticas específicas para mitigar esses problemas. No entanto, o que se vê até o momento são tentativas de criar e disseminar políticas públicas orientadas a instigar a independência econômica de grupos de agricultores mais tecnológicos, mas de maneira pouco sustentável, pois práticas de manejo e conservação do solo ainda são muito limitadas, especialmente por que poucos agricultores sabem a real situação do solo que plantam. A recente pesquisa realizada pelo governo do Estado do Ceará para mapear os tipos e a qualidade dos solos é um passo importante para um melhor planejamento de políticas públicas para a agricultura (FUNCEME, 2019), mas não é suficiente.

A relação entre pesquisa, extensão rural e agricultores precisa ser reavaliada e remodelada, ao mesmo tempo em que o mercado precisa ser envolvido no processo. Além disso, políticas públicas orientadas para compra compulsória de produção por parte do governo precisam ser vistas como práticas de apoio durante o processo de transição em que os agricultores sejam preparados para comercializar e competir no mercado, e não a razão principal para se engajarem na agricultura comercial. Funcionando dessa maneira, a política pública cria apenas mais um viés de seleção, pois permite que agricultores ineficientes permaneçam no mercado (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017), sem qualquer chance de ascender economicamente e esgotando seu recurso mais valioso, o solo que plantam. Conseqüentemente, não há incentivos para que esses agricultores se desviem da assistência paternalista, enquanto a política, por mecanismos questionáveis de controle, exclui os demais agricultores do processo.

Por outro lado, não é possível eliminar ou reduzir tais políticas de aquisição, pois estas são fundamentais para grande parcela de municípios nos quais a agricultura é um dos principais empregadores (BUAINAIN; GARCIA, 2013). Se programas como esse simplesmente desaparecerem, a economia dessas cidades

entraria em colapso. A solução está em identificar como tais programas podem evoluir para evitar que apenas produtores atrasados (ROGERS, 2015), sem conhecimento ou tecnologia para competir no mercado, busquem tais políticas, passando também a recompensar a evolução desses agricultores. Políticas complementares também devem incentivar a adoção, pelos produtores rurais, e o consumo, pela população, de alimentos aderentes ao semiárido. Caso contrário, os esforços de pesquisa para selecionar e reter inovações para esses agricultores fracassarão, uma vez que ninguém estará disposto a usa-la e, portanto, limitando a possibilidade futura de novas pesquisas e emancipação desses agricultores. Além disso, as políticas públicas voltadas para a gestão sustentável da terra devem ser priorizadas, mas a pesquisa deve lembrar que os agricultores familiares não são pobres e carecem de recursos ambientais básicos, portanto, o redesenho de atividades como o SPD e a ILPF é fundamental.

Laços comerciais é outro mecanismo que freqüentemente aparece com bastante destaque, especialmente por causa de problemas recorrentes de orçamento que afetam a pesquisa e que são agravados durante períodos de crise econômica, levando a questionamentos sobre a flexibilidade de instituições públicas de pesquisa em adquirir fontes alternativas de financiamento (e.g., ARAÚJO, PESSOA; LEITE, 1996). Muitos desses problemas foram parcialmente endereçados, mas a pesquisa, por razões óbvias, ainda se concentra em culturas com alta demanda do mercado por causa dos custos que precisam ser mitigados e dos lucros potenciais do licenciamento (ver PASTORE, 1977). Além disso, é mais fácil pesquisar culturas onde conhecimento e fontes de financiamento são abundantes (), por causa dos impactos potenciais sobre a moral e reconhecimento dos pesquisadores (ARNON, 1989) e externalidades, quando bem-sucedidos (e.g., Balanço Social da Embrapa).

O maior problema, porém, costuma estar atrelado à burocracia que, com a desculpa de proteger, muitas vezes causa mais mal do que bem, limitando a difusão de tecnologias por obsolescência, ou porque outra tecnologia mais barata a substitui (ZANATA, 2017). Como a maioria dessas tecnologias é proveniente de centros de pesquisa públicos, políticas públicas voltadas para facilitar esse processo podem racionalizar gastos e suprir lacunas, incentivando o desenvolvimento e consumo de tecnologias e produtos adequados ao semiárido, por exemplo. No entanto, a pesquisa ainda carece de experiência de mercado, o que poderia ser mitigado por parceiros experientes, o que, infelizmente, não é encontrado com frequência em associações

de agricultores familiares, mas apenas em grandes cooperativas de produtores de culturas comerciais de exportação

É indiscutível o poder econômico e, portanto, a capacidade de *lobbying* dos grandes agricultores para direcionar políticas e decisões que beneficiem seus interesses. Por exemplo, agricultores do Rio Grande do Sul e Paraná importaram ilegalmente da Argentina, em 1993, a primeira variedade de soja transgênica e, embora com certo esforço, tiveram seu pedido de liberalização para o plantio deferido em 2003. Por outro lado, a pesquisa direcionada aos problemas dos pequenos agricultores começou a ser disciplinada há apenas algumas décadas. No entanto, eles ainda são mal assistidos porque não dominam a arma mais importante do processo: a organização (HAIAMY; RUTTAN, 1988). Em um mundo perfeito, cada segmento, tanto da agricultura familiar quanto dos grandes produtores de commodities, deveria ter voz. Porém, apenas um lado tem poder suficiente e, portanto, benefícios no que tange resultados de pesquisa.

Hoje, a pesquisa pública empreendida pela Embrapa, por exemplo, omite estratégias diretas à agricultura familiar, colocando no mesmo saco grandes e pequenos produtores. No fim, o que se verifica é que a pesquisa continuará a evoluir na solução dos problemas de grandes produtores e culturas de exportação e, eventualmente, se espalhará para os agricultores familiares e, com alguma sorte, também para o semiárido. O perigo está em saber se a pesquisa continuará sendo usada para influenciar políticas públicas apenas para atender à ganância das grandes corporações ao invés do bem comum, o que a história evidencia com certa frequência no século passado.

4.8 Conclusão

O sistema que orienta o desenvolvimento e a evolução do setor agrícola e de pesquisa no Brasil é claramente enviesado em relação à culturas e produtores que podem dar o melhor retorno à balança comercial e ao financiamento da pesquisa. Deste modo, não causa surpresa o fato de a pesquisa focar em tópicos relevantes para para tais grupos, enquanto tangencia outros segmentos, como o da agricultura familiar, por exemplo. No entanto, não se pode alegar que tal estratégia seja equivocada, uma vez que este ainda é um jogo de dotações de fatores, onde os grandes produtores, notadamente de soja e milho, concentram um recurso raro para

todos os outros atores do sistema, o capital. Assim, conquanto se espere que o *lobbying* e os laços comerciais continuem a direcionar o avanço da ciência, as políticas públicas devem ser utilizadas para controlar quando a orientação exclusiva para o lucro possa prejudicar o bem-estar de longo prazo, bem como ajudar a redistribuir parte da riqueza e benefícios para outros segmentos e, em última instância, para a sociedade.

Contudo, as políticas públicas têm um duro inimigo pela frente, o tempo, e a burocracia desempenha um papel-chave aqui, difícil de superar. O governo deve compreender a urgência dos pequenos produtores e apoiar, tecnológica e financeiramente, sua evolução para a agricultura conservacionista, da mesma forma que fez com os grandes produtores, antes que os recursos naturais, especificamente os pedológicos, se esgotem completamente. Além disso, o governo deve estar atento a políticas públicas complementares à pesquisa que historicamente são negligenciadas aos pequenos produtores, principalmente no semiárido, a educação agrícola e a extensão rural. Com efeito, não importa a quantidade de políticas públicas destinadas a custear o plantio e investimentos na propriedade sem ofertar conhecimento e tecnologia específicas para as necessidades particulares desse segmento. Tais políticas, da forma como são oferecidas, se apresentam mais como armadilha do que como ajuda e tem se mostrado incapazes de aumentar a capacidade absorviva e tecnológica dos produtores, porque não atacam a raiz do problema.

Assim, iniciativas de disseminação de abordagens com orientação para a agricultura conservacionista (e.g., SPD, rotação e sucessão de culturas, sistemas agroflorestais), ao lado do apoio financeiro e de políticas como o Pronaf e o PAA, são fundamentais; caso contrário, os pequenos produtores permanecerão presos em um ciclo eterno no qual não conseguem se livrar nem das dívidas nem da pobreza. Porém, enquanto o governo continuar a ver essas ações e atividades apenas como despesas, pouca coisa irá mudar. O problema é que quando o governo perceber que não existe outra solução, pode ser um pouco tarde demais para muitos agricultores. Associadas às mudanças climáticas, as práticas inadequadas destes produtores quanto a métodos de manejo do solo (e.g., queima de restolho, arar o solo) e cultivo (e.g., água salgada para plantações não salinas, bezerros em pastagem em vez de cabras) estão piorando sua situação dramaticamente.

Todavia, para eliminar o viés de seleção (i.e., focar apenas em agricultores tecnológicos) e melhorar a eficiência de programas e políticas públicas, outros atores

e práticas precisam ser introduzidos no sistema de inovação da agricultura, ao passo que deve ser dada atenção especial às políticas e processos já existentes, melhorando os promissores e descontinuando os ineficientes. Nesse sentido, desenvolver a educação camponesa, capacitar a assistência técnica e serviços de extensão rural, especializar a pesquisa, introduzir agentes de inovação e outras instituições de apoio pode ser útil para, talvez, transformar um sistema frágil, como o de inovação agrícola no semiárido, em um ecossistema em constante evolução. Dar aos agricultores as ferramentas que lhes permitam avançar tecnologicamente e se tornarem independentes é um desafio que pode trazer ganhos potenciais para regiões inteiras, enquanto os custos seriam mitigados por benefícios de longo prazo. Mesmo assim, o governo continua a disfarçar e minimizar o problema, mas por quanto tempo? A que custo? Por qual motivo? Essas são perguntas que ainda permanecem sem uma resposta clara e que precisam ser evidenciadas para que as soluções para o problema sejam desenhadas de forma efetiva.

Como limitações do estudo, tem-se, por exemplo, os efeitos indiretos dos mecanismos aqui descritos, bem como a possível exclusão ou omissão de outros eventos importantes que também podem implicar em uma gradação diferente dos efeitos coevolucionários identificados na análise. Outra limitação também pode ser atribuída ao fato de que, de maneira geral, as políticas de compra, financiamento e custeio foram evidenciadas de forma mais aguda do que outras políticas, enquanto o serviço de extensão rural, embora importante, fora tratado de forma superficial. Além disso, sempre há questionamentos sobre se a classificação empreendida pode ser replicada sem grandes distorções por outros pesquisadores e produzir resultados semelhantes. No entanto, esta pesquisa não pretendeu ser exaustiva, mas lançar luz sobre os efeitos coevolucionários dos mecanismos causais (i.e., políticas públicas, laços comerciais, *lobbying*) e abordar, sempre que possível, sugestões para melhorar a intensidade e, portanto, o impacto de programas e ações entre arenas

Como sugestões para pesquisas futuras, a avaliação de efeitos indiretos pode auxiliar na avaliação das externalidades e na disseminação e avaliação dos resultados e intensidade do processo coevolutivo entre as arenas. Outra sugestão poderia ser a comparação entre os estados do semiárido para entender os potenciais gatilhos para acelerar a evolução do setor agrícola e da pesquisa, dado que cada estado possui peculiaridades e idiossincrasias que não podem ser tratadas de maneira genérica. Há também a possibilidade de um estudo considerando outras

políticas para a agricultura, como extensão rural, irrigação, educação, saúde, aposentadoria, energia elétrica, entre outras. Uma última sugestão seria a avaliação ampliada relativa aos atores críticos do sistema de inovação da agricultura e os mecanismos causais estudados aqui para oferecer uma nova abordagem para a inovação na agricultura em ecossistemas frágeis, como o semiárido, oferecendo alternativas para a construção de um ecossistema de inovação inclusivo e dinâmico.

5 SEMEANDO AS SEMENTES DA GERMINOVAÇÃO – UM FRAMEWORK ANALÍTICO PARA INCLUIR OS ESQUECIDOS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA

5.1 Introdução

Segurança alimentar e nutricional sempre foram temas de grande importância. No entanto, eles estão se tornando mais desafiadores devido a problemas potencializados pelas mudanças climáticas e o aumento da população mundial, que deve chegar a 9,5 bilhões de pessoas em 2050 (EU SCAR, 2012, 2016). Consumidores também estão mais exigentes e educados e, portanto, demandando novos produtos e serviços que desafiam não apenas agricultores, mas também pesquisadores na busca por inovações para atender novos nichos e necessidades criados por eles (EMBRAPA, 2018a). Assim, os problemas da agricultura deixam de ser apenas àqueles ligados à questão da produtividade dos fatores, passando a contemplar um conjunto complexo de elementos como a capacidade de oferecer qualidade acima da média e valor agregado aos consumidores, enquanto mantem os custos baixos.

No Brasil, grande parte do progresso tecnológico na agricultura é desenvolvido pelo SNPA, tendo a Embrapa como gestor e principal integrante do sistema, a maioria das universidades públicas e, os centros estaduais de pesquisa, também conhecidos como OEPAs (MENDES; BUAINAIN; FASIABEN, 2014; PEREIRA; CASTRO, 2017; VIEIRA et al., 2015). Assim, a expansão da fronteira agrícola para o Cerrado (SILVA et al., 1976), o desenvolvimento de tecnologias de fixação biológica de nitrogênio (BLISS, 1993; DÖBEREINER, 1977; SANTOS et al., 2013), bem como técnicas de melhoramento para elevar a qualidade da pastagem para a pecuária (JANK; VALLE; RESENDE, 2011; KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006; NUNES et al., 1984) são alguns exemplos de inovações desenvolvidas pelo SNPA. Essas tecnologias não apenas reduziram custos e aumentaram a produtividade, mas contribuíram para diminuição dos preços do alimentos e aumentaram a segurança alimentar para os consumidores no Brasil (VIEIRA FILHO, 2019), mas não agregaram valor ou diferencial substancial aos produtos.

Atualmente, embora o Brasil esteja na era da disseminação do conhecimento e da inovação na agricultura (PEREIRA; CASTRO, 2017), essas

tecnologias ainda estão longe dos pequenos agricultores. O problema da defasagem tecnológica entre pequenos e grandes produtores é ainda mais evidente no semiárido, onde a baixa pluviosidade e a prática de técnicas agrícolas rudimentares contribuem para o esgotamento do solo, estagnando ou reduzindo o potencial produtivo mesmo durante boas quadras chuvosas. Da mesma forma, a difusão de pacotes tecnológicos voltados para lutar contra a seca, ao invés de estratégias de convívio com a seca, agravam os problemas da região, contribuindo apenas para disseminação da pobreza e sofrimento durante os períodos de estiagem. Não é uma tarefa fácil tentar encontrar os culpados, mas a forma como os serviços de extensão rural (BERGAMASCO; THOMSON; BORSATTO, 2017; LEEUWIS; BAN, 2004; PEIXOTO, 2008), centros de pesquisa (ARNON, 1987, 1989) e outros atores interagem no sistema (TURNER et al., 2017) desde o início podem dar uma pista.

De maneira geral, as soluções do governo para o problema da pobreza no campo vinculam-se à programas de transferência de renda e à políticas assistencialistas frágeis que de certa forma amenizam, mas não tratam a causa nem dão respostas aos agricultores (HALL, 2006; NELSON; FINAN, 2009). Em particular, tais programas mudam um pouco a vida dos pequenos agricultores, mas apenas quando o interesse de outros grupos influentes estão em jogo (TENDLER, 1993). Por outro lado, o papel dos serviços de extensão rural, que muitas vezes são o elo mais próximo entre as inovações (produtos e práticas) e o agricultor, são ultrapassados e negligenciados. Fundamental como é, os serviços de extensão rural precisam ser holísticos em termos de conhecimentos porque eles são os agentes de transformação (LEEUWIS; BAN, 2004; RÖLING, 1985), e, geralmente, é por meio de seu trabalho que o desenvolvimento da agricultura familiar, especialmente no semiárido, tende a prosperar.

Como tal, a partir dos resultados e recomendações encontrados nos trabalhos de Pigford, Hickey e Klerkx (2018), Klerkx et al. (2010), Klerkx e Leeuwis (2009); Micheels e Nolan, 2016; Turner et al. (2017), Leeuwis e Ban (2004), Vieira Filho (2019), Vieira Filho e Fishlow (2017) e Röling (1985), este estudo propõe um framework analítico que trata a extensão rural não apenas como um catalisador do sistema de inovação da agricultura, mas também como um agente capaz de controlar o fluxo de conhecimento entre atores e, conseqüentemente, inovação. Assim, o *Supportive Extension Ecosystem for the Development of Semiarid* - SEEDS vai além do modelo tradicional e passivo do serviço de extensão rural desenvolvido atualmente

e avança em direção a uma perspectiva sinérgica no qual o serviço de extensão é o maestro do ecossistema. Ao fazer isso, o serviço de extensão rural, usando uma visão multifacetada, seria capaz de induzir o desenvolvimento do sistema e promover a inovação de forma sustentável e orgânica.

Esta pesquisa está dividida em cinco seções, incluindo esta introdução. A seção dois discute o papel dos atores tradicionais em um sistema de inovação agrícola, enquanto a seção três explica os materiais e métodos utilizados na pesquisa. As seções quatro e cinco delineiam a metáfora do SEEDS e o framework analítico da proposta, respectivamente, evidenciando aspectos relevantes e a importância de agentes e instituições complementares no sistema de inovação na agricultura, bem como outras políticas públicas e como eles, atores e políticas, podem interagir e os possíveis resultados dessa interação. Por fim, a seção seis apresenta as considerações finais, principais limitações, bem como sugestões para estudos futuros.

5.2 As semestres do desenvolvimento da agricultura brasileira

Para muitos países, a agricultura é um setor crítico, com taxas de retorno do investimento em pesquisa bastante expressivas (ALSTON et al., 2010; ALSTON; BEDDOW; PARDEY, 2009; EVENSON, 2001; EVENSON; WAGGONER; RUTTAN, 1979; HURLEY; RAO; PARDEY, 2014; PARDEY et al., 2018) e o Brasil não é exceção. No entanto, apesar de ter sido capaz de melhorar a segurança alimentar (EMBRAPA, 2014; VIEIRA FILHO, 2019), a nutrição sempre foi um problema (PASTORE, 1977), o que deve piorar à medida que a população mundial cresce (RUEL et al., 2017). Esta questão torna-se ainda mais problemática devido à posição de destaque que culturas de exportação (e.g., milho, soja) têm em relação à alimentos básicos (e.g., arroz, feijão) (OCTAVIANO, 2010). Hall, Matos e Langford (2008) e Pastore (1977) argumentam, por exemplo, que os esforços da pesquisa são altamente heterogêneos entre tipos de cultura e regiões, sendo as culturas destinadas à exportação privilegiadas com financiamentos e outros recursos.

De qualquer modo, atender às expectativas de preço do mercado consumidor exige uma série de atividades e tecnologias que muitas vezes só podem ser eficientemente empreendidas por grandes produtores, devido a especialização e escala. No entanto, não é certo presumir que as questões enfrentadas pelos pequenos agricultores sejam de menor importância. Esses agricultores são responsáveis por

parte substancial dos produtos que chegam à mesa das famílias brasileiras (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017; BRASIL, 2018), principalmente porque os grandes agricultores estão mais interessados na produção de *commodities* para exportação, e não no mercado interno. O problema com essas *commodities* é que, embora tenham mercado garantido, o preço é dado *a priori*, logo, dadas outras características de comercialização, é impossível para os pequenos agricultores, notadamente os que possuem um lote de tamanho médio no nordeste, ganhar dinheiro suficiente para fazer frente aos custos da atividade (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011). Assim, a pesquisa deve apresentar soluções para desenvolver outras culturas e atividades, não apenas de atores *upstream*, mas também *downstream*, agregando valor aos produtos e, conseqüentemente, aumentando sua demanda.

5.2.1 Pesquisa

A pesquisa agropecuária brasileira há muito é reconhecida por produzir e adaptar tecnologias de ponta voltadas para o clima tropical (EMBRAPA, 2002, 2018a; VIEIRA FILHO, 2013; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). No entanto, a liberalização do mercado e a competição intensiva com a pesquisa privada no melhoramento de culturas de exportação estão desafiando a pesquisa pública a buscar áreas e culturas complementares onde as empresas privadas não estão tão interessadas (BUSH, 1945; PARDEY et al., 2018). De fato, para algumas culturas, o problema não é de produtividade, mas de como criar demanda para absorver os excedentes produzidos e seus subprodutos, bem como encontrar formas de padronizar o resultado da colheita. A primeira questão pode ser resolvida procurando novos produtos e inovações sob o princípio da economia circular.

A Embrapa, por exemplo, realiza, de forma recorrente, estudos de agregação de valor por diferenciação, buscando novos mercados para os produtos brasileiros. Exemplos podem ser vistos em estudos recentes sobre o mel (COSTA et al., 2018), o açaí (BEZERRA et al., 2017), o caju (ABREU et al., 2013; DIONÍSIO et al., 2015; NOBRE et al., 2015), e a raiz de yacon (ADRIANO et al., 2019; SANTOS et al., 2018; SILVA et al., 2018), produzindo hambúrgueres de base vegetal, bebidas prebióticas, corantes naturais, entre outros.

Entretanto, para encontrar espaço no mercado, esses produtos precisam se enquadrar em alguns padrões estabelecidos pelos consumidores (CÂMARA DOS

DEPUTADOS, 2011). De fato, esses são aspectos decisivos e, em última instância, definem se um bem será aceito ou rejeitado para venda. Alguns desses atributos são controlados pelos pesquisadores durante os testes (e.g., cor, tamanho, sabor, aparência geral). Contudo, na maioria das vezes, a degradação dos produtos no que tange aspectos relacionados a qualidade e produtividade está relacionada a características técnicas como a disponibilidade de nitrogênio (OKUMURA et al., 2011) e boro (MATHEW et al., 2018) para as culturas, por exemplo. O uso e o manejo desses componentes no solo são algumas das muitas informações que os agricultores podem acessar por meio de serviços de assistência técnica e extensão rural.

5.2.2 Assistência técnica e extensão rural

Diversos estudos relacionam o impacto da difusão e adoção de inovações e o papel da extensão rural (e.g., EVENSON, 2001; EVENSON; WAGGONER; RUTTAN, 1979; GRILICHES, 1960). Porém, estudos como os de Rogers (1958, 1961, 2015) são de grande relevância, uma vez que retrata o modelo e o processo por meio do qual pode ocorrer a adoção de inovações. Todavia, vários problemas cercam sua eficácia, como, por exemplo, o viés de seleção dos serviços de extensão rural em busca de agricultores tecnológicos, a suposição de que as inovações são igualmente importantes para grupos diferentes de produtores, a falta de design e adaptação de práticas, a simplificação excessiva dos problemas dos agricultores, entre outros (LEEUIWIS E BAN, 2004; RÖLING, 1985). Esta abordagem não apenas amplia a lacuna entre os grupos de agricultores (KOUTSOURIS, 2018), mas força os retardatários a serem selecionados com base em sua capacidade de adaptação (NELSON; WINTER, 1982), que é severamente limitada dada a falta de experiência, conhecimento e outras características-chave.

Entretanto, conquanto diversos estudos apontem para a importância dos serviços de assistência técnica e extensão rural (JIN; HUFFMAN, 2016; MOYO; SALAWU, 2018; RAGASA; MAZUNDA, 2018), esta ainda se apresenta como uma atividade subestimada em relação às demais políticas públicas para a agricultura no Brasil, mesmo com pesquisas mostrando que essa atitude resta equivocada. Por exemplo, Jin & Huffman (2016) verificaram que, para os EUA, seria mais eficaz e eficiente direcionar investimentos da pesquisa para serviços de extensão rural. Na China, Cui et al. (2018) evidenciaram os esforços bem-sucedidos dos serviços de

extensão rural junto às comunidades de pequenos agricultores para torná-las mais produtivas e sustentáveis, transferindo as práticas de gestão positiva desenvolvidas pela pesquisa. Confirmando estudos anteriores, Braga, Vieira Filho e Freitas (2019) verificaram que a agricultura brasileira também se beneficiou significativamente dos serviços de extensão rural. No entanto, os grandes produtores têm experienciado melhores resultados do que os pequenos, evidenciando que a mera disponibilidade de serviços de assistência técnica e extensão rural não é suficiente, demonstrando a necessidade de políticas públicas complementares.

5.2.3 Agricultura familiar no semiárido nordestino

A agricultura familiar¹¹ é uma atividade que varia em escopo e intensidade dependendo da região do país, tipo de agricultura praticada (e.g., pecuária bovina, lavoura de soja) e capacidade de absorção dos agricultores. Contudo, a grande maioria desses agricultores não tem acesso a financiamento, conhecimento, tecnologia, habilidades gerenciais e recursos sistêmicos, o que os impede de adotar inovações (TURNER et al., 2017). Como consequência, muitos deles não são competitivos em termos de produtividade de fatores, nem eficientes no que tange acesso ao mercado consumidor (BROOKS; LOEVINSOHN, 2011; HALL; MATOS; LANGFORD, 2008; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Apesar das limitações mencionadas, Brasil (2018) afirma que os agricultores familiares são o 8º maior produtor de alimentos do mundo, com uma renda anual média de US\$ 55,2 bilhões¹². Importante salientar que essa receita está longe de ser igualmente distribuída entre eles (VIEIRA FILHO, 2013). Além disso, embora Costa e Vieira Filho (2018) verifiquem a ocorrência de efeitos positivos do financiamento sobre a produtividade do setor, o estudo de Araújo e Vieira Filho (2018) demonstrou que Sul, Sudeste e Centro-Oeste concentraram 88% de todo o financiamento disponível para agricultura familiar. Inversamente, apesar de liderar o número de financiamentos em 2016 (871.787 pedidos), o valor médio dos contratos de financiamento para o Nordeste foi o menor (R\$ 13.494,90) enquanto o Centro-

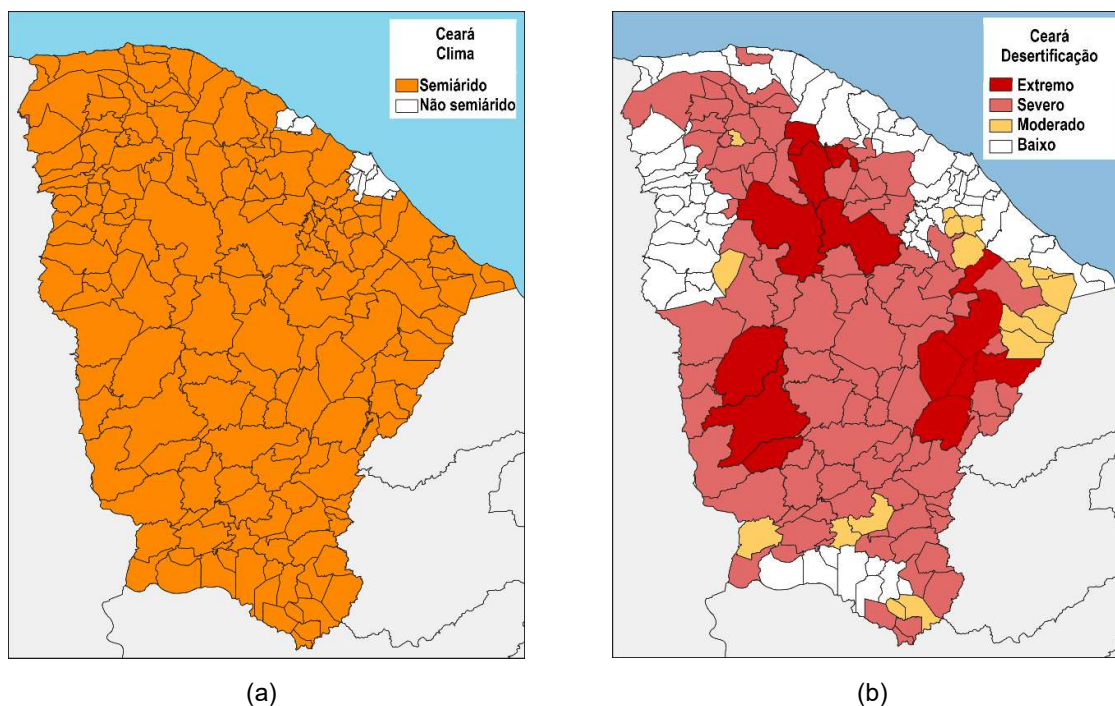
¹¹ No Brasil, o termo agricultura familiar está relacionado ao trabalho realizado principalmente pela família, em propriedade de até quatro módulos fiscais (de cinco a 110 hectares dependendo da região do país) e que tiram o sustento da terra.

¹² Existem algumas contradições sobre os dados apresentados por Brasil (2018), uma vez que o censo agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) aponta que a produção da agricultura familiar foi estimada em US\$ 25,2 bilhões.

Oeste teve o maior (R\$ 225.269,00). Adicionalmente, Silva, Araujo, Costa e Vieira Filho (2019) verificaram que a eficiência técnica média do Nordeste é baixa (58%), mas os municípios pertencentes ao semiárido são ainda piores (35%).

O censo agrícola de 2017, realizado pelo IBGE (IBGE, 2019), mostrou que a agricultura familiar representa cerca de 77% de todos os estabelecimentos rurais brasileiros, empregando quase 67% da população rural em municípios com menos de 20 mil habitantes. Em números, esse montante representa cerca de 10,1 milhões de pessoas, 46,6% pertencentes apenas ao Nordeste (BUAINAIN; GARCIA, 2013). Nessa região, a população ainda sofre todos os tipos de restrições, desde ambientais (e.g., solo, secas) a institucionais (e.g., cultura, políticas) (FISHLOW, 1972; ROCHA; LOPES, 2015; VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017). Por exemplo, o estado do Ceará, um dos ecossistemas mais frágeis da região, tem 96% de seu território declarado sob clima semiárido (Fig. 3a) e, segundo Funceme (G1 CE, 2017), corre sério risco de se tornar totalmente infértil (Fig. 3b).

Figura 3 - Área sob o semiárido e em processo de desertificação no Ceará



Fonte: Dados da pesquisa, baseado em IBGE (n.d.), Sudene (n.d.) e IPECE (n.d.)

Outros problemas relativos à subsistência na região estão relacionados ao tamanho dos estabelecimentos rurais e à diversificação da renda, apenas para citar

alguns. Por exemplo, a maioria esmagadora das propriedades rurais do Nordeste é muito pequena, com 1,1 milhão de “fazendas” de um total de 1,7 milhão com área inferior a cinco hectares, sendo que 450 mil tem menos de dois hectares (BUAINAIN; GARCIA, 2013). Algumas estratégias de diversificação de renda são recorrentemente discutidas com o intuito de aliviar os problemas de subsistência e segurança alimentar desses camponeses, mas estas, frequentemente, se mostram seletivas (GAUTAM; ANDERSEN, 2016), além de enfraquecer o compromisso com a terra e incentivar a migração rural-urbana (CASTAÑEDA et al., 2016; WARD; SANDERS, 1980), particularmente durante períodos de seca. Não por acaso, Vieira Filho e Fishlow (2017), Silva et al. (2019) e Vieira Filho (2013) preconizam a necessidade de entender em profundidade as questões do Nordeste, em geral, e do semiárido, em específico.

5.2.4 Semeando as sementes (SEEDS) da germinação – uma metáfora

A ideia por trás da importância e evolução da inovação na agricultura, bem como seus modelos e sistemas, é amplamente discutida em Koutsouris (2018) e Ugochukwu & Phillips (2018), e não será enfatizada aqui. No entanto, os benefícios de ser pioneiro no que tange a adoção de inovações merece atenção. Um dos primeiros estudos nesse sentido, a teoria da esteira (COCHRANE, 1958 apud LEVINS; COCHRANE, 1996), argumenta sobre o destino dos agricultores retardatários em relação à não adoção de inovações, que seriam expulsos do mercado e substituídos por outros mais eficientes, que desejassem expandir seus negócios. Berdegú e Escobar (2001) estendem a explicação dos impactos negativos de pertencer à maioria tardia ou grupos retardatários com uma associação entre a comercialização do produto escolhido e o papel do agricultor como comprador ou vendedor líquido. Em suma, aqueles que negociam *commodities* difíceis de comercializar correm o risco de não obter nenhum benefício do mercado, permanecendo pobres ou piorando sua situação.

Supondo a teoria de difusão e adoção de inovações de Rogers (2015) como preditora do comportamento dos produtores, cerca de 50% dos agricultores seriam classificados como maioria tardia (34%) ou retardatários (16%). Entretanto, dada a quantidade de variáveis associadas à propensão de um agricultor falhar na tentativa de inovar, a probabilidade dessa distribuição ser distorcida para a direita é alta. Assim, devido à impossibilidade de ser competitivo, o pequeno agricultor regride da

agricultura comercial para a agricultura de subsistência até que o falho manejo do solo, somado às secas e problemas financeiros, elimina as chances de sobrevivência pelo uso da terra. No fim, práticas de manejo deficientes findam por agravar o processo de desertificação dessas áreas (DARKOH, 1998; HELLDEN, 1991) e cria um problema permanente de migração rural-urbana, tornando as observações de Simonsen (1963) contemporâneas.

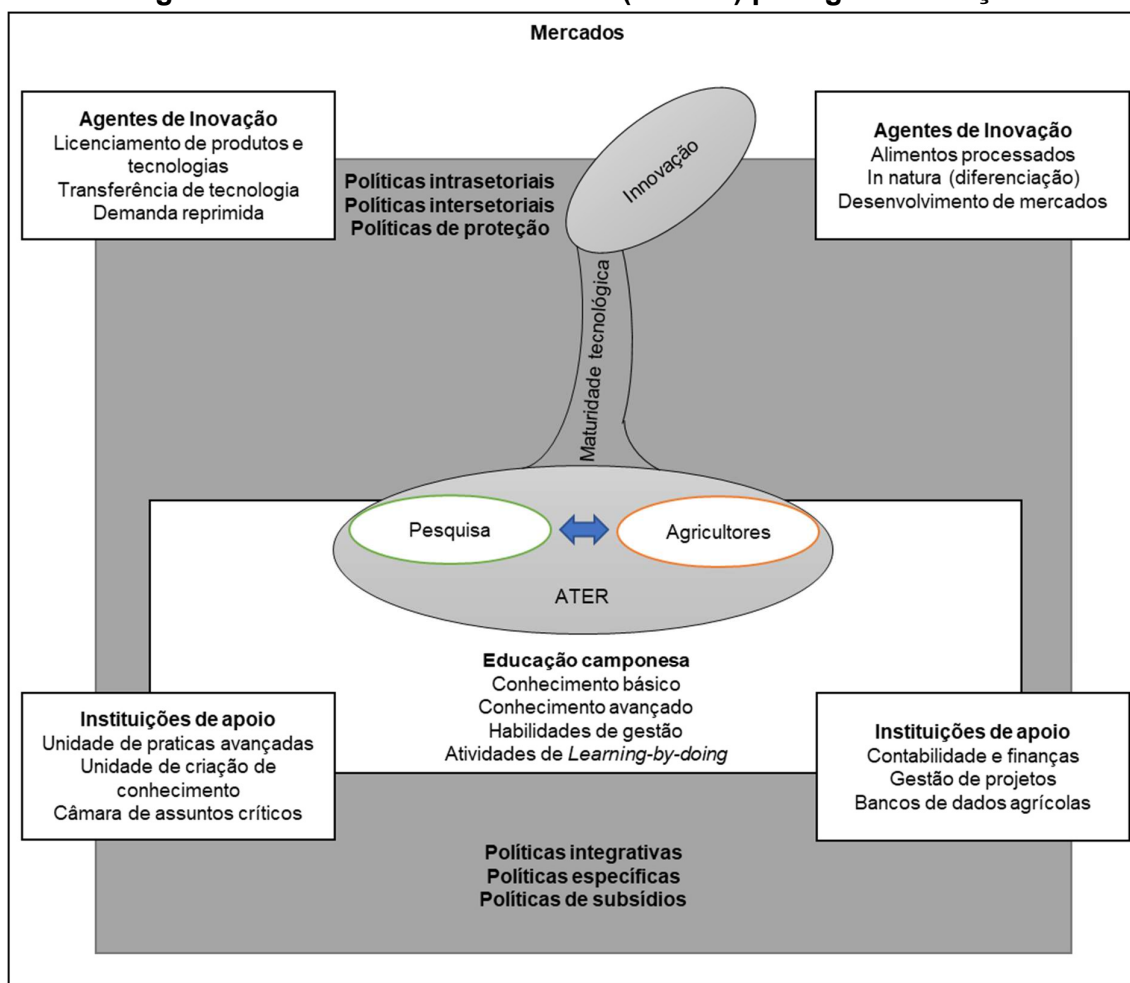
O semiárido nordestino é icônico nessa matéria, e o estudo de Silva, Araujo, Costa e Vieira Filho (2019) apresenta um retrato alarmante da situação, consequentemente, preconizando a necessidade da criação de instituições capazes de olhar de forma diferente para o cenário. Apesar de diversos problemas e de alguns equívocos, instituições e políticas públicas foram criadas ao longo dos anos. Todavia, nenhuma delas foi ampla ou integradora o suficiente para fornecer os meios pelos quais agricultores familiares pudessem lutar contra a pobreza (CARNEIRO; PALM; ALVARENGA, 2017), notadamente no semiárido (SILVA et al., 2019). Dessa forma, um ecossistema de apoio à inovação pode ser uma solução viável para traçar políticas públicas e incentivar positivamente atores e instituições no apoio à evolução do bem-estar dos agricultores familiares.

Tornar disponível tecnologia aos agricultores tradicionais tem se tornado um desafio cada vez maior, pois o acesso à políticas públicas muitas vezes é separado (e.g., acesso ao Pronaf não garante acesso à extensão rural), tornando os esforços nesse sentido extremamente ineficientes. Não obstante, mesmo quando contemplam políticas complementares, é comum que essas políticas sejam incompletas. Assim, a possibilidade de uma estrutura integrativa como a do SEEDS (Figura 4) poderia auxiliar na consecução das metas estabelecidas para a agricultura familiar, não apenas na questão tecnológica, mas também na redução da pobreza ao fomentar a germinação. O framework SEEDS também pode ser explicado por meio de uma metáfora. O princípio da metáfora é o de abordar o papel e a relevância dos atores do ecossistema de inovação na agricultura (PIGFORD; HICKEY; KLERKX, 2018) e como eles devem interagir, desenvolvendo um microambiente único onde todos os interesses daquela localidade pudessem ser atendidos, por exemplo.

No framework, a semente seria formada pela tríade Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e produtores rurais. A educação camponesa ou rural faria o papel do solo, servindo de base para o crescimento da semente. A ausência da educação camponesa significaria um solo deficiente (e.g., raso, salino,

ácido), onde poucas culturas seriam capazes de se desenvolver gerando valor. De maneira geral, a ausência da educação camponesa resulta em capacidade absorviva e práticas de *learning-by-doing* limitadas, reduzindo a capacidade do pequeno produtor de adotar tecnologias e, portanto, inovar (COHEN; LEVINTHAL, 1990; MICHEELS; NOLAN, 2016; VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2013). Essa é uma das razões pelas quais a capacidade da ATER de controlar o fluxo de informações entre a pesquisa e os produtores é fundamental. A ATER deveria funcionar como uma ponte entre aquilo que se desenvolve no laboratório e o mundo real, ajudando a educação camponesa na criação de conteúdos e programas para facilitar, por parte dos produtores rurais, a interpretação e transformação do conhecimento gerado pela pesquisa.

Figura 4 - Semeando as sementes (SEEDS) para germinação



Fonte: Autor, baseado em Pigford, Hickey e Klerkx (2018), Klerkx et al. (2010), Klerkx e Leeuwis (2009); Micheels e Nolan, 2016; Turner et al. (2017), Leeuwis e Ban (2004), Vieira Filho (2019), Vieira Filho e Fishlow (2017) e Röling (1985)

Contudo, não se pode esquecer de abordar a participação de outros atores no processo, especialmente dos agricultores (e.g., CARDOSO et al., 2001; DOLINSKA; D'AQUINO, 2016; VAN MIERLO et al., 2010). Exemplos de instituições complementares ou de apoio a consecução da inovação são inúmeras. No contexto da metáfora aqui utilizada, essas instituições seriam como os nutrientes e a matéria orgânica no solo, que promovem o estabelecimento do sistema radicular e o desenvolvimento da semente. De fato, mesmo um bom solo necessita da reciclagem de nutrientes e matéria orgânica para tornar-se (ou permanecer) produtivo e as necessidades são diferentes para diferentes culturas. Igualmente, não adianta estabelecer um sistema de inovação sem a participação de um conjunto formal de atores e políticas para facilitar o fluxo de conhecimento e tecnologia. Entende-se pois, que essas instituições de apoio devam ser criadas para atender às especificidades de cada ecossistema, no sentido de fomentar o acesso ao mercado pelo agricultor.

Diferentemente, o mercado consumidor é o ambiente externo propriamente dito porque, embora se possa ter informações prévias que ajudem a prever seu comportamento, ele continua sendo imprevisível, uma vez que a demanda é instável (i.e., muda ao longo do tempo), e podem surgir inovações capazes de induzir mudanças significativas no sistema. Traduzindo para o contexto da metáfora, quando inovações aparecem como resultado da evolução natural da demanda e de tecnologias anteriores, o comportamento do mercado se assemelharia a um dia padrão no inverno, onde o desenrolar dos eventos seria, de certa forma, conhecido e esperado. Contudo, essas mudanças podem ser inesperadas, imprevisíveis ou disruptivas, como uma infestação de gafanhotos, uma geada fora de época, ou a proibição de uma determinada tecnologia (e.g., fertilizante, herbicida, uma semente OGM), impondo perdas significativas para os agricultores.

Nesta perspectiva, os *brokers* de inovação exercem papel fundamental, podendo ser comparados a um jardineiro ou outro especialista que avaliaria as necessidades da planta. Com efeito, estes “jardineiros” seriam essenciais para gerenciar o potencial de crescimento da planta, verificando características específicas como a necessidade de poda, tutoria, rega e correção de nutrientes e fertilizantes. Paralelamente, os *brokers* ou agentes de inovação têm impacto significativo na forma como agricultores e pesquisa alcançam o mercado, na taxa de aceitação das inovações pelos consumidores, ou por meio do papel facilitador de captura de novas

demandas, em resumo, desenvolvendo a rede (HELLIN, 2012; HELLIN; CAMACHO, 2017; HERMANS et al., 2013; KLERKX; AARTS; LEEUWIS, 2010; KLERKX; LEEUWIS, 2009; KOUTSOURIS, 2018).

Finalmente, há o papel do governo, local e nacional, que estabeleceria condições artificiais ou subsidiadas para o crescimento das sementes, que no caso da metáfora, faria as vezes de um inoculante, um processo catalisador ou uma estufa. Como inoculante, o governo atua na educação camponesa, incentivando e acompanhando o desenvolvimento da capacidade de absorção dos agricultores, bem como facilitando a integração dos processos de *learning by doing* com a pesquisa. Da mesma forma, quando o governo intervém para suavizar o fluxo de informações entre a pesquisa, ATER e agricultores, ele prova se comportar como um processo catalisador, ajudando a semente a 'quebrar a dormência' quando a capacidade de absorção e outros atributos necessários à inovação estão subdesenvolvidos (e.g., agricultores retardatários). Ao quebrar a dormência e plantar sementes pré-germinadas (e.g., maioria inicial, maioria tardia), o governo cria uma atmosfera propensa a adoção de inovações, onde conexões, interesses e a relação entre atores se tornam congruentes, desenvolvidas e bem estruturadas. Por fim, o governo se comporta como uma estufa ao criar um ambiente artificial que protege a semente de variações extremas do macroambiente (e.g., variação de preço, compra garantida de produção) e outros problemas potenciais, instituindo políticas para salvaguardar, integrar e estimular a rede enquanto os agricultores se desenvolvem no mercado.

5.3 Materiais e métodos

A pesquisa busca propor um *framework* por meio de uma abordagem qualitativa, onde a principal estratégia de pesquisa utilizada é o estudo de caso. Tem como métodos de coleta entrevistas abertas, documentos públicos e privados, participação em seminários, relatórios, entrevistas com partes interessadas e outros eventos e arquivos de interesse (EISENHARDT, 1989; MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014; YIN, 2012). Além disso, com base em estudos anteriores de Pigford, Hickey e Klerkx (2018), Klerkx, Aarts e Leeuwis (2010), Klerkx & Leeuwis (2009); Micheels e Nolan, 2016; Turner et al. (2017), Leeuwis & Ban (2004), Vieira Filho (2019), Vieira Filho e Fishlow (2017) e Röling (1985) este estudo constrói um

framework analítico que privilegia o fluxo de conhecimento e tecnologia em um ecossistema de inovação.

5.3.1 Cenário empírico

O semiárido brasileiro há muito é reconhecido como uma região que necessita de políticas e soluções diferenciadas, uma vez que as idiossincrasias dessa área não são compartilhadas por nenhuma outra do país. Longe de concentrar apenas problemas geológicos e climáticos, o semiárido é historicamente esquecido, agrupando problemas variam desde políticos, logísticos, de capacidade de absorção, financeiros, até de desenvolvimento de mercado, apenas para citar alguns. Contudo, mesmo com experiências passadas como lição, políticas públicas continuam sendo elaboradas para atender os agricultores familiares no Brasil como categoria uniforme entre regiões, o que trás distorções e amplia ainda mais a pobreza e a discriminação contra a população nordestina. Além disso, o serviço de extensão rural também é outra política pública severamente defasada em termos de acesso e capacidade de atendimento, o que faz com que os agricultores que se qualificam para acesso à créditos de custeio ou investimento corram o risco de dar calote por falta de informação e conhecimento sobre como utilizar o recurso eficientemente.

Além disso, sabendo que a segurança alimentar e a fome são fantasmas que ameaçam as comunidades mais pobres, de maneira desproporcional, à medida que a população mundial cresce e que as mudanças climáticas, potencializadas por ações antropológicas, pioram as condições de vida dos moradores rurais, o assunto surge como crítico, especialmente em regiões áridas, onde a base do sustento vem da terra.

5.3.2 Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu entre agosto de 2019 e fevereiro de 2020, por meio de entrevista abertas, com abordagem em três etapas. Primeiramente, foi feita uma breve apresentação da pesquisa e seus objetivos aos entrevistados. Em seguida, os entrevistados responderam a uma variação de duas perguntas abertas sobre seu trabalho na categoria representada e sobre sua visão a cerca da importância de outros atores no processo de inovação da agricultura para descobrir se haveria alguma

menção espontânea sobre processos-chave procurados na pesquisa. Esta etapa foi introduzida para permitir a comparação das respostas entre os atores e processos analisados. Perguntas adicionais, basicamente questões de controle, foram feitas tanto para trazer os entrevistados de volta ao foco do estudo, quanto para aprofundar assuntos de interesse sobre tópicos relacionados que surgiram durante a entrevista. Finalmente, os participantes foram questionados se, do ponto de vista de um espectador, que pontos ou situações ausentes eles considerava críticos e como enxergavam o impacto dessa atividade na capacidade de maximizar qualquer entrada ou saída na rede. Uma lista resumida de atores e tipos de documentos acessados pode ser encontrada na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Fontes de dados por dimensão

Dimensão	Fontes de dados (Número de fontes)
Pesquisa	Entrevistas (12)
	Entrevistas Públicas (24)
	Apresentações da empresa (1)
	Arquivos de acesso público e privado (8)
	Material institucional (4)
	Video streaming (27)
Extensão Rural	Entrevistas (12)
	Entrevistas Públicas (3)
	Conferências (1)
	Arquivos de acesso público e privado (11)
	Material institucional (4)
	Video streaming (22)
Educação Camponesa	Entrevistas (2)
	Material institucional (3)
	Video streaming (4)
Agricultores	Entrevistas (13)

Fonte: Dados da pesquisa

No total, foram realizadas trinta e nove entrevistas. A seleção dos sujeitos se deu por acessibilidade entre as dimensões analisadas e, dentro de cada dimensão, o acesso foi feito pelo método bola de neve, onde os entrevistados indicavam sujeitos potenciais para a pesquisa. A todas as 39 pessoas foi solicitada permissão para gravar a entrevista em áudio, ao que apenas 17 entrevistados concordaram. Em sua maioria, as negativas vieram da área da pesquisa e extensão rural. Embora a impossibilidade de registro em áudio tenha impacto potencialmente negativo em relação a capacidade de triangulação, permitiu que os entrevistados fossem mais naturais durante seus depoimentos, o que enriqueceu a coleta. De qualquer forma, foram feitas anotações em campo, durante as entrevistas, para destacar tópicos e temáticas relevantes, bem

como a racionalização e transcrição, que foram empreendidas logo em seguida. As entrevistas foram sempre feitas por dois pesquisadores, um mestre em administração e outro mestre em agronomia, menos cinco delas. As entrevistas foram realizadas até que o ponto de saturação se tornou aparente: em um determinado momento, as entrevistas pararam para oferecer novos *insights*.

Sempre que possível, os entrevistados foram escolhidos com base em uma perspectiva de capacidade de contribuição para a pesquisa, o que significa dizer que alguns dos sujeitos que foram indicados por outros entrevistados foram ignorados quando, em uma avaliação objetiva em conjunto com outro pesquisador, foi identificada por semelhança, anos de trabalho, cargo ou *background*, que pouco seria adicionado à pesquisa. Alguns entrevistados-chave ofereceram dados adicionais à pesquisa, bem como a indicação de material suplementar encontrado em arquivos pessoais e em sites de streaming de vídeo, onde alguns seminários e encontros, entrevistas e documentários foram carregados. Transmissões ao vivo sobre temas de interesse ou correlatos à pesquisa também foram acessadas e anotações foram feitas para avaliação posterior por meio de triangulação dos dados.

5.3.3 Análise dos dados

Todas as entrevistas foram analisadas em conjunto com notas de campo, relatórios e outros arquivos acessados durante o processo de coleta de dados. O processo de análise envolveu uma abordagem em duas etapas. Primeiro, os dados foram codificados, de acordo com os links observados no *framework* SEEDS e pela revisão da literatura. A segunda etapa foi a triangulação das descobertas empíricas com todos os outros arquivos e documentos, onde conclusões sobre a estrutura proposta, relações complementares e outras orientações para a eficiência e o fluxo de informações foram desenhadas.

A avaliação empírica foi feita por meio de uma escala de intensidade de três níveis para indicar se o evento de interesse era fraco (1), moderado (2) ou forte (3) enquanto zero significava a não observação do evento analisado (CÂMARA; BRASIL, 2015; MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). Quando classificado como fraco, o estudo considerou o ator ou atividade sob escrutínio como incapaz de afetar, de maneira significativa, o trabalho do agricultor, ou seja, falhando na tentativa de promover a absorção da maior parte das tecnologias, novas ou existentes, capazes

de mudar seu bem-estar. Quando classificados como moderados, os atores e atividades seriam vistos como impactantes e capazes de "quebrar a dormência" das práticas inovadoras do agricultor no ponto em que a qualidade de vida poderia ser substancialmente melhorada, mas não o suficiente para eliminar as políticas de proteção, por exemplo. Todavia, esses agricultores seriam considerados tecnológicos e possuiriam capacidade de absorção moderada, bem como curiosidade nata por novas práticas. No nível forte, os agricultores seriam classificados como capazes de absorver rapidamente novas tecnologias, de discutir e propor melhorias em pacotes tecnológicos, bem como supervisionar restrições e obstáculos geralmente ignorados por outros atores, como no caso da pesquisa (e.g., TENDLER, 1993; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011). Bem organizados, e com atividades e links integrados de forma harmoniosa, neste nível, os agricultores poderiam ser considerados como tendo atingido a maturidade tecnológica, podendo, inclusive, induzir inovações.

As avaliações foram feitas por meio do estudo do relacionamento entre três atividades estimadas como fundamentais ao processo de desenvolvimento agrícola e quatro atores/dimensões elencados no *framework* da pesquisa proposta. Atores e atividades foram classificados com base na avaliação conduzida durante a triangulação dos dados, e a magnitude dos impactos foi estabelecida a partir da soma direta dos escores obtidos por cada ator e atividade. Para avaliar o atores e atividades de maneira agregada, decidiu-se novamente por uma escala de intensidade em três níveis, com intervalos que refletissem tal variação. Destarte, na avaliação do segmento atores (i.e., ATER, instituições de apoio, pesquisa e agentes de inovação), os intervalos estabelecidos variam de zero a nove, onde 0 indicaria a inobservância das características avaliadas, de 1 a 3 as características e eventos seriam fracos, de 4 a 6 seriam moderados e, de 7 a 9 estipulou-se que tais atributos seriam fortes.

O mesmo procedimento foi utilizado para graduar as atividades, a saber: educação camponesa, demandas de mercado, e transferência de tecnologia, mas a variação foi conduzida por meio de uma escala de 12 pontos variando onde: de 1 a 4 - seria entendido como apresentando interação fraca, de 5 a 8 - moderada e, de 9 a 12 - forte. Novamente, a atribuição de nota zero indicaria que os atributos avaliados não foram observados. Deste modo, a pontuação geral para o modelo empírico variou entre zero e 36 e, usando a mesma analogia de intensidade em três níveis, classificou-se os intervalos de 1 a 12, de 13 a 24 e, de 25 a 36, como sendo fraco, moderado e

forte, respectivamente. Os resultados da avaliação podem ser observados na tabela 5 abaixo. Os resultados e implicações dos achados são discutidos a seguir.

5.4 Resultados

A metáfora proposta instruiu a criação de um *framework* que passou por um primeiro procedimento de validação com alguns atores-chave do sistema. Esses atores foram indagados sobre processos considerados vitais para fortalecer o ecossistema de inovação em direção a construção bem-sucedida de capacidades (e.g., sociais ou de interação, de absorção) que poderiam levar os agricultores familiares a ascender de retardatários tecnológicos a outros segmentos com maior probabilidade de adoção de tecnologias, como proposto por Rogers (1958, 1961, 2015). Ao compreender que as recomendações formuladas não são permanentes nem restritivas, mas indicativas de possíveis relações, atividades de intermediação e de apoio, a avaliação do ecossistema seguiu a premissa de que algumas tarefas e atores são fundamentais para 'quebrar a dormência' dos agricultores familiares e estimular atividades inovadoras. Os escores da avaliação empreendida podem ser visualizados na tabela 5.

A análise empírica encontrou diversas lacunas a respeito das práticas discutidas na literatura e o que se observa no dia-a-dia. Por exemplo, a educação camponesa tem sua importância subestimada e esta é frequentemente mal compreendida, especialmente pelo governo, que desde o fim das escolas rurais federais na década de 1980, insiste em um currículo padronizado que não prepara os moradores de áreas rurais para a vida camponesa nem para prosperar nos centros urbanos. Nesse sentido, a iniciativa autônoma de escolas como a EFA (Escola Família Agrícola) tem alcançando resultados promissores nos municípios em que estão estabelecidas. Ainda assim, as EFAs são restritas em termos de estrutura e capacidade de transformação, portanto, sem potencial para induzir mudanças profundas no meio rural, tornando a ATER a única fonte confiável e disponível de conhecimento, quando estes conseguem alcançar a agricultura familiar.

Outro problema encontrado foi o isolamento recorrente da pesquisa dentro do sistema, o que não chega a ser uma surpresa (ver ARNON, 1989). Os problemas de comunicação, apontados historicamente como uma das principais limitações à adoção e disseminação de tecnologias na agricultura, torna-se ainda mais desafiadora

Tabela 5 - Atividades essenciais para germinação no SEEDS

Principais atividades da germinação							
Atores da germinação	Transferência de tecnologia		Mercados		Educação camponesa		TOTAL
	Descrição	Intensidade	Descrição	Intensidade	Descrição	Intensidade	
ATER	A extensão entrega pacotes tecnológicos para agricultores familiares. Pequenas adaptações são feitas de acordo com o tipo de destinatário e falta compromisso da extensão em solidificar relacionamento com agricultores por conta do excesso de temporários	Fraco (1)	Em ações pontuais, a extensão rural tenta facilitar a aceitação ou encontrar soluções para comercializar produtos da AF. Não existe uma política formal de levantamento de demandas de mercado para orientar a AF no desenvolvimento de novas oportunidades, por exemplo	Ausente (0)	Existe uma preocupação com a educação no campo e seu papel na capacidade de absorção dos agricultores, mas as iniciativas do governo, em geral, e da extensão rural, em particular, são frágeis e escassas	Fraco (1)	Fraco (2)
Pesquisa	Pesquisa e extensão rural reconhecem que sua relação é fraca tanto em termos de transferência de tecnologia quanto de estímulo a novos estudos	Fraco (1)	Apenas recentemente a pesquisa começou a prestar atenção às demandas do mercado e buscar iniciativas que pudessem afetar a cadeia produtiva dos agricultores. No entanto, ainda existe uma lacuna entre eles e os agricultores quanto ao desenvolvimento do produto	Fraco (1)	A interação com a pesquisa é inexistente. Pode ocorrer algum transbordamento quando a pesquisa busca mão de obra gratuita ou por iniciativas de transferência esparsas que não duram muito. Não existe um acordo formal sobre este assunto	Ausente (0)	Fraco (2)
Agentes de Inovação	Não observado. A maior parte da transferência de tecnologia é por iniciativa do empresário que vai em busca de novos produtos ou tecnologias junto a pesquisa. No entanto, a burocracia é a culpada pela baixa taxa de contratos assinados.	Ausente (0)	Não observado. A pesquisa tenta capturar as demandas do mercado e traduzi-las em produtos viáveis, mas ainda encontra problemas para fazê-los chegar ao mercado	Ausente (0)	Não observado. Suposto impacto seria indireto.	Ausente (0)	Ausente (0)
Instituições de apoio	Ainda estão muito fragmentadas e escassas em termos de projetos de impacto. Não existe uma política formal para suportar tais iniciativas, que acontecem por acaso, sem muito comprometimento, ou por interesse de terceiros	Fraco (1)	Não observado. Suposto impacto seria indireto.	Ausente (0)	De maneira particular, as ações da educação camponesa tem potencial, mas são muito concentradas e recebem pouquíssimo apoio, visto que instituições são tendenciosas, buscando agricultores tecnológicos ou discriminando pobres	Fraco (1)	Fraco (2)
TOTAL		Fraco (3)		Fraco (1)		Fraco (2)	

Fonte: Dados da pesquisa

quando a capacidade de absorção é subdesenvolvida (GRILICHES, 1960; MICHEELS; NOLAN, 2016). Para piorar a situação, instituições de apoio, quando disponíveis, parecem seguir o caminho da pesquisa e da ATER, procurando por agricultores tecnológicos mais propensos a aceitar e absorver inovações, criando um viés de seleção que fortalece a segregação entre eles (SILVA et al., 2019). Também é uma questão de recompensa e reconhecimento dos esforços desses entes que precisam apresentar resultados ao governo. Além disso, a instabilidade climática da região Nordeste e demais fatores geralmente colocam mais pressão também sobre as instituições financeiras a cerca dos empréstimo para financiar atividades de risco com maior probabilidade de sinistro ou inadimplência, alavancando custos e acessibilidade (ARAÚJO; VIEIRA FILHO, 2018; COSTA; VIEIRA FILHO, 2018), logo, faz sentido a busca por agricultores tecnológicos para elevar a taxa de sucesso das ações empreendidas pelos diferentes programas.

Em relação às expectativas sobre mercado consumidor, o valor capturado pela diferenciação é, via de regra, limitado, uma vez que a renda per capita da população da grande maioria dessas regiões é baixa. Além disso, a capacidade dos agricultores de se associar e permanecer associados para lutar por políticas ou espaço para seus produtos no mercado também é bastante reduzida. Ademais, sua ineficiência para responder rápida e tecnologicamente a novas demandas oriundas do mercado restringe as possibilidades destes se tornarem economicamente independentes. Enquanto isso, a pesquisa busca compatibilizar sua *expertise* com tendências futuras (EMBRAPA, 2014) que, embora possam ser do interesse do mercado, não conseguem chegar às prateleiras devido à limitação dos nós do sistema como um todo e à falta de sensibilização às restrições sofridas pelos agricultores familiares em termos de acesso a tecnologias, por exemplo. Desse modo, a AF continua aproveitando as raras oportunidades criadas por políticas públicas ou pela ATER, que estão longe de atender às suas necessidades tanto em questões de qualidade quanto em quantidade.

A última atividade analisada, transferência de tecnologia, é uma das premissas do SNPA (THE WORLD BANK, 2006), mas que por motivos diversos, ainda encontra-se em diferentes estágios de evolução dependendo da região do país. Contudo, a situação é mais precária na região nordeste, onde grande parte dos serviços de extensão rural encontram-se sucateados. Boa parte do problema resta no fato de que a pesquisa há muito assumira o papel de criadora de conhecimento e,

portanto, entendia que os serviços de extensão seriam da responsabilidade de outrem (ver ARNON, 1989). Embora a pesquisa tenha mudado parcialmente sua visão e comportamento ao longo dos anos, especialmente por conta da ausência da extensão rural propriamente dita (PEIXOTO, 2008), tal separação ainda está embutida em suas práticas, o que é visto como uma das causas do distanciamento deles (pesquisa) de outros atores (principalmente agricultores e ATER), resultando em taxas de transferência abaixo do ideal. As instituições de apoio também são fragmentadas e seus impactos, assim como suas iniciativas, são meio aleatórias, o que significa que os resultados são severamente minimizados. Mais uma vez, o dever de criar ferramentas e instrumentos que facilitem a transferência de tecnologia recai sobre a ATER que, sofrendo com carências de todos os tipos (ex: pessoal, recursos, conhecimento), acaba privilegiando ações que geram viés de seleção, além de separar extensionistas e agricultores.

Levando-se em consideração todas as atividades e atores capazes de quebrar a dormência das sementes para germinação, a pontuação média pode ser considerada fraca, minguando escassos seis pontos. Em relação aos atores, apenas os agentes de inovação não pontuaram, pois sua presença no cotidiano das organizações, atores e ambientes estudados não foi observada. Os demais atores (i.e., pesquisa, ATER e instituições de apoio) pontuaram com exatos dois (2) pontos cada, apresentando desempenho geral fraco, dadas as restrições que serão discutidas na próxima seção. Finalmente, as atividades (educação camponesa, transferência de tecnologia e demandas de mercado) foram todas classificadas como fracas. Contudo, a transferência de tecnologia pode ser considerada a mais desenvolvida (3), seguida da educação rural que, mesmo definhando, apresentou evolução (2), e as demandas do mercado, que foram vistas como sendo atendidas de maneira superficial (1), de acordo com o levantamento e classificação auferidos.

5.5 Discussão

Desde a extinção da Embrater em 1990, a maioria dos serviços estaduais de extensão rural sofreu um grande retrocesso, uma vez que grande soma de seu orçamento era oferecido pelo governo federal (PEIXOTO, 2008). Em meio a essas circunstâncias, alguns serviços de extensão rural no país foram encerrados, outros foram combinados com empresas de pesquisa estadual. Em contraste, as entidades

estaduais que não possuíam uma contraparte na pesquisa com a qual se fundir, ou que após cuidadosa avaliação, verificaram que os custos para encerrar a unidade de ATER seriam maiores do que deixá-la funcionando, optaram por permitir a continuidade dos serviços, mas sem repor àquilo que o governo federal deixou de fornecer. Essa situação, obviamente, não impediu o desmantelamento dos serviços, como aconteceu na unidade do Ceará. Todavia, apesar de ainda sofrerem com o arrocho financeiro, os funcionários da Ematerce se esforçam para disponibilizar insumos, informação e tecnologia aos agricultores, independentemente dos vínculos fracos existentes com outras empresas estatais e de pesquisa.

Porém, uma reclamação recorrente dos extensionistas é a forma como o serviço vem sendo realizado. Por exemplo, eles disseminam, entre outras coisas, práticas agroecológicas para o desenvolvimento da capacidade da agricultura familiar de produzir sem o uso de produtos químicos caros, como fertilizantes, herbicidas e pesticidas, que podem responder por mais de 60% dos custos de produção. No entanto, programas subsequentes defendem o uso de pacotes tecnológicos contendo todos os tipos de insumos, que são contra as práticas agroecológicas, como a distribuição de sementes de milho híbrido (SANTIAGO, 2019), muitas vezes associadas a tecnologias de sistemas que usam herbicidas específicos relativamente caros para controle de ervas daninhas (e.g., Cultivance e Clearfield). Além disso, os programas são ministrados por extensionistas temporários, o que significa que além da não uniformidade de conhecimento, os vínculos com os agricultores e o conhecimento gerado desaparecem quando o contrato de trabalho termina. Esses problemas são apenas reflexo de outro que há tempos penaliza os serviços de extensão rural, a falta de recursos financeiros.

Os extensionistas reconhecem, porém, que a existência de um programa universal financiado e executado apenas por entidades publicamente é virtualmente impossível no atual contexto econômico, argumentando que as ONGs devem ter ampla permissão assumir esse papel e preencher essas lacunas. No entanto, mesmo com a ajuda de ONGs, os serviços de extensão rural no Brasil são frágeis, atingindo cerca de 25,5% dos agricultores (IBGE, 2019). A discrepância em termos de agricultores atendidos entre estados que fornecem serviços de extensão rural também é algo bastante preocupante. Por exemplo, estados como Piauí e Ceará têm menos de 3,6%, e 11% dos agricultores atendidos, respectivamente, contra Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com 49,9%, e 51,8%, respectivamente (IBGE, 2019). Contudo,

o aumento da participação de empresas privadas e ONGs no processo de transferência de tecnologia está longe de produzir os efeitos desejados, devido à orientação ao lucro e o baixo compromisso com produtores (BERGAMASCO; THOMSON; BORSATTO, 2017).

Além disso, os demais elementos da rede precisam evoluir. Realmente, não importa se os serviços de extensão rural podem ou não entregar os pacotes tecnológicos elaborados pela pesquisa, já que o acesso a fundos para investir na implementação deles e se tornar produtivo é prejudicado pela seleção tendenciosa de instituições financeiras que preferem emprestar para agricultores do Sul, onde a taxa de inadimplência é mais baixa e a eficiência técnica é maior do que no Nordeste (CARNEIRO, PALM; ALVARENGA, 2017; SILVA et al., 2019). Um dos maiores gargalos para superar esses obstáculos ainda parece ser o nível de escolaridade dos agricultores entre as regiões brasileiras, restringindo sua capacidade de administrar diferentes sistemas de produção (e.g., SPD, ILPF) ou mesmo de se associar em cooperativas, o que já foi colocado por Hayami e Ruttan (1988) como fundamental para induzir inovações. Em relação a este último, o principal motivo parece estar ligado a um comportamento conhecido como *social loafing* (KRAVITZ; MARTIN, 1986), visto que relatos apontam para o fato de que quantia substancial dos cooperados não contribui com nada, se apoiando no esforço alheio. Isso faz com que a extensão rural despenda tempo e recursos em cooperativas fadadas ao fracasso, o que finda por afetar negativamente a moral do extensionista. Os números parecem comprovar essa situação, como visto em IBGE (2019) e Capellesso, Cazella, & Búrigo (2018).

É por isso que Röling (1985) defende o modelo ponta de lança dos sistemas de conhecimento, para que os agricultores possam ter a possibilidade de desenvolver a capacidade de absorção, não apenas para usar e recombina r tecnologias modernas e tradicionais, mas também compreender os benefícios de métodos alternativos e diferentes aspectos de projetos de gestão na agricultura. Conseqüentemente, o papel central da educação camponesa seria abordar tanto o conhecimento básico quanto o avançado, mas também tipos e modelos de gestão para que os agricultores possam se tornar cientes dos custos de insumos e processos, as vantagens da negociação em grupo e a economia de abordagens alternativas. Além disso, a capacidade e adaptabilidade das instituições de apoio estabelecidas localmente deveria ser uma premissa para aprofundar a compreensão dos problemas físicos e sociais para propor as soluções mais adequadas por região, ao invés de uma abordagem geral.

De maneira similar, Leeuwis e Ban (2004) defendem a customização de práticas para lidar com problemas do mundo real, por exemplo, de áreas de sequeiro ou agricultura sustentável, com serviços de extensão rural assumindo um papel mais ativo no processo de transferência, que poderia ser potencializado com o aumento da capacidade de absorção e inclusão dos agricultores, normalmente são tratados apenas como receptores do conhecimento. Tais aplicações e interações ajudariam na criação e manutenção de importantes bancos de dados agrícolas, facilitando processos paralelos de desenvolvimento de projetos e soluções para regiões com problemas similares, bem como a possibilidade da utilização dos dados para tomada de decisão sobre melhorias pontuais a cada novo projeto. Conforme explicado pelos autores, não é eficiente iniciar o desenho de processos de transferência de tecnologias do zero todas as vezes para cada comunidade de agricultores. Deve sim, levar-se em consideração, procedimentos específicos para grupos diferentes, como cooperativas, agricultores comerciais e de subsistência. Em verdade, cada grupo tem sua lógica, sua orientação e crenças que não devem ser contestadas nem subestimadas, mas usadas para aprimorar o ecossistema local.

Contudo, alcançar esse objetivo depende principalmente de como a pesquisa, a educação camponesa e os serviços de extensão rural se conectam e como a informação flui entre eles e os agricultores, mas não é o que acontece. Desculpas e acusações são feitas de todos os lados com o intuito de justificar os motivos que levam a pesquisa, por exemplo, a excluir extensão rural e agricultores do processo decisório sobre tópicos de interesse do último grupo (ARNON, 1989). De maneira geral, a pesquisa se considera um ente superior dentro do sistema (ARNON, 1989), adepta da ideia de que o trabalho estaria entregue ao termo do projeto ou quando um vídeo institucional fosse produzido e disponibilizado em plataformas online, cabendo ao produtor acessar tal conhecimento. A pesquisa não sabe, ou se nega a conhecer a realidade dos produtores em termos de capacidade social, absorptiva (MICHEELS; NOLAN, 2016), e tecnológicas (MEKONNEN et al., 2015), por exemplo, o que faz com que as soluções por eles produzidas sejam subutilizadas por falta de adequação a realidade do campo. Tendler (1993) expõe que a pesquisa geralmente se preocupa apenas com os resultados, não com a economia da solução, o que agrava os problemas entre os agricultores, notadamente os familiares, e a pesquisa. De fato, agricultores e extensionistas discorrem que quando a pesquisa

aborda uma questão sensível ao campo, é sempre a partir de sua perspectiva (da pesquisa), tornando sua aplicabilidade ao mundo real problemática.

Em suma, existe um consenso entre todos os atores consultados de que a educação camponesa não deve ser desvinculada da pesquisa e da extensão, mas não é o que acontece. Além disso, a educação camponesa tem que encontrar aplicabilidade ao que é desenvolvido pela pesquisa e aos problemas evidenciados pela extensão rural. A solução depende de várias iniciativas, mas parece ser mais apropriado a utilização de centros avançados onde tais conhecimentos possam ser aplicados e discutidos, bem como avançar criticamente sobre outros assuntos que são caros ao agricultor e ao mercado, ajudando-os a transportar esses temas para a sala de aula. O problema hoje é que conhecimentos agrícolas básicos em municipalidades rurais são negligenciados até o ensino médio, quando algumas iniciativas esparsas acontecem, o que finda por enfraquecer a relação do jovem com a terra.

Por exemplo, enquanto na América do Norte as crianças, do ensino fundamental ao médio, aprendem os benefícios da palhada e do consórcio para economizar água e reduzir o uso de fertilizantes e herbicidas, nos municípios rurais brasileiros, especialmente do Nordeste, as crianças herdaram práticas questionáveis como o uso do fogo para 'limpar' o terreno do resto de colheitas anteriores. Portanto, o conhecimento precisa estar amplamente disponível e chegar o quanto antes, incentivando as crianças a desenvolverem o amor pela terra e se tornarem agentes de mudança, como ocorria com velhas iniciativas empreendidas por escolas rurais federais, ressuscitadas em parte pelas EFAs. Entretanto, as EFAs tem sofrido para permanecerem abertas porque funcionam por meio de doações de tempo (e.g., professores, zeladores) e suprimentos (e.g., alimentos, material de escritório), uma vez que o apoio do governo não é financeiro. É necessária a integração mais ampla com o ATER, a inclusão da pesquisa e o interesse do governo em respaldar e expandir a iniciativa em todo o estado, incorporando-a às políticas públicas para a agricultura familiar.

O mercado é outro elemento crítico do ecossistema porque é de onde vem as demandas e para onde as inovações e os excedentes de produção geralmente vão. Na maioria das vezes, porém, o mercado pede atores complementares que se destaquem e façam a ponte entre esses (novos) produtos e potenciais clientes. Esses intermediários atuam como catalisadores do processo de inovação, sem os quais a taxa de adoção ou mesmo a consciência sobre determinadas inovações estaria

comprometida (KLERKX; LEEUWIS, 2009). Na verdade, os agentes ou corretores de inovação (*brokers*) são vistos hoje em dia como essenciais para desenvolver e melhorar capacidades sistêmicas devido às suas características adaptativas potenciais (KLERKX; AARTS; LEEUWIS, 2010; TURNER et al., 2017) e, sempre que possível, abordando diferentes papéis no desenvolvimento de redes (HERMANS et al., 2013).

Ciente do fato de que redes como a proposta neste estudo são, à primeira vista, economicamente pouco atraentes devido a problemas de renda *per capita* e capacidade produtiva e de diferenciação dos agricultores, entende-se que o papel de agente ou *broker* de inovação teria que ser subsidiado pelo governo ou realizado, inicialmente, por serviços de extensão rural, uma vez que um agente ou broker de inovação precisa ser, supostamente, neutro (HELLIN, 2012; HELLIN; CAMACHO, 2017; KLERKX; LEEUWIS, 2009). O sucesso do ecossistema, porém, depende principalmente de como uma abordagem de agricultura mais sustentável se relaciona com os já escassos recursos e aspectos socioeconômicos de pobreza, paralelamente a uma orientação que olha para o meio ambiente e o bem-estar dos outros.

Permacultura, sistemas agroflorestais e agricultura sintrópica são apenas alguns métodos e práticas disseminadas aos pequenos agricultores como soluções para seus problemas de produtividade e de diferenciação no mercado, mas que precisam ter lacunas de rede resolvidas. De qualquer modo, não adianta falar de agroecologia, agricultura de baixo carbono e produtos orgânicos quando os mercados não estão desenvolvidos o suficiente para absorver esse valor agregado, enquanto, em contrapartida, os retornos da especialização são maiores do que na diversificação, dados os custos reduzidos, o acesso a tecnologias, o financiamento, e logística (VIEIRA FILHO, 2019). Por isso, a coleta de dados e o gerenciamento de projetos são fundamentais, pois os objetivos dessas práticas só podem ser eficientemente alcançados a médio prazo, logo, precisam ser acompanhados de perto, dadas certas características intrínsecas de regiões, climas, e agricultores familiares.

Novos alimentos processados e beneficiados também precisam ser desenvolvidos e encontrar seu espaço nas prateleiras, e todos os atores têm um papel a desempenhar aqui, pois cada um tem acesso a conhecimentos específicos que podem ser complementares. As tecnologias e produtos por eles desenvolvidos podem influenciar a economia circular (LIMA et al., 2013; TAHIM et al., 2015), bem como o desenvolvimento de outros segmentos do mercado e gerar incentivos à produção de

culturas para a produção (e.g., ABREU, 2006; ABREU et al., 2013; DIONÍSIO et al., 2015). Essas inovações podem ser criadas por associações ou fabricadas por agroindústrias, o que pode reduzir os custos de produção e aumentar a aceitabilidade por meio da padronização de produtos, uma característica complicada de se conseguir sem investimentos e volume. É por isso que os agentes de inovação são importantes. Eles podem encontrar o mercado para os produtos de cada ator e facilitar transações intermediárias para unir investidores, produtores, inventores e consumidores (HELLIN, 2012; HERMANS et al., 2013; KLERKX; LEEUWIS, 2009).

A cola de todas essas peças é o governo e políticas públicas precisam ser desenvolvidas e integradas para que essas “SEEDS” sejam semeadas. No entanto, o problema é que políticas públicas e estratégias são em sua maioria desarticuladas e, mesmo sob a mesma gestão, as ações e programas funcionam sem um plano formal para a construção de soluções integradas. De acordo com dados coletados e relatos da pesquisa, apenas três das 47 políticas públicas estão sob o guarda-chuva da Ematerce, o que onera todos os elos da rede dada a burocracia, morosidade e política de cada escritório que, muitas vezes, olha para um quadro incompleto da situação. Consequentemente, a maioria dos esforços está destinada a ter resultados pífios ou de pouca expressão. É por isso que o governo tem que estar preparado para facilitar, estimular e nutrir essas conexões, porque é somente a partir delas que tais redes podem ter sucesso.

É preciso também reconhecer que, mesmo cobrindo os aspectos e restrições mais severos, nem todas as SEEDS conseguirão germinar. Alguns produtores, no contexto da semente, vão eventualmente crescer o suficiente para dar frutos (e.i., inovar), enquanto outros não conseguirão sequer germinar (e.i., eliminados do mercado), não importa os esforços empreendidos. Por este motivo, o governo, em conjunto com os serviços de extensão rural, deve ser capaz de fazer uso de sistemas adaptivos (PIGFORD; HICKEY; KLERKX, 2018; TURNER et al., 2017) para se adequar às idiossincrasias das regiões e novos eventos (e.g., mudanças da demanda e/ou tecnológicas) que possam ocorrer. Deve também o governo estar cientes de que o fluxo de informações entre os órgãos públicos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias distintas para acomodar as singularidades dos municípios. No final das contas, pesquisa, extensão rural, educação camponesa e talvez agentes de inovação e instituições de apoio fazem parte de políticas públicas destinadas a aliviar as diversas pressões (e.g., mercado, climáticas) e permitir que a

agricultura e aqueles que dela vivem prosperem. A resposta, porém, não está no número de políticas e subsídios oferecidos, mas sim em conseguir identificar e equilibrar cada um deles para alcançar melhores resultados, o que tem sido um desafio dado que políticas e atores fundamentais, quando existem, são subdesenvolvidos.

5.6 Conclusão

É indiscutível que um ecossistema coeso com perfeito fluxo de informações e cooperação entre os atores é um tanto utópico. Existem hábitos e comportamentos particulares que todos os atores têm, e isso é algo difícil de superar, pois está embuído na personalidade de cada ente. Até mesmo entre os agricultores familiares, espera-se que essas características, associadas à assimetria de informação, capacidade de absorção e problemas de agência, limitem sua capacidade de permanecer cooperados ou associados na busca por seus interesses. É por isso que os serviços de extensão rural devem surgir como moderadores do sistema, para cimentar a importância desses atributos e viabilizar o sucesso da comunidade, tornando-se um hub, onde os demais atores, agentes de inovação, instituições de apoio e políticas públicas possam convergir e interagir na consecução dos resultados esperados.

Portanto, a discussão deve primeiro privilegiar as soluções sobre como encontrar espaço no orçamento para financiar os serviços públicos de extensão rural e como evitar que a sua contraparte do setor privado funcione orientada especificamente para o lucro. Ao mesmo tempo, o governo deve investir fortemente na formação e desenvolvimento dos extensionistas, para que estes alcancem competências complementares para o desenvolvimento da rede, bem como agrupar um conjunto de políticas críticas para cada região, para permitir o bom andamento das atividades. Da mesma forma, o governo deve preparar um plano B no caso de uma peça (e.g., ator, política) precisar ser ajustada ou substituída. Ao final, extensão e governo devem estar cientes de que as regiões podem ser microssistemas complementares, o que significa que a agroindústria e a agricultura, por exemplo, podem produzir melhores resultados quando polarizadas em diferentes municípios, ao invés de tentar desenvolver agricultura em regiões altamente degradadas. O problema então seria apenas de criar um plano que orientasse a distribuição adequada de lucros entre as regiões dados papéis e restrições de cada uma delas.

Entretanto, o senso de comunidade, cooperação, liderança e gestão precisam ser fomentados e nutridos em primeiro lugar, e não há espaço melhor para trabalhar esses atributos do que a escola, especialmente em uma idade mais jovem. Além disso, como foi discutido acima, a eficiência das abordagens empreendidas até agora tem se mostrado, no mínimo, questionável, porque os pequenos agricultores ainda carecem de capacidade de absorção e participação sobre o que é decidido para eles. O estabelecimento de um serviço de pesquisa de abrangência regional, capaz de atender às necessidades particulares de uma dada região também deve ser considerado, porque os estudos realizados por universidades e institutos de pesquisa públicos regulares ainda parecem adeptos do mantra "publicar ou perecer", mesmo que recebam fundos de institutos públicos ou que sejam inteiramente financiadas pelo governo. Não é de surpreender que agricultores familiares, muitas vezes, não estejam dispostos a cooperar com a pesquisa, uma vez que os resultados e a aplicabilidade das mesmas estão sempre fora de sua realidade ou não são plenamente aplicáveis, isso quando chegam aos agricultores familiares, transformando-os mais em 'ratos de laboratório' do que cidadãos.

Há muito trabalho a ser feito também no segmento que abrange as instituições de apoio e os agentes de inovação. Enquanto o primeiro ainda encontra-se subdesenvolvido e enviesado, reduzindo os impactos potenciais na agricultura de pequena escala e de subsistência, o último nem sequer existe formalmente, deixando de lado tudo, desde investimentos à sistematização de atividades que poderiam, de maneira bem-sucedida, fortalecer o elo entre os agricultores e o mercado, bem como entre a pesquisa e o mercado. Basta dizer que as abordagens sistêmicas são orgânicas e a atenção exclusiva a um elemento da rede não resolve sua deficiência, mas alavanca outros problemas. Logo, as iniciativas devem ser capazes de prever tais deficiências e lidar com elas à medida que aparecem, isso se não for possível impedir que ocorram. De qualquer forma, a agropecuária é um setor que historicamente contou com políticas públicas para os grandes produtores, mas é hora de dar mais atenção aos menores, dada sua importância e a situação de perigo em que se encontram, especialmente àqueles localizados no semiárido nordestino.

É um investimento cujas taxas de retorno se encontram no longo prazo. Por isso mesmo, as decisões sobre configuração e desenvolvimento do sistema devem ser tomadas o mais rapidamente possível, ou o risco de desertificação e fome pode tornar-se inevitável, bem como os impactos sociais, tanto nas cidades rurais quanto

nas urbanas. O governo parece estar no caminho certo, embora ainda faltem estratégias viáveis para fazer com que os resultados de longo prazo floresçam. Na verdade, instrumentos, atores e políticas ainda estão muito separados. Nesse sentido, o *framework* pode ajudar a orientar as políticas e os atores de maneira eficiente, onde são necessários, equilibrando a rede em direção aos objetivos de redução da pobreza e da insegurança alimentar, mas indo além, na medida em que os microecossistemas possam funcionar de forma complementar. A ideia de complementaridade de microecossistemas deve ser levada em consideração, uma vez que algumas regiões não aptas para a agricultura ou em processo de recuperação precisam prosperar economicamente. As interações podem até contribuir para a descoberta e o desenvolvimento de novos produtos e mercados, à medida que os pequenos agricultores e redes amadureçam, ao mesmo tempo em que auxiliam na especialização de regiões e proporcionam desenvolvimento e bem-estar.

Uma das limitações do estudo é o fato de os sujeitos do mercado não terem sido consultados, bem como a consciência de que estes variam muito entre regiões, o que pode constituir-se em um entrave ao processo de inovação e à disponibilidade dos agentes de inovação. Uma segunda limitação reside no fato de as visões da ATER e da educação camponesa serem particularmente enviesadas politicamente, o que sem dúvida prejudicou algumas observações e análises, que tiveram de ser suprimidas, dada sua parcialidade. A terceira limitação poderia ser endereçada ao fato de que as diferenças das regiões não foram levadas em consideração, o que significa que embora o *framework* seja válido para estudos em diferentes regiões, ele não considera as regiões mais desenvolvidas, que não possuem as mesmas restrições do semiárido. Neste sentido, nas regiões em que certos serviços e atividades estejam presentes e, de certa forma, maduros, o conhecimento dessas experiências poderiam gerar novos *insights* sobre o possível desenvolvimento do sistema e ajudar a traçar medidas de contenção ou catalisadoras para maximizar os resultados esperados.

Como sugestão para pesquisas futuras tem-se a proposta de avaliar o *framework* para verificar na prática os papéis das instituições de apoio e agentes de inovação, bem como a nova abordagem da ATER e o comportamento da rede sob políticas vinculativas, obrigatórias e complementares para avaliar sua eficácia e necessidades de melhoria. Outra sugestão vai na orientação para escolha de cidades extremas em relação aos níveis de desenvolvimento, bem como as próximas, para medir os efeitos do ecossistema na capacidade inovadora dos agricultores e como

essa se mantém e cresce com o tempo. Salienta-se novamente que, de forma alguma, a estrutura proposta é dirigida apenas ao semiárido, logo, também deve ser considerada para teste em outras regiões dentro e fora do Brasil, pois as restrições enfrentadas pelos pequenos agricultores são semelhantes em muitos aspectos, variando apenas no nível em como certas restrições se apresentam.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável a importância do SNPA para o desenvolvimento da agricultura brasileira, sendo a Embrapa o elemento chave. No entanto, a empresa, assim como outros atores do setor públicos que participam do sistema, é extremamente burocrática e, mesmo quando tenta evoluir, com a adoção de práticas de gestão contemporâneas, ainda é bastante atrasada em relação a empresas do setor privado. Dificuldades financeiras são outro assunto crítico sem solução no curto prazo, e a burocracia só piora a situação. A ideia de criar uma empresa privada capaz de fazer frente às restrições do mercado e com agilidade é atraente, embora a visão de que possa apenas contribuir para ampliar ainda mais o *gap* entre agricultores, especialmente os familiares, e pesquisa seja grande, uma vez que esta tem clara intenção de lucro, fato que pode inclusive enviesar a pesquisa pública. No entanto, os agricultores familiares ainda precisam de serviços complementares, e a extensão rural é parte crucial deles. Mas, sofrendo de problemas ainda mais complicados do que a pesquisa, os serviços de extensão rural há muito perderam seu papel transformador e as consequências para a agricultura serão potencialmente mais devastadoras se nada mudar rapidamente.

Outra questão que merece atenção é o fato de que os agricultores familiares precisam de mais protagonismo para poderem responder positivamente às mudanças tecnológicas. A maioria das políticas públicas voltadas para esse segmento são apenas econômicas, mas não atendem aos problemas dos agricultores e nem indicam um caminho para reduzir a dependência dessas políticas. A conscientização da existência de diferentes classes de agricultores durante a evolução das políticas públicas e sua separação em categorias foram fundamentais para orientação dessas políticas, mas sem estratégias para tirá-los do ciclo de contar com a esmola dos governos federal e estadual, espera-se que tais políticas tenham seus diminutos impactos ainda mais reduzidos. Portanto, é vital um arranjo onde, pelo menos, parte daqueles que podem ascender tecnologicamente, de fato, se tornem capazes de fazê-lo. Essa tendência se mantém não apenas porque é mais barato manter o homem rural no campo, mas também porque as mudanças climáticas e a degradação do solo estão destruindo o modo de viver no semiárido. Assim, os laços comerciais e o lobby são partes fundamentais desse processo, uma vez que, conjuntamente, dão perspectivas sobre as questões da transação e os benefícios de lutar por seus direitos

de forma organizada. No entanto, como agricultores familiares são historicamente atrasados devido às raízes antigas da sub-representação e subestimação de suas capacidades, eles precisam de ajuda.

O governo continuará cometendo os mesmos erros se optar por uma abordagem genérica para lidar com os problemas dos agricultores familiares de todas as regiões, principalmente do semiárido. Na verdade, não é apenas um novo relacionamento entre atores ou a inclusão de novos que irá determinar o sucesso de uma estratégia em rede, mas como a gestão adaptativa é introduzida e nutrida em primeiro lugar, e microgerenciar um sistema está longe de ser eficiente ou eficaz. Na verdade, como um agente catalisador ou condutor, o governo deve estar ciente de que as interações do mercado, por exemplo, são notadamente mais instáveis e, portanto, fora do controle rígido que poderia exercer sobre outras atividades, como a educação e a pesquisa, por exemplo. Conseqüentemente, ser capaz de induzir algumas instituições de apoio e agentes de inovação a conduzir atividades complementares essenciais para diferentes regiões, sem perder de vista a oportunidade de correções, parece a decisão a ser tomada. Contudo, enquanto o alívio do sofrimento e do sacrifício dos agricultores familiares continuar a ser usado como moeda de troca durante as eleições, poucas mudanças devem ser esperadas. Além disso, os governos devem estar cientes de que a burocracia deve servir como um instrumento para proteger os interesses públicos e não desestimular as pessoas a trabalharem com o governo por questões de morosidade ou suborno.

REFERÊNCIAS

- ABATECOLA, G. Research in organizational evolution. What comes next? **European Management Journal**, v. 32, n. 3, p. 434–443, 2014.
- ABATECOLA, G.; BRESLIN, D.; KASK, J. Do organizations really co-evolve? Problematizing co-evolutionary change in management and organization studies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 155, n. January, p. 119964, 2020.
- ABREU, F. A. P. DE. **Espumante de Caju**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.
- ABREU, F. A. P. DE et al. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: A focus on carotenoids. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 25–31, 2013.
- ADAMI, P. F. et al. Plantas de cobertura nas entressafras soja-trigo e soja-soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16551–16567, 2020.
- ADRIANO, L. S. et al. Yacon syrup reduces postprandial glycemic response to breakfast: A randomized, crossover, double-blind clinical trial. **Food Research International**, v. 126, n. March, p. 108682, 2019.
- AGÊNCIA BRASIL. **Embrapa cria tecnologia para preservar a água de coco**. 2002. Disponível em: <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2002-12-01/embrapa-cria-tecnologia-para-preservar-agua-de-coco>>. Acesso em: 27 mar. 2020.
- AHMAD, S. On the Theory of Induced Invention. **The Economic Journal**, v. 76, n. 302, p. 344-357, jun. 1966.
- ALFRANCA, O.; HUFFMAN, W. E. Aggregate private R and D investments in agriculture: The role of incentives, public policies, and institutions. **Economic Development and Cultural Change**, v. 52, n. 1, p. 1–21, 2003.
- ALLINGTON, G. R. H.; VALONE, T. J. Reversal of desertification: The role of physical and chemical soil properties. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 8, p. 973–977, 2010.
- ZAMPIERI, M. et al. Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. **Environmental Research Letters**. 12, 2017.
- ALSTON, J. M. et al. **Persistence Pays - U.S. Agricultural Productivity Growth and the Benefits from Public R&D Spending**. New York, NY: Springer New York, 2010. 502p
- ALSTON, J. M.; BEDDOW, J. M.; PARDEY, P. G. Agricultural Research, Productivity, and Food Prices in the Long Run. **Science**, v. 325, n. 5945, p. 1209–1210, 4 set. 2009.
- ALVARO, C. Lab-Grown Meat and Veganism: A Virtue-Oriented Perspective. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 32, n. 1, p. 127–141, 2019.

ALVES, B. J. R.; MADARI, B. E.; BODDEY, R. M. Integrated crop–livestock–forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 1–4, 2017.

ALVES, E. Embrapa: Um caso bem-sucedido de inovação institucional. **Revista de Política Agrícola**, v. XIX, n. Edição Especial de Aniversário do Mapa-150 anos, p. 65–92, 2010.

ALVES, E.; CONTINI, E. A modernização da agricultura brasileira. In: BRANDÃO, A. S. P. (Ed.). **Os principais problemas da agricultura brasileira: análise e sugestões**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1988. p. 49–99.

ALVES, E. R.; PASTORE, A. C. Import Substitution and Implicit Taxation of Agriculture in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 60, n. 5, p. 865–871, 1978.

ANACHE, J. A. A. et al. Land use and climate change impacts on runoff and soil erosion at the hillslope scale in the Brazilian Cerrado. **Science of the Total Environment**, v. 622–623, p. 140–151, 2018.

ANDRADE, L. **Embrapa é parceira de pesquisas de 80% das universidades do país**, 2018. Disponível em: <<http://m.ruf.folha.uol.com.br/noticias/2018/10/1982689-embrapa-e-parceira-em-pesquisas-de-80-das-universidades-do-pais.shtml>>. Acesso em: 7 maio. 2019.

ANTUNES, W. R. et al. Performance productive of early sugarcane genotypes in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 136–142, 2017.

ARAÚJO, A. S. F. DE et al. Soil Surface-Active Fauna in Degraded and Restored Lands of Northeast Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 26, n. 1, p. 1–8, jan. 2015.

ARAÚJO, J. P. P. DE; PESSOA, P. F. A. DE P.; LEITE, L. A. DE S. Gestão estratégica de pesquisa e desenvolvimento em uma abordagem de agribusiness: o caso do Centro Nacional de Pesquisa de Caju da Embrapa. **Revista de Administração**, v. 31, n. 4, p. 97–101, 1996.

ARAÚJO FILHO, J. C. et al. **LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DE BAIXA E MÉDIA INTENSIDADE DOS SOLOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO**. Rio de Janeiro - RJ: Embrapa Solos, 2000.

ARAÚJO, J. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Análise dos Impactos do Pronaf na Agricultura Brasil no período de 2007 a 2016**. Texto para Discussão: 2412. IPEA. Rio de Janeiro - RJ, 2018.

ARNOLD, E.; BELL, M. **Some New Ideas About Research for Development Partnerships at the Leading Edge: A Danish View for Knowledge, Research and Development**. Copenhagen, 2001. 38p. Disponível em: <http://um.dk/en/~media/UM/English-site/Documents/Danida/Eval/Other/CMI_New_Ideas_R_for_D.pdf>.

ARNON, I. **Modernisation of Agriculture in Developing Countries: Resources, Potentials and Problems**. New York: Wiley-Blackwell, 1987. 626p.

ARNON, I. **Agricultural Research and Technology Transfer**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1989. 845p.

AZEVEDO, E. Lobbies alimentares. **Revista Ingesta**, v. 1, n. 1, p. 53–67, 2019.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1–12, 2011.

BARTHOLET, J. INSIDE THE MEAT LAB. **Scientific American**, v. 304, n. 6, p. 64–69, 2011.

BASSI, N. S. S.; SILVA, C. L. DA. Processo de gestão de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. **XIV Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC2011**, 2011.

BATISTA DE MORAIS, D. et al. Maize Intercropping Systems Improve Nutrient for the Cowpea Crop in Sandy Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, n. 4, p. 491–502, 2020.

BERDEGUÉ, J. A.; ESCOBAR, G. **Agricultural Knowledge and Information Systems and Poverty Reduction: AKIS Discussion Paper**. The World Bank. 2001. 75p.

BERGAMASCO, S. M. P. P.; THOMSON, C. R.; BORSATTO, R. S. Da extinção da embrater à criação da anater: os desafios da política de assistência técnica e extensão rural brasileira. In: DELGADO, G. C.; BERGAMASCO, S. M. P. P. (Eds.). **Agricultura Familiar Brasileira: Desafios e Perspectivas de Futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. p. 312–340.

BERNIER, J. et al. Breeding upland rice for drought resistance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 6, p. 927–939, 30 abr. 2008.

BEZERRA, V. S. et al. Sensory Analysis and Consumers Studies of Açaí Beverage After Thermal, Chlorine and Ozone Treatments of the Fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 3, 2017. 13p.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, n. February, p. 164–200, 2018.

BLANCO-CANQUI, H.; WORTMANN, C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. **Soil and Tillage Research**, v. 198, n. 104534 2020. 14p.

BLISS, F. A. Breeding common bean for improved biological nitrogen fixation. In: BLISS, F. A.; HARDARSON, G. (Eds.). **Enhancement of Biological Nitrogen Fixation of Common Bean in Latin America**. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 71–79. 1993.

BONVILLIAN, W. B. DARPA and its ARPA-E and IARPA clones: A unique innovation organization model. **Industrial and Corporate Change**, v. 27, n. 5, p. 897–914, 1 out. 2018.

BORGES, I. D. et al. Acúmulo de Macronutrientes na Cultura do Sorgo Granífero na Safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 294–304, 30 ago. 2016.

BOWMAN, M. S. et al. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production. **Land Use Policy**, v. 29, n. 3, p. 558–568, 2012.

BRAGA, M. J.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; FREITAS, C. O. DE. Impactos da extensão na renda produtiva. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Ed.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019. p. 137–160.

BRASIL. **Agricultura familiar do Brasil é 8ª maior produtora de alimentos do mundo**. 2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/economia-e-financas/2018/06/agricultura-familiar-brasileira-e-a-8a-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>>. Acesso em: 26 maio. 2019.

BRASIL, S. DE O. S. **Reação de clones e progênies de cajueiro a antracnose, mofo preto e oídio**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

BREMNER, A. J. M.; BLACKMER, A. M. Nitrous Oxide: Emission from Soils During Nitrification of Fertilizer Nitrogen. **Science**, v. 199, n. 4326, p. 295–296, 1978.

BRESSER-PEREIRA, L. C. From Bureaucratic To Managerial Public. In: BRESSER-PEREIRA, L. C.; SPINK, P. (Eds.). **Reforming the State: Managerial Public Administration in Latin America**. Colorado: Lynne Rienner Publishers, 1999. p. 115–146.

BRESSER-PEREIRA, L. C. State reform in the 1990s: logic and control mechanisms. In: BURLAMAQUI, L.; CASTRO, A. C.; CHANG, H.-J. (Eds.). **Institutions and the role of the state**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2000. p. 175–219.

BRESSER-PEREIRA, L. C.; NAKANO, Y. Hiperinflação e estabilização no Brasil: O primeiro Plano Collor. **Revista de Economia Política**, v. 11, n. 4, p. 89–114, 1991.

BROOKS, S.; LOEVINSOHN, M. Shaping agricultural innovation systems responsive to food insecurity and climate change. **Natural Resources Forum**, v. 35, n. 3, p. 185–200, 2011.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. POBREZA RURAL E DESENVOLVIMENTO DO SEMIÁRIDO NORDESTINO: RESISTÊNCIA, REPRODUÇÃO E TRANSFORMAÇÃO. In: MIRANDA, C. et al. (Eds.). **A nova cara da Pobreza Rural: Desenvolvimento e a Questão Regional**. Brasília - DF, 2013. p. 217–305.

BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Brasília - DF: Embrapa, 2012.

BUSH, V. **Science the Endless Frontier**. 1945. Disponível em: <<https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

BYERLEE, D. The search for a new paradigm for the development of national agricultural research systems. **World Development**, v. 26, n. 6, p. 1049–1055, 1998.

CALEGARI, A. et al. Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Eds.). **500 Perguntas 500 Respostas**. Brasília - DF: Embrapa, 1998.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Discussão sobre o tema Integração da Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural**. Brasília - DF: Brasil, 2011.

CÂMARA, S. F.; BRASIL, A. A coevolução entre políticas públicas/instituições e o desenvolvimento tecnológico: O caso da Petrobras Biocombustível. **Revista de Administracao Publica**, v. 49, n. 6, p. 1453–1478, 2015.

CAPDEVILLE, G. DE; ALVES, A. A.; BRASIL, B. DOS S. A. F. **Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia: Gestão Estratégica Integrada de P&D e TT**. Brasília - DF: Embrapa, 2017.

CAPELLESSO, A. J.; CAZELLA, A. A.; BÚRIGO, F. L. Evolução do Pronaf crédito no período 1996-2013: Redimensionando o acesso pelos cadastros de pessoa física. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 3, p. 437–450, 2018.

CARDOSO, I. M. et al. Continual learning for agroforestry system design: University, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 69, n. 3, p. 235–257, 2001.

CARNEIRO, M. J.; PALM, J. L.; ALVARENGA, A. C. Informando política pública: uma revisão bibliográfica sobre Pronaf e qualidade de vida (2006-2013). In: DELGADO, G. C.; BERGAMASCO, S. M. P. P. (Eds.). **Agricultura Familiar Brasileira: Desafios e Perspectivas de Futuro**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017. p. 110–132.

CASTAÑEDA, A. et al. **Who Are the Poor in the Developing World?** Poverty and Shared Prosperity Report 2016: Taking on Inequality. New York, 2016. Disponível em: <<http://econ.worldbank.org>>.

CASTILHO, L. **O agro é lobby: a bancada ruralista no congresso**. 2018. Disponível em: <<https://diplomatie.org.br/o-agro-e-lobby-a-bancada-ruralista-no-congresso/>>. Acesso em: 3 maio. 2020.

CASTRO, A. F. P. DE. Escassez alimentar no Brasil. **O estado de São Paulo**, p. 46, 24 abr. 1968.

CASTRO, A. M. G. DE; LIMA, S. M. V.; CARVALHO, J. R. P. DE. **A evolução do Sistema Embrapa de Planejamento para a Gestão de Portfólios**. XXVI Encontro Nacional da ANPAD. **Anais...** Salvador/BA: ANPAD, 2002

CASTRO, C. S. P. DE. **Planejamento estratégico do sistema de qualidade 2005 – 2007**. Brasília - DF: Embrapa, 2005.

CAVALCANTI, L. **Ministérios da Infraestrutura e Agricultura são maiores alvos de lobby**. 2019. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/politica/2019/02/10/interna_politica,1029379/infraestrutura-e-agricultura-sao-maiores-alvos-de-lobby.shtml>. Acesso em: 3 maio. 2020.

CECCARELLI, S. et al. Plant breeding and climate changes. **The Journal of Agricultural Science**, v. 148, n. 6, p. 627–637, 2010.

CERDÀ, A. et al. Long-term impact of rainfed agricultural land abandonment on soil erosion in the Western Mediterranean basin. **Progress in Physical Geography**, v. 42, n. 2, p. 202–219, 2018.

CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 1, p. 83–99, 2007.

CERVANTES-GODOY, D.; DEWBRE, J. **Economic Importance of Agriculture for Poverty Reduction**: Agriculture and Fisheries Papers. Paris, 2009. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/economic-importance-of-agriculture-for-poverty-reduction_5kmmv9s20944.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpaper%2F5kmmv9s20944-en&mimeType=pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

CHESBROUGH, H. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. **Industrial and Corporate Change**, v. 11, n. 3, p. 529–555, 2002.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128–152, 1990.

COSTA, A. C. V. DA et al. Sensory and volatile profiles of monofloral honeys produced by native stingless bees of the brazilian semiarid region. **Food Research International**, v. 105, p. 110–120, 1 mar. 2018.

COSTA, E. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Choque de oferta no crédito rural e seu impacto produtivo na agricultura brasileira. In: SACHSIDA, A. (Ed.). **Políticas Públicas: Avaliando mais de meio trilhão de reais em gastos públicos**. Brasília: Ipea, p. 207–224, 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; DUARTE, A. P. **Milho safrinha**. [s.n.] Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html#>>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

CUI, Z. et al. Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers. **Nature**, v. 555, n. 7696, p. 363–366, 2018.

DANG, Y. P. et al. Strategic tillage in no-till farming systems in Australia's northern grains-growing regions: II. Implications for agronomy, soil and environment. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 115–123, 2015.

DARKOH, M. B. K. The nature, causes and consequences of desertification in the drylands of Africa. **Land Degradation & Development**, v. 9, n. 1, p. 1–20, 1998.

DAVIDSON, E. A. The contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860. **Nature Geoscience**, v. 2, n. 9, p. 659–662, 2009.

DE JANVRY, A.; SADOULET, E. Agricultural Growth and Poverty Reduction: Additional Evidence. **The World Bank Research Observer**, v. 25, n. 1, p. 1–20, 2010.

DE KLEIN, C. A. M.; PINARES-PATINO, C.; WAGHORN, G. C. Greenhouse gas emissions. In: MCDOWELL, R. W. (Ed.). **Environmental Impacts of Pasture-based Farming**. Wallingford: CABI, 2008. p. 1–32.

DENARDIN, J. E. **Sistema de Plantio Direto - Introdução no Brasil**. [s.n.] Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju702wyiv80rn0etn78lpajk.html#%0D>. Acesso em: 24 jun. 2019.

DEVAUX, A. et al. Collective action for market chain innovation in the Andes. **Food Policy**, v. 34, n. 1, p. 31–38, 2009.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Verba do Programa de Aquisição de Alimentos cai 84,6% em 5 anos**. 2020. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/verba-do-programa-de-aquisicao-de-alimentos-cai-84-6-em-5-anos-1.2249805>>. Acesso em: 27 maio. 2020.

DIONÍSIO, A. P. et al. Cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**, v. 77, p. 171–176, 2015.

DNPEA. **LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO - RECONHECIMENTO DE SOLOS DO ESTADO DO CEARÁ**. Recife - PE, 1973.

DÖBEREINER, J. Biological Nitrogen Fixation in Tropical Grasses: Possibilities for Partial Replacement of Mineral N Fertilizers. **Ambio**, v. 6, n. 2/3, p. 174–177, 1977.

DOLINSKA, A.; D'AQUINO, P. Farmers as agents in innovation systems. Empowering farmers for innovation through communities of practice. **Agricultural Systems**, v. 142, p. 122–130, 2016.

ECHEVERRÍA, R. G. Agricultural research policy issues in Latin America: an overview. **World Development**, v. 26, n. 6, p. 1103–1111, 1998.

EDQUIST, C. Systems of Innovation Challenges and Perspectives. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.). **The Oxford handbook of innovation**. New York: Oxford University Press, 2005. p. 181–208.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532–550, out. 1989.

EISENHARDT, K. M. Better Stories and Better Constructs: The Case for Rigor and Comparative Logic. **Academy of Management Review**, v. 16, n. 3, p. 620–627, 1991.

EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E. Theory Building From Cases: Opportunities And Challenges. **Academy of Management Journal**, v. 50, n. 1, p. 25–32, 2007.

ELMORE, R.; ABENDROTH, L.; CUMMINS, G. **Storm induced breakage (greensnap)**. 2006. Disponível em: <<https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/storm-induced-breakage-greensnap>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

EMBRAPA. **Diretrizes estratégicas da pesquisa agropecuária : Síntese do I Plano Diretor**. Brasília - DF: Embrapa, 1988. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/89143/1/Diretrizesestrategicas.pdf>>

EMBRAPA. **Balanco social Embrapa 1997**. Brasília - DF: Embrapa, , 1998a.

EMBRAPA. **III Plano Diretor da Embrapa**. Brasília - DF: Embrapa, 1998b.

EMBRAPA. **Ciência, tecnologia & inovação para o setor agropecuário brasileiro: contribuições e visão de futuro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Brasília - DF: Embrapa, 2002.

EMBRAPA. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002-2012**. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

EMBRAPA. **IV Plano Diretor da Embrapa**. Brasília - DF: Embrapa, 2004.

EMBRAPA. **Sugestões para a Formulação de um Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária**. 1ª ed. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

EMBRAPA. **V Plano Diretor da Embrapa 2008-2011-2023**. Brasília - DF: Embrapa, 2008.

EMBRAPA. **VI Plano Diretor da Embrapa**. Brasília - DF: Embrapa, 2014.

EMBRAPA. **VISÃO 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília/DF: Embrapa, 2018a.

EMBRAPA. **Embrapa e Ineagro/Ufpi lançam edital para seleção de negócios para incubação**. 2018b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34845326/embrapa-e-ineagroufpi-lancam-edital-para-selecao-de-negocios-para-incubacao>>. Acesso em: 28 mar. 2020b.

ENGEL, V. L. **Introducao aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: Fepaf, 1999.

ESPÍRITO-SANTO, M. M. et al. Understanding patterns of land-cover change in the Brazilian Cerrado from 2000 to 2015. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1703, 2016.

ESTADÃO. **Embrapa enfrenta sua maior crise em 45 anos**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/embrapa-enfrenta-sua-maior-crise-em-45-anos/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

EU SCAR. **Agricultural knowledge and innovation systems in transition – a reflection paper**. Brussels: Publications Office of the European Union, 2012.

EU SCAR. **Agricultural Knowledge and Innovation Systems Towards the Future - A Foresight Paper**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

EU SCAR. **Preparing for future AKIS in Europe**. 2nd. ed. Brussels: European Commission, 2019.

EVENSON, R. E. Economic Impacts of Agricultural Research and Extension. In: GARDNER, B. L.; RAUSSER, G. C. (Eds.). **Handbook of Agricultural Economics**. 1. ed. North Holland: Elsevier B.V., 2001. v. 1p. 573–628.

EVENSON, R. E.; WAGGONER, P. E.; RUTTAN, V. W. Economic Benefits from Research: An Example from Agriculture. **Science**, v. 205, n. 4411, p. 1101–1107, 1979.

FAO. **The State of Agricultural Commodity Markets: Agricultural Trade, Climate Change and Food Security**. Rome, 2018

FAO; THE WORLD BANK. **Agricultural Knowledge and Information Systems for Rural Development (AKIS/RD) Strategic Vision and Guiding Principles**. Rome: FAO and The World Bank, 2000.

FARIAS, J. R. et al. Managing the Sugarcane Borer, *Diatraea saccharalis*, and Corn Earworm, *Helicoverpa zea*, using Bt Corn and Insecticide Treatments. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 109, p. 1–10, 2013.

FAROOQ, M. et al. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. **Soil and Tillage Research**, v. 117, p. 172–183, 2011.

FEBRAPDP. **Evolução da área sob plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/download/34024evolucao-do-sistema-plantio-dibeto-1972a2018-jpg.jpg>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

FIGUEIREDO, P. N. New challenges for public research organizations in agricultural innovation in developing economies: Evidence from Embrapa in Brazil's soybean industry. **Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 62, p. 21–32, 2016.

FISHLOW, A. Brazilian Size Distribution of Income. **American Economic Review**, v. 62, n. 2, p. 391–402, 1972.

FRANCHINI, J. C. et al. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Documentos 327. Londrina/PR: Embrapa, 2011.

FREITAS, P. L. DE; LANDERS, J. N. The Transformation of Agriculture in Brazil Through Development and Adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 2, n. 1, p. 35–46, 2014.

FREITAS FILHO, A. DE. **Planejamento estratégico: conceitos e metodologia para sua formulação**. Brasília - DF: Embrapa, 1989.

FREIVALDS, J. **Brazil Agriculture: Winning the Great Farms Race**. brazilmax.com - The hip gringo's guide to Brazil, 2005. Disponível em: <https://www.iatp.org/sites/default/files/258_2_69740.pdf>

FUNCEME. **Estudo de solos traz detalhes inéditos sobre o território cearense**. 2019. Disponível em: <<https://www.srh.ce.gov.br/estudo-de-solos-traz-detalhes-ineditos-sobre-o-territorio-cearense/>>. Acesso em: 2 maio. 2020.

FURLAN, F. **Na Embrapa, o orçamento apertou, brigas surgiram e a concorrência colou: A estatal de pesquisa agropecuária tem um passado de sucesso inquestionável. Mas, aos 45 anos de existência, seu futuro está em questão**. 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/a-embrapa-na-entressafra/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

G1 CE. **100% do território cearense corre risco de desertificação, alerta Funceme**. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/ceara/noticia/100-do-territorio-cearense-corre-risco-de-desertificacao-alerta-funceme.ghtml>. Acesso em: 15 mar. 2020

GALJART, B. F. **Itaguaí: Old Habits and New Practices in a Brazilian Land Settlement**. Tese. 1963. Disponível em: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/50955>

GARCIA, C. M. DE P. et al. Desempenho agrônomo da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 4, p. 589–595, 2013.

GARCIA, J. C. et al. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006. 12p.

GAUTAM, Y.; ANDERSEN, P. Rural livelihood diversification and household well-being: Insights from Humla, Nepal. **Journal of Rural Studies**, v. 44, p. 239–249, 2016.

GAWANDE, K.; HOEKMAN, B. Lobbying and agricultural trade policy in the United States. **International Organization**, v. 60, n. 3, p. 527–561, 2006.

GILIO, T. A. S. et al. Genetic Divergence Among Cotton Genotypes Grown in the Main Season and Off Season. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 377–390, 2017.

GOEDERT, W. J.; CASTRO, A. M. G. DE; PAEZ, M. L. D. O sistema Embrapa de planejamento. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo - RAUSP**, v. 30, n. 4, p. 19–33, 1995.

GRANDY, A. S.; ROBERTSON, G. P.; THELEN, K. D. Do productivity and environmental trade-offs justify periodically cultivating no-till cropping systems? **Agronomy Journal**, v. 98, n. 6, p. 1377–1383, 2006.

GRIGORI, P. **20% dos agrotóxicos liberados em 2019 são extremamente tóxicos**. 2020. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2020/01/20-agrotoxicos-liberados-em-2019-sao-extremamente-toxicos/>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

GRILICHES, Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. **Econometrica**, v. 25, n. 4, p. 501–522, 1957.

GRILICHES, Z. Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations. **The Journal of Political Economy**, v. 66, n. 5, p. 419–431, 1958.

GRILICHES, Z. Hybrid corn and the economics of innovation. **Science**, v. 132, n. 3422, p. 275–280, 1960.

GUAL, M. A.; NORGAARD, R. B. Bridging ecological and social systems coevolution: A review and proposal. **Ecological Economics**, v. 69, n. 4, p. 707–717, 2010.

GUEDES, F. L. et al. **Utilização de sorgo para produção de grãos no Semiárido cearense**. Sobral - CE: Embrapa, , 2019.

HALL, A. et al. From measuring impact to learning institutional lessons: An innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. **Agricultural Systems**, v. 78, n. 2, p. 213–241, 2003.

HALL, A. From Fome Zero to Bolsa Família : Social Policies and Poverty Alleviation under Lula. **Journal of Latin American Studies**, v. 38, n. 4, p. 689–709, 2006.

HALL, J.; MATOS, S.; LANGFORD, C. H. Social exclusion and transgenic technology: The case of Brazilian agriculture. **Journal of Business Ethics**, v. 77, n. 1, p. 45–63, 2008.

HANSEN, J. et al. Climate risk management and rural poverty reduction. **Agricultural Systems**, v. 172, n. December 2017, p. 28–46, jun. 2019.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Induced Innovation in Agricultural Development**. Minneapolis, Minnesota, 1971.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola: Teoria e experiências internacionais**. Brasília - DF: Embrapa, 1988.

- HEINRICHS, E. A. Development of Multiple Pest Resistant Crop Cultivars. **Journal of Agricultural Entomology**, v. 11, n. 3, p. 225–253, 1994.
- HELLDEN, U. Desertification: Time for An Assessment? **Ambio**, v. 20, n. 8, p. 372–383, 1991.
- HELLIN, J. Agricultural extension, collective action and innovation systems: Lessons on network brokering from Peru and Mexico. **Journal of Agricultural Education and Extension**, v. 18, n. 2, p. 141–159, 2012.
- HELLIN, J.; CAMACHO, C. Agricultural research organisations' role in the emergence of agricultural innovation systems. **Development in Practice**, v. 27, n. 1, p. 111–115, 2017.
- HERMANS, F. et al. The distribution of roles and functions for upscaling and outscaling innovations in agricultural innovation systems. **Agricultural Systems**, v. 115, p. 117–128, 2013.
- HICKEY, L. T. et al. Speed breeding for multiple disease resistance in barley. **Euphytica**, v. 213, n. 3, 2017.
- HICKS, J. R. **The Theory of Wages**. 2nd. ed. Palgrave Macmillan, 1963.
- HOSONO, A.; ROCHA, C. M. C. DA; HONGO, Y. **Development for sustainable agriculture: The Brazilian Cerrado**. New York, NY: Palgrave Macmillan, 2016.
- HURLEY, T. M.; RAO, X.; PARDEY, P. G. Re-examining the reported rates of return to food and agricultural research and development. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 96, n. 5, p. 1492–1504, 2014.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 14 maio. 2020.
- IVANIC, M.; MARTIN, W. Sectoral Productivity Growth and Poverty Reduction: National and Global Impacts. **World Development**, v. 109, p. 429–439, 2018.
- JAFFUEL, G. et al. Prevalence and activity of entomopathogenic nematodes and their antagonists in soils that are subject to different agricultural practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 230, p. 329–340, 2016.
- JAMES, P. E. Trends in Brazilian Agricultural Development. **Geographical Review**, v. 43, n. 3, p. 301–3028, 1953.
- JANK, L.; VALLE, C.; RESENDE, R. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. spe, p. 27–34, jun. 2011.
- JIN, Y.; HUFFMAN, W. E. Measuring public agricultural research and extension and estimating their impacts on agricultural productivity: New insights from U.S. evidence. **Agricultural Economics (United Kingdom)**, v. 47, n. 1, p. 15–31, 2016.
- JOHN, L. **Embrapa melhora industrialização de água-de-coco**. 1999. Disponível em: <<https://www.folhadelondrina.com.br/geral/embrapa-melhora-industrializacao-de-agua-de-coco-163349.html>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

JONES, P. G.; THORNTON, P. K. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, v. 13, n. 1, p. 51–59, 2003.

KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. DE. **Desenvolvimento de cultivares do gênero Brachiaria (trin.) Griseb. no Brasil**. Documentos 163. Planaltina - DF, 2006.

KARNIK, A.; LALVANI, M. Interest Groups, Subsidies and Public Goods: Farm Lobby in Indian Agriculture. **Economic and Political Weekly**, v. 31, n. 13, p. 818–820, 1996.

KICHEL, A. N. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília - DF: Embrapa, p. 18–27, 2012.

KICHEL, A. N. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) - Experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94–105, 2014.

KLERKX, L.; AARTS, N.; LEEUWIS, C. Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. **Agricultural Systems**, v. 103, n. 6, p. 390–400, 2010.

KLERKX, L.; LEEUWIS, C. Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 6, p. 849–860, 2009.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. **Circular Técnica**, p. 28, 2000.

KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Documentos online 141. 2012.

KOUTSOURIS, A. Role of Extension in Agricultural Technology Transfer: A Critical Review. In: KALAITZANDONAKES, N. G. et al. (Eds.). **From Agriscience to Agribusiness Theories, Policies and Practices in Technology Transfer and Commercialization**. Washington: Springer International Publishing AG, p. 337–360, 2018.

KRAVITZ, D. A.; MARTIN, B. Ringelmann Rediscovered. The Original Article. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 50, n. 5, p. 936–941, 1986.

LANDERS, J. N. How and Why the Brazilian Zero Tillage Explosion Occurred. In: STOTT, D. E.; MOHTAR, R. H.; STEINHARDT, G. C. (Eds.). **Sustaining the Global Farm**. p. 29–39. 2001.

LANGTON, J. The Ecological Theory of Bureaucracy: The Case of Josiah Wedgwood and the British Pottery Industry. **Administrative Science Quarterly**, v. 29, n. 3, p. 330, set. 1984.

LASSEY, K. R. Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 142, n. 2–4, p. 120–132, 2007.

LEBLEBICI, H. et al. Institutional Change and the Transformation of Interorganizational Fields : An Organizational History of the U. S. Radio Broadcasting Industry. **Administrative Science Quarterly**, v. 36, n. 3, p. 333–363, 1991.

LEEuwIS, C.; BAN, A. VAN DEN. **Communication for rural innovation: rethinking agricultural extension**. Third ed. Iowa: Blackwell Science Ltd, 2004.

LEFF, N. H. Export Stagnation and Autarkic Development in Brazil, 1947-1962. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 81, n. 2, p. 286–301, 1967.

LENG, G.; HALL, J. Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future. **Science of the Total Environment**, v. 654, p. 811–821, 2019.

LEVINS, R. A.; COCHRANE, W. W. The Treadmill Revisited. **Land Economics**, v. 72, n. 4, p. 550-553, 1996.

LEWIN, A. Y.; VOLBERDA, H. W. Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organizational Forms. **Organization Science**, v. 10, n. 5, p. 519–534, 1999.

LIMA, J. R. et al. **Hambúrguer Vegetal de Fibra de Caju e Proteína Texturizada de Soja: Obtenção e Avaliação de Viabilidade Econômica da Produção**. Fortaleza, 2013. Disponível em:
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98648/1/COT13008.pdf>>.

LIMA, M. et al. Demystifying sustainable soy in Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, n. December 2018, p. 349–352, 2019.

LOPES JÚNIOR, E. P. et al. Influence of corruption on state-owned enterprise expenditures. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 4, p. 695–711, 2018.

LOPES, M. DA S. et al. **Gerenciamento de Projetos por Processos**. Pelotas - RS: [s.n.].

LOPES, M. DE R.; SCHUH, G. E. **The mobilization of resources from agriculture: A policy analysis for Brazil: International Association of Agricultural Economists**. AgEcon Search, , 1981. Disponível em:
<https://ageconsearch.umn.edu/record/197130/files/agecon-occpapers-1981-056_1_.pdf>

MALERBA, F. Sectoral systems: How and why innovation differ across sectors. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (Eds.). **The Oxford handbook of innovation**. New York: Oxford University Press, 2005. p. 380–406.

MARTHA JR., G. B.; ALVES, E. The Role and Impact of Public Research and Technology Transfer in Brazilian Agriculture. In: KALAITZANDONAKES, N. G. et al. (Eds.). **From Agriscience to Agribusiness - Theories, Policies and Practices in Technology Transfer and Commercialization**. Washington, DC: Springer International Publishing AG, p. 429–444, 2018.

MATHEW, J. et al. Standardization of critical boron level in soil and leaves of coconut palms grown in a tropical Entisol. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 18, n. 2, p. 376–387, 2018.

- MAYES, M. T.; MUSTARD, J. F.; MELILLO, J. M. Forest cover change in Miombo Woodlands: Modeling land cover of African dry tropical forests with linear spectral mixture analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 165, p. 203–215, 2015.
- MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial state**. 1. ed. London: Demos, 2011.
- MCKELVEY, B. Quasi-Natural Organization Science. **Organization Science**, v. 8, n. 4, p. 352–380, 1997.
- MEKONNEN, D. K. et al. Innovation systems and technical efficiency in developing-country agriculture. **Agricultural Economics**, v. 46, n. 5, p. 689–702, 2015.
- MENASCHE, R. Uma cronologia a partir de recortes de jornais. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 7, n. 2, p. 523–540, out. 2000.
- MENDES, C. I. C.; BUAINAIN, A. M.; FASIABEN, M. DO C. R. **O Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária e a Cooperação entre as Instituições de Públicas de Pesquisa**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural: Heterogeneidade e suas Implicações no Rural Brasileiro. **Anais...Goiânia - GO**: 2014
- MENDES, M. D. L.; CRIPPA, M. E. N. **Roteiro para Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) baseado na ISO 9001 – Experiência da Embrapa Meio Ambiente**. Projeto ISOEMBRAPA - Modelos de Excelência e Compartilhamento de Boas Práticas de Gestão. **Anais...Jaguariúna - SP**: Embrapa, 2012Disponível em: <https://www.cnpma.embrapa.br/boaspraticas/workshop/anais/kit_disseminacao/RoteiroISO9001_22_240311.pdf>
- METCALFE, J. S. Evolutionary Economics and Technology Policy. **The economic journal**, v. 104, n. 425, p. 931–944, 1994.
- MICHEELS, E. T.; NOLAN, J. F. Examining the effects of absorptive capacity and social capital on the adoption of agricultural innovations: A Canadian Prairie case study. **Agricultural Systems**, v. 145, p. 127–138, 2016.
- MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J. **Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook**. 3. ed. Washington, D.C.: Sage publications, 2014.
- MILLAR, N. et al. Nitrous oxide (N₂O) flux responds exponentially to nitrogen fertilizer in irrigated wheat in the Yaqui Valley, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 261, n. April, p. 125–132, 2018.
- MMA. **Biossegurança - Riscos**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/7511-riscos.html>>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- MOLINA FILHO, J. **Identificação e Classificação da Clientela da EMBRAPA**. Brasília - DF: Embrapa, 1993.
- MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 517–531, 2005.
- MONTAGNINI, F. **Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty**. Springer International Publishing, 2017
- MORTON, J. F. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50, p. 19680–19685, 2007.

MOTA, D. M. DA; SCHMITZ, H.; FREITAS, M. N. Pesquisa e agricultura familiar: **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, v. 26, n. 1 e 2, p. 128–139, 2008.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. DE. **Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015.

MOUAT, M. J.; PRINCE, R.; ROCHE, M. M. Making Value Out of Ethics: The Emerging Economic Geography of Lab-grown Meat and Other Animal-free Food Products. **Economic Geography**, v. 95, n. 2, p. 136–158, 2019.

MOURA, R. **Embrapa e parceiros promovem seminário sobre ILPF no Nordeste em junho**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43580500/embrapa-e-parceiros-promovem-seminario-sobre-ilpf-no-nordeste-em-junho>>. Acesso em: 9 abr. 2020.

MOYO, R.; SALAWU, A. A survey of communication effectiveness by agricultural extension in the Gweru district of Zimbabwe. **Journal of Rural Studies**, v. 60, n. 11, p. 32–42, 2018.

MUELLER, C. C.; MUELLER, B. From Backwardness to Global Agricultural Powerhouse: The Transition of Brazilian Agriculture. **Agricultural Development in the World Periphery**, p. 389–412, 2018.

MÜLLER, C. et al. Climate change risks for African agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 11, p. 4313–4315, 2011.

MURMANN, J. P. **Knowledge and Competitive Advantage: The Coevolution of Firms, Technology, and National Institutions**. Cambridge University Press, 2003.

MURMANN, J. P. The coevolution of industries and important features of their environments. **Organization Science**, v. 24, n. 1, p. 58–78, 2013.

NEHRING, R. Yield of dreams: Marching west and the politics of scientific knowledge in the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa). **Geoforum**, v. 77, p. 206–217, 2016.

NELSON, D. R.; FINAN, T. J. Praying for drought: Persistent vulnerability and the politics of patronage in Ceará, Northeast Brazil. **American Anthropologist**, v. 111, n. 3, p. 302–316, 2009.

NELSON, R. R. The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. **Industrial and Corporate Change**, v. 3, n. 1, p. 47–63, 1994.

NELSON, R. R. Co-evolution of Industry Structure, Technology and Supporting Institution, and the Making of Comparative Advantage. **International Journal of the Economics of Business**, v. 2, n. 2, p. 171–184, 1995.

NELSON, R. R. Economic development from the perspective of evolutionary economic theory. **Oxford Development Studies**, v. 36, n. 1, p. 9–21, mar. 2007.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

NICHOLLS, W. H. The Brazilian Food Supply: Problems and Prospects. **Economic Development and Cultural Change**, v. 19, n. 3, p. 378–390, abr. 1971.

- NOBRE, A. C. et al. Volatile profile of cashew apple juice fibers from different production steps. **Molecules**, v. 20, n. 6, p. 9803–9815, 2015.
- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 1, p. 105–116, 2003.
- NUNES, J. S. et al. Impact of Land Degradation on Soil Microbial Biomass and Activity in Northeast Brazil. **Pedosphere**, v. 22, n. 1, p. 88–95, 2012.
- NUNES, M. R. et al. Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 148, p. 119–126, 2015.
- NUNES, S. G. et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu** Documentos. Campo Grande - MS: Embrapa, 1984. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/317899/1/Brachiariabrizantha.pdf>>.
- NUSBAUM, N. J. Dairy livestock methane remediation and global warming. **Journal of Community Health**, v. 35, n. 5, p. 500–502, 2010.
- OCTAVIANO, C. **Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde**. 2010. Disponível em: <<http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=58&id=730>>. Acesso em: 31 mar. 2020.
- OKUMURA, R. S. et al. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho : uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 6325, p. 226–235, 2011.
- OLIVEIRA, A. **Castanha, amêndoa e preços: uma difícil equação**. Fortaleza - CE, 2020. Disponível em: <https://cajubrasil.org/wp-content/uploads/2020/03/Boletim-ICB_5.pdf>.
- OLIVEIRA, C. DE. **Na mira do MPF, irregularidades na CTNBio vêm à tona com a cana transgênica**. 2017. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2017/06/na-mira-do-mp-federal-irregularidades-na-ctnbio-vem-a-tona-com-aprovacao-da-cana-transgenica/>>. Acesso em: 3 maio. 2020.
- OLIVEIRA, C. DE. **Nova resolução facilita ainda mais a liberação de transgênicos no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2020/01/ctnbio-facilita-liberacao-transgenicos/>>. Acesso em: 5 maio. 2020b.
- OLIVEIRA, V. **Nigéria: Queda de preço da castanha**. 2019. Disponível em: <<https://www.blogdacajucultura.com/2019/04/nigeria-queda-de-precos-da-castanha.html>>. Acesso em: 22 mar. 2020.
- PAIVA, R. M. The Development of Brazilian Agriculture, 1945-1960. **Journal of Farm Economics**, v. 43, n. 5, p. 1092–1100, 1961.
- PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 1, n. 2, p. 171–234, 1971.
- PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: resposta aos comentários dos professores Nicholls e Schuh. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 3, n. 1, p. 95–116, 1973.

PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: uma reformulação. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 5, n. 1, p. 117–161, 1975.

PARDEY, P. G. et al. The Shifting Structure of Agricultural R&D: Worldwide Investment Patterns and Payoffs. In: KALAITZANDONAKES, N. et al. (Eds.). **From Agriscience to Agribusiness - Theories, Policies and Practices in Technology Transfer and Commercialization**. Washington, DC: Springer, p. 13–40, 2018.

PARDEY, P. G.; ALSTON, J. M. Global and US trends in agricultural R&D in a global food security setting. In: OECD (Ed.). **Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems: OECD Conference Proceedings**. OECD Publishing, p. 19–40, 2012.

PARENTE, R. et al. Public sector organizations and agricultural catch-up dilemma in emerging markets: The orchestrating role of Embrapa in Brazil. **Journal of International Business Studies**, 2020.

PARRA-LÓPEZ, C. et al. An integrated approach for ex-ante evaluation of public policies for sustainable agriculture at landscape level. **Land Use Policy**, v. 26, n. 4, p. 1020–1030, 2009.

PASTORE, A. C.; ALVES, E. R. DE A.; RIZZIERI, J. A. B. Inovação induzida e os limites à modernização na agricultura brasileira. **Revista de Economia Rural**, v. XIV, p. 303–333, 1974.

PASTORE, J. Brazilian agricultural research. Export vs nutrition. **Food Policy**, v. 2, n. 3, p. 217–227, 1977.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343–373, dez. 1984.

PEIXOTO, M. Extensão rural no Brasil - uma abordagem histórica da legislação. **Núcleo de Estudos e pesquisas do Senado**, p. 1–50, 2008.

PELLETIER, N.; TYEDMERS, P. Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000-2050. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 43, p. 18371–18374, 2010.

PENTEADO, M. I. DE O. et al. A trajetória do planejamento da pesquisa na Embrapa. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 31, n. 1, p. 35–60, 2014.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. DE. **O sistema nacional de pesquisa agropecuária: histórico, estrutura e financiamento**. Texto para discussão 2338. Brasília: Ipea, 2017.

PHILIPPE, F. X.; NICKS, B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 199, p. 10–25, 2015.

PIGFORD, A. A. E.; HICKEY, G. M.; KLERKX, L. Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. **Agricultural Systems**, v. 164, n. April, p. 116–121, 2018.

PINGALI, P. L. From Subsistence to Commercial Production Systems: The Transformation of Asian Agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 79, n. 2, p. 628–634, 1997.

PINGALI, P. L.; ROSEGRANT, M. W. Agricultural commercialization and diversification: processes and policies. **Food Policy**, v. 20, n. 3, p. 171–185, 1995.

PORTO, E. R. et al. **Agricultura bioessalina: desafios e alternativas para o uso de águas salobras e salinas no semiárido brasileiro**. 1ª ed ed. Jaguariúna - SP: Embrapa Meio Ambiente, 2019.

POST, M. J. Cultured beef: Medical technology to produce food. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 6, p. 1039–1041, 2014.

PROSDOCIMI, M.; TAROLLI, P.; CERDÀ, A. Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 161, p. 191–203, 2016.

QUINCKE, J. A. et al. Occasional tillage of no-till systems: Carbon dioxide flux and changes in total and labile soil organic carbon. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 4, p. 1158–1168, 2007.

RAGASA, C.; MAZUNDA, J. The impact of agricultural extension services in the context of a heavily subsidized input system: The case of Malawi. **World Development**, v. 105, p. 25–47, 2018.

RAMOS, P.; PIACENTE, F. J. O Instituto Agronômico de Campinas: sua criação, importância e um pouco de sua história. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 15, n. 2, p. 365-392, 2016.

REAY, D. S. et al. Global agriculture and nitrous oxide emissions. **Nature Climate Change**, v. 2, n. 6, p. 410–416, 2012.

REDE ILPF. **ILPF em números**. Brasília/DF: Rede ILPF, 2016.

REIDY, S. **Brazilian corn production on the upswing**. 2019. Disponível em: <<https://www.world-grain.com/articles/11925-brazilian-corn-production-on-the-upswing>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

RIBEIRO, P. **Governo federal injetará R\$ 1 bilhão na agricultura familiar**. 2020. Disponível em: <<https://paranaportal.uol.com.br/opiniaosintonia-fina/governo-federal-injetara-r-1-bilhao-na-agricultura-familiar/>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

RIBEIRO, R. P. Reestruturação Da Pesquisa Agropecuária Pública : Evolução Recente E Perspectivas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 133–165, 1999.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Piracicaba - SP: Os autores, 2015.

RIPA. **Cenários do Ambiente de Atuação das Instituições Públicas e Privadas de PD&I para o Agronegócio e o Desenvolvimento Rural Sustentável - Horizonte 2023**. São Carlos: Ripa, 2008.

ROCHA, D. DE P.; LOPES, I. V. **O Campo Concentra a Pobreza Extrema**. 2015. Disponível em: <<https://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumPageId=4028818B37A00A200137A33B0AE95645&contentId=8A7C82C549C3707F014ABF8CD48373FD>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

RODHE, H. A Comparison of the Contribution of Various Gases to the Greenhouse Effect. **Science, New Series**, v. 248, n. 4960, p. 1217–1219, 1990.

RODRIGUES, C. M. A Pesquisa Agropecuária Federal no período compreendido entre a República Velha e o Estado Novo. **Cadernos de Difusão Tecnológica**, v. 4, n. 2, p. 129–153, 1987a.

RODRIGUES, C. M. Gênese e evolução da pesquisa agropecuária no Brasil: Da instalação da corte portuguesa ao início da República. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 21–38, 1987b.

RODRIGUES, C. M. A pesquisa agropecuária no período do pós-guerra'. **Caderno de Difusão de Tecnologia**, v. 4, n. 3, p. 205–254, 1987c.

ROEHE, R. et al. Bovine Host Genetic Variation Influences Rumen Microbial Methane Production with Best Selection Criterion for Low Methane Emitting and Efficiently Feed Converting Hosts Based on Metagenomic Gene Abundance. **PLoS Genetics**, v. 12, n. 2, p. 1–20, 2016.

ROGERS, E. M. Categorizing the Adopters of Agricultural Practices. **Rural Sociology**, 1958.

ROGERS, E. M. The Adoption Period. **Rural Sociology**, v. 26, n. 1, p. 77–83, 1961.

ROGERS, E. M. **Evolution: Diffusion of Innovations**. Second Ed. Elsevier, v. 7, 2015.

RÖLING, N. Extension Science: Increasingly Preoccupied With Knowledge Systems. **Sociologia Ruralis**, v. 25, n. 3–4, p. 269–290, 1985.

ROSA NETO, C. **Principais demandas dos técnicos da extensão e de produtores rurais acerca do processo de inovação tecnológica de uma instituição de pesquisa agropecuária**. Rondônia - RO: Embrapa Rondônia, 2006.

ROSEBOOM, J.; RUTTEN, H. The transformation of the Dutch agricultural research system: an unfinished agenda. **World Development**, v. 26, n. 6, p. 1113–1126, 1998.

RUEL, M. T. et al. Urbanization, food security and nutrition. In: **Nutrition and Health in a Developing World**. PEE, S.; TAREN, D.; BLOEM, M. W. (Eds.). Humana Press. P. 705–735, 2017.

RUSU, M.; DIRIMANOVA, V.; SIMIONESCU, V. M. **Agricultural knowledge and information system: Lessons learned in the post socialist period in Romania and Bulgaria**. Agrarian Economy and Rural Development - Realities and Perspectives for Romania. 6th Edition of the International Symposium. **Anais...**Bucharest: Econstor, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10419/163311>>

RUTTAN, V. W. Induced innovation and path dependence: A reassessment with respect to agricultural development and the environment. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 53, n. 1, p. 41–59, 1996.

RUTTAN, V. W. Induced innovation, evolutionary theory and path dependence: Sources of technical change. **The economic journal**, v. 107, n. 444, p. 1520–1529, 1997.

RUTTAN, V. W.; HAYAMI, Y. Technology Transfer and Agricultural Development. **Technology and Culture**, v. 14, n. 2, p. 119–151, 1973.

RUTTAN, V. W.; HAYAMI, Y. Toward a theory of induced institutional innovation. **The Journal of Development Studies**, v. 20, n. 4, p. 203–223, 23 jul. 1984.

SÁ, M. A. C. DE; SANTOS JUNIOR, J. DE D. DOS G.; FRANZ, C. A. B. **Manejo e Conservação do Solo e da Água em Sistema de Plantio Direto no Cerrado**. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados, 2009.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema Plantio Direto - 500 Perguntas 500 Respostas**. Brasília - DF: Embrapa, 1998.

SALTZMAN, A. et al. Biofortification: Progress toward a more nourishing future. **Global Food Security**, v. 2, n. 1, p. 9–17, 2013.

SANTARELLI, M.; MARQUES VIEIRA, L.; CONSTANTINE, J. **Learning from Brazil's Food and Nutrition Security Policies**. Sussex Institute of Development Studies & The Food Foundation, , 2018.

SANTIAGO, A. **Hora de Plantar entregará 3.140 toneladas de sementes até fevereiro de 2020**. Disponível em: <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2019/11/19/hora-de-plantar-entregara-3-140-toneladas-de-sementes-ate-fevereiro-de-2020/>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

SANTOS, C. A. F.; BOITEUX, L. S. Breeding biofortified cowpea lines for semi-arid tropical areas by combining higher seed protein and mineral levels. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6782–6789, 2013.

SANTOS, G. B. M. et al. **Suco Clarificado de Yacon: Processo , Caracterização e Aceitabilidade de Bebidas Mistas Formuladas com Suco de Caju**. Fortaleza - CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.

SANTOS, M. A. et al. Mapping of QTLs associated with biological nitrogen fixation traits in soybean. **Hereditas**, v. 150, n. 2–3, p. 17–25, jun. 2013.

SARRIS, D. et al. Increasing extremes of heat and drought associated with recent severe wildfires in southern Greece. **Regional Environmental Change**, v. 14, n. 3, p. 1257–1268, 2014.

SAUNOIS, M. et al. The growing role of methane in anthropogenic climate change. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 12, 2016.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Niches in evolutionary theories of technical change: A critical survey of the literature. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 17, n. 5, p. 605–622, 2007.

SCHUH, G. E.; ALVES, E. R. DE A. **The Agricultural Development of Brazil**. 1st. ed. Praeger, 1970.

SÉRALINI, G. E. et al. Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. **Environmental Sciences Europe**, v. 26, n. 1, p. 1–17, 2014.

SILVA, A. R. DA et al. **A Cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central**. Brasília/DF: Embrapa, 1976.

SILVA, F. P. DA et al. Technical efficiency and technological heterogeneity in agriculture in the semi-arid and non-semi-arid regions of northeastern Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 379–395, 2019.

SILVA, M. DE F. G. DA et al. Optimization of enzymatic treatment to produce yacon juice clarified by microfiltration with high levels of chlorogenic acid and fructo oligosaccharides. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 6, p. 1–8, 2018.

SIMÕES, A. F. et al. Enhancing adaptive capacity to climate change: The case of smallholder farmers in the Brazilian semi-arid region. **Environmental Science and Policy**, 2010.

SIMONSEN, M. Salários, Dualismo e Desemprego Estrutural. **Revista Brasileira de Economia - RBE**, v. 17, n. 4, 1963.

SLUSZZ, T. et al. O Modelo de Inovação Aberta no Apoio ao Desenvolvimento Regional: o caso do PROETA. **Desenvolvimento em Questão**, v. 11, n. 24, p. 141–168, 2013.

SOBRAL, L. F. et al. Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documentos (INFOTECA-E)**, p. 13, 2015.

SOUZANCHI KASHANI, E.; ROSHANI, S. Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 146, n. March, p. 68–80, 2019.

SPIELMAN, D. J. et al. An innovation systems perspective on strengthening agricultural education and training in sub-Saharan Africa. **Agricultural Systems**, v. 98, n. 1, p. 1–9, 2008.

SPIELMAN, D. J.; BIRNER, R. How Innovative Is Your Agriculture? Using Innovation Indicators and Benchmarks to Strengthen National Agricultural Innovation Systems. **Agriculture & Rural Development**, p. 3–55, 2008.

STERNBERG, H. O. Agriculture and Industry in Brazil. **The Geographical Journal**, v. 121, n. 4, p. 488–502, 1955.

STEVENS-RUMANN, C. S. et al. Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change. **Ecology Letters**, v. 21, n. 2, p. 243–252, 2018.

SUNDING, D.; ZILBERMAN, D. The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector. In: GARDNER, B. L.; RAUSSER, G. C. (Eds.). **Handbook of Agricultural Economics**. Elsevier Science Publishers LTD, v. 1. p. 207–261, 2001.

TAHIM, E. F. et al. FAZENDO DAS TRIPAS INOVAÇÃO: REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS. **Pretexto**, v. 16, n. 2, p. 117–131, 2015.

TANKARI, M. R. Cash crops reduce the welfare of farm households in Senegal. **Food Security**, v. 9, n. 5, p. 1105–1115, 2017.

TARANTO, F. et al. Biotechnological and Digital Revolution for Climate-Smart Plant Breeding. **Agronomy**, v. 8, n. 12, p. 277, 26 nov. 2018.

TEIXEIRA, E. I. et al. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, p. 206–215, 2013.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. DE F.; DECHEN, S. C. F. The costs of soil erosion. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 287–298, 2011.

TELLES, T. S.; REYDON, B. P.; MAIA, A. G. Effects of no-tillage on agricultural land values in Brazil. **Land Use Policy**, v. 76, n. 2017, p. 124–129, 2018.

TENDLER, J. Tales of Dissemination in Small-farm Agriculture: Lessons for Institution Builders Massachusetts. v. 21, n. 10, p. 1567–1582, 1993.

THE GUARDIAN. **Brazil ratifies Paris agreement with pledge to sharply reduce emissions**. 2015. Disponível em:

<<https://www.theguardian.com/environment/2016/sep/13/brazil-ratifies-paris-agreement-with-pledge-to-sharply-reduce-emissions>>. Acesso em: 9 abr. 2020.

THE WORLD BANK. **Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond the Strengthening of Research Systems**. Washington, DC: The World Bank, 2006.

TOTHOVA, T. et al. Natural glufosinate resistance of soil microorganisms and GMO safety. **Central European Journal of Biology**, v. 5, n. 5, p. 656–663, 2010.

TULLO, E.; FINZI, A.; GUARINO, M. Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 2751–2760, 2019.

TURNER, J. A. et al. Unpacking systemic innovation capacity as strategic ambidexterity: How projects dynamically configure capabilities for agricultural innovation. **Land Use Policy**, v. 68, n. July, p. 503–523, 2017.

UFPR. **Novas bactérias desenvolvidas pela UFPR devem diminuir uso de fertilizantes nitrogenados e aumentar produtividade agrícola no Brasil**. 2018.

Disponível em: <<https://www.ufpr.br/portafulpr/noticias/novas-bacterias-desenvolvidas-pela-ufpr-devem-diminuir-uso-de-fertilizantes-nitrogenados-e-aumentar-produtividade-agricola-no-brasil/>>. Acesso em: 5 maio. 2020.

UGOCHUKWU, A. I.; PHILLIPS, P. W. B. Technology Adoption by Agricultural Producers: A Review of the Literature. In: KALAITZANDONAKES, N. G. et al. (Eds.). **From Agriscience to Agribusiness - Theories, Policies and Practices in Technology Transfer and Commercialization**. Washington: Springer International Publishing AG, p. 361–378, 2018.

VALLEJOS, M. et al. Transformation dynamics of the natural cover in the Dry Chaco ecoregion: A plot level geo-database from 1976 to 2012. **Journal of Arid Environments**, v. 123, n. 26, p. 3–11, 2015.

VAN ASTEN, P. J. A.; FERMONT, A. M.; TAULYA, G. Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 4, p. 541–552, 2011.

VAN MIERLO, B. et al. Learning towards system innovation: Evaluating a systemic instrument. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 2, p. 318–334, 2010.

VANWALLEGHEM, T. et al. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. **Anthropocene**, v. 17, p. 13–29, 2017.

VASCONCELOS, J. R. P.; RIBEIRO, O. C.; CRUZ, R. A. **Fundamentos e aplicação do planejamento estratégico em organizações de pesquisa agropecuária**. Brasília - DF: Embrapa, 1998.

VASCONCELOS NETO, A. G. et al. PORTFOLIO PROJECT MANAGEMENT (PPM) EM PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (PD&I) VOLTADO PARA AÇÕES DE UMA INSTITUIÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (ICT). **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 5, p. 109–128, 2013.

VASHISHT, B. B. et al. Productivity of rainfed wheat as affected by climate change scenario in northeastern Punjab, India. **Regional environmental change**, v. 13, n. 5, p. 989–998, 2013.

VEREIJSEN, J. et al. Addressing complex challenges using a co-innovation approach: Lessons from five case studies in the New Zealand primary sector. **Outlook on Agriculture**, v. 46, n. 2, p. 108–116, 2017.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidad estructural de la agricultura familiar en el Brasil. **Revista de la CEPAL**, v. 2013, n. 111, p. 103–121, 2013.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil - Inovação e competitividade**. Brasília - DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; SOUSA, A. G. DE. **Can Brazil feed the world? Not yet, but it has the potential!** The Futures of Agriculture. **Anais...Rome: Global Forum on Agricultural Research**, 2012

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. DA. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 4, p. 721–742, 2013.

VIEIRA, L. SF Special : Brazil's Soybean Success Is Rooted in the U.S. **Successful Farming**, p. 1–11, 2019.

VIEIRA, P. A. et al. A Embrapa e seu papel no sistema nacional de inovação agrícola. In: BUAINAIN, A. M.; BONACELLI, M. B. M.; MENDES, C. I. C. (Eds.). **Propriedade intelectual e inovações na agricultura**. Rio de Janeiro: INCT/PPED, p. 135–164, 2015.

VOLBERDA, H. W.; LEWIN, A. Y. Guest Editors' Introduction: Co-evolutionary Dynamics within and between Firms: From Evolution to Co-evolution. **Journal of Management Studies**, v. 40, n. 8, p. 2111–2136, 2003.

VOLBERDA, H. W.; VAN DEN BOSCH, F. A. J.; MIHALACHE, O. R. Advancing management innovation: Synthesizing processes, levels of analysis, and change agents. **Organization Studies**, v. 35, n. 9, p. 1245–1264, 2014.

WAHID, A. et al. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 3, p. 199–223, 2007.

- WARD, J. O.; SANDERS, J. H. Nutritional Determinants and Migration in the Brazilian Northeast: A Case Study of Rural and Urban Ceará. **Economic Development and Cultural Change**, v. 29, n. 1, p. 141–163, 1980.
- WORLD BANK. **Agriculture and Food - Overview**. 2018, Disponível em: <<http://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>>. Acesso em: 9 dez. 2019.
- WORLD TRADE ORGANIZATION. **Agricultural products**. [s.n.]. Disponível em: <<http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>>. Acesso em: 21 dez. 2019.
- XAVIER, G. R. et al. **Organização Laboratorial: Boas Práticas de Laboratório (BPL) na Embrapa Agrobiologia**. Seropédica - RJ: Embrapa, 2005.
- YIN, R. K. Case study methods. In: COOPER, H. et al. (Eds.). **APA handbook of research methods in psychology, Vol 2: Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological**. Washington: American Psychological Association, v. 2p. 141–155, 2012.
- ZAHRA, S. A.; GEORGE, G. **Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension** *Academy of Management Review*, 2002.
- ZAIDI, S. S. E. A.; MUKHTAR, M. S.; MANSOOR, S. Genome Editing: Targeting Susceptibility Genes for Plant Disease Resistance. **Trends in Biotechnology**, v. 36, n. 9, p. 898–906, 2018.
- ZAMACONA ABOUMRAD, G. A.; GONZÁLEZ FLORES, A. Mexico's Healthy Food: Using Innovation to Create Commercial Ties with Suppliers. In: REYES-MERCADO, P.; LARIOS HERNÁNDEZ, G. (Eds.). **Reverse Entrepreneurship in Latin America**. Cham: Springer International Publishing, p. 83–108, 2019.
- ZANATTA, M. A Embrapa na encruzilhada. **Globo Rural**, p. 54–59, jul. 2017.
- ZARE, M. et al. Simulation of soil erosion under the influence of climate change scenarios. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 21, p. 1–15, 2016.
- ZEZZA, A.; TASCIOTTI, L. Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. **Food Policy**, v. 35, n. 4, p. 265–273, 1 ago. 2010.
- ZIA-UR-REHMAN, M. et al. Degraded Soils: Origin, Types and Management. In: HAKEEM, K. R.; AKHTAR, J.; SABIR, M. (Eds.). **Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives**. Cham: Springer International Publishing, p. 23–65, 2016.