

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no estado de São Paulo: estudo multicasos com adotantes pioneiros

Integrated Crop-Livestock-Forest Systems in the State of São Paulo, Brazil: case studies of early adopters

Marcela de Mello Brandão Vinholis¹ , Marcelo José Carrer² , Hildo Meirelles de Souza Filho² , Roberto Bernardo³ 

¹Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), São Carlos (SP), Brasil. E-mail: marcela.vinholis@embrapa.br

²Departamento de Engenharia de Produção (DEP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (SP), Brasil. E-mails: marcelocarrer@dep.ufscar.br; hildo@dep.ufscar.br

³Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), Departamento de Engenharia de Produção (DEP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (SP), Brasil. E-mail: ch.bernardo@uol.com.br

Como citar: Vinholis, M. M. B., Carrer, M. J., Souza Filho, H. M., & Bernardo, R. (2022). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Estado de São Paulo: estudo multicasos com adotantes pioneiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(1), e234057. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.234057>

Resumo: Pastagens degradadas têm baixa produtividade e impactos ambientais negativos. Sistemas que integram pecuária, lavoura e/ou floresta apresentam-se como uma alternativa para reverter esse cenário, mas sua adoção é heterogênea entre os produtores rurais. O objetivo deste estudo é investigar os fatores que influenciaram as primeiras decisões de adoção e a difusão a partir dos adotantes pioneiros. Três casos de adotantes pioneiros do estado de São Paulo foram investigados por meio de análise descritivo-exploratória. Os resultados mostram que instituições que atuam como intermediárias entre produtores rurais e outras instituições do sistema inovação têm um papel relevante na adoção, adaptação e difusão dos sistemas de integração. Cooperativas agropecuárias, associações de produtores rurais e serviços de extensão rural são exemplos de instituições intermediárias que cumpriram esse papel ao exercerem várias funções: auxiliaram no fluxo de informações, forneceram orientação técnica, apoiaram a comercialização e facilitaram o acesso ao financiamento e aos mecanismos de gestão de risco. Adicionalmente, identificou-se que as características pessoais do produtor pioneiro como experiência em atividades agropecuárias e sua capacidade de inovação (curiosidade por novidades, comunicação interpessoal e tolerância ao risco) também foram importantes para a adoção e adaptação dos sistemas de integração.

Palavras-chave: adoção de tecnologia, inovadores, integração lavoura-pecuária-floresta.

Abstract: Degraded pastures have low productivity and negative environmental impacts. Farming systems that integrate cattle breeding, crop, and/or forest are alternatives to reverse this scenario; however, their adoption is heterogeneous among farmers. This study aims to investigate factors that influenced the first decisions made concerning the adoption and the diffusion of these systems from early adopters. Three cases of early adopters from the state of São Paulo were investigated through descriptive-exploratory analysis. The results show that institutions that act as intermediaries between farmers and other institutions of the innovation system have a relevant role in the adoption, adaptation, and diffusion of integrated systems. Agricultural cooperatives, farmers' associations, and rural extension services are examples of intermediary institutions that fulfill this role assuming several functions: they help in the flow of information, provide technical guidance, support trade, and facilitate access to credit and risk reduction managerial tools. Additionally, it was identified that early adopters' characteristics such as the experience in agricultural activities and their innovation capacity (novelty seeking, interpersonal communication, and risk tolerance) were also important for the adoption and, adaptation of integrated systems.

Keywords: technology adoption, innovators, crop-livestock-forest integration.



1. Introdução

A crescente preocupação social com a sustentabilidade ambiental e a tendência persistente de aumento no preço da terra têm fomentado o desenvolvimento de novas tecnologias na produção pecuária brasileira. O modelo de produção baseado no uso extensivo da terra, cuja predominância se deu até meados dos anos de 1990, mostra sinais claros de esgotamento. Esse esgotamento desafia o setor produtivo para a construção de um novo modelo de produção pautado em tecnologias que promovam maior sustentabilidade e eficiência no uso dos fatores de produção.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são caracterizados como estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e que busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema (Gil et al., 2015). Para se caracterizar como um sistema de produção sustentável, é necessário que as atividades sejam realizadas de forma planejada, sistematizada e continuada ao longo do tempo. A adoção desses sistemas de produção é recomendada e estimulada para a recuperação e/ou renovação de pastagens degradadas, manutenção e reconstituição de cobertura florestal, melhoria na conservação do solo e da água e diversificação da renda na propriedade rural (Brasil, 2012; Balbino et al., 2011; Gil et al., 2015).

Os sistemas de integração, quando associados às práticas de correção de fertilidade do solo e ao sistema de plantio direto, proporcionam controle mais eficiente da erosão, aumento da retenção da água e melhorias nos atributos físico-químicos e biológicos do solo resultantes da alteração do padrão de cobertura vegetal e do aumento da matéria orgânica no solo. Esses sistemas proporcionam ainda maior capacidade de sequestro de carbono e redução na emissão de metano por quilograma de carne produzida. Nos arranjos que agregam espécies arbóreas, o conforto térmico é aumentado com efeito positivo no bem-estar dos animais (Vilela et al., 2011). Os principais ganhos econômicos desses sistemas são a redução do risco de mercado em função da diversificação das atividades produtivas, a obtenção de economias de escopo por meio da melhor utilização dos fatores de produção em atividades complementares e o aumento na renda líquida por área da propriedade rural (Macedo, 2009).

Em que pesem o conjunto de benefícios e a orientação da política agrícola brasileira em fomentar a adoção de sistemas de integração, eles ainda não foram largamente difundidos na agricultura brasileira. Embora faltem registros estatísticos oficiais, é possível observar que alguns produtores adotaram esses sistemas tão logo eles receberam informações sobre sua viabilidade técnica e econômica, outros esperaram por mais tempo para tomar a decisão de adotar, enquanto muitos outros ainda não adotaram. Nesse contexto, o principal objetivo deste estudo é investigar os principais fatores que influenciaram o processo de adoção e de difusão de sistemas de integração por adotantes pioneiros no estado de São Paulo. É investigada a importância de instituições intermediárias da inovação e das características comportamentais e socioeconômicas dos adotantes pioneiros nesse processo. Instituições intermediárias são aquelas que atuam como intermediárias entre produtores rurais e outras instituições do sistema de inovação, a exemplo de cooperativas agropecuárias, associações de produtores rurais e serviços de extensão rural.

Três casos de adotantes pioneiros são investigados nas regiões geográficas de Jaú-SP e Presidente Prudente-SP. Considerou-se que os adotantes pioneiros são aqueles que adotaram um sistema de integração de forma pioneira na região geográfica imediata em que estão localizados (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017). Os adotantes pioneiros selecionados em 2017 para investigação desempenharam papel relevante na difusão de informações sobre os sistemas e promoveram sua adoção por outros produtores. Nesse sentido, os resultados dessa investigação têm relevância para a construção de políticas.

O artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção apresenta a abordagem teórica utilizada na análise. Na terceira seção é apresentado o método do estudo. Optou-se pela realização de um estudo multicase, tendo em vista a

possibilidade de se explorar detalhadamente as características dos adotantes pioneiros e de suas propriedades rurais e sistemas de produção. A quarta seção discute os casos de produtores pioneiros na adoção de sistemas de integração. A quinta e última seção apresenta as considerações finais do estudo.

2. Abordagem teórica

É inegável a importância da inovação tecnológica para o desenvolvimento econômico (Schumpeter, 1942). Novas combinações mais eficientes dos fatores de produção geram novos bens de consumo, novos métodos de produção ou transporte, novos mercados e novas formas de organização industrial. Esses diferentes tipos de criação, na medida em que são incorporados pelas empresas, são classificados como inovações tecnológicas. Este processo ocorre lentamente e de forma heterogênea ao longo do tempo, principalmente em setores com dinâmica concorrencial elevada, como a produção agropecuária (Feder et al., 1985).

Diversos estudos se preocuparam em compreender os fatores que explicam as decisões de adoção de inovações por produtores dentro de uma indústria (Carrer et al., 2017; Monte & Teixeira, 2006; Souza Filho et al., 2011; Ullah et al., 2018; Vinholis et al., 2017). De forma geral, a adoção de uma nova tecnologia ou prática agropecuária é influenciada por três conjuntos de fatores: (i) fatores biofísicos (e.g., textura, fertilidade e declividade do solo, precipitação e temperatura), que determinam quais atividades agrícolas podem ser executadas em uma localidade específica; (ii) fatores socioeconômicos e características comportamentais (e.g., disponibilidade de recursos físicos e financeiros, preferência pessoal, aversão e propensão ao risco, disponibilidade de recursos, capacidade de comunicação e relacionamento, entre outros) (Simpson, 2015); e (iii) fatores do ambiente institucional e organizacional (e.g., presença de associações de produtores rurais e cooperativas agrícolas, indústria compradora dos produtos rurais, dentre outros).

A Figura 1 apresenta uma proposta de modelo teórico que sintetiza os atores, as relações e os fatores que influenciam o sistema de inovação e o processo de adoção e difusão da inovação na agropecuária.

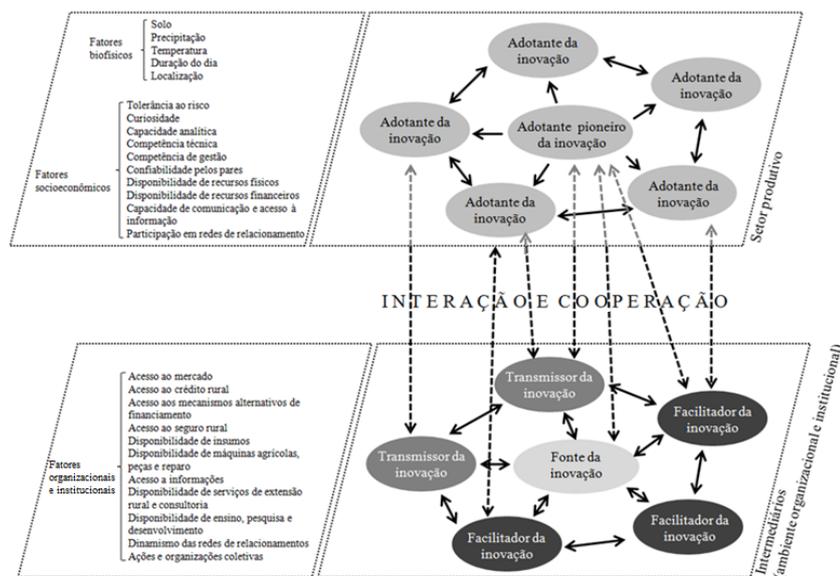


Figura 1. Modelo teórico dos atores, das relações e dos fatores que influenciam o processo de adoção de tecnologia na agropecuária. Fonte: elaborado pelos autores com base no referencial teórico.

O primeiro grupo de fatores refere-se ao ajuste dos requisitos técnicos e agrônômicos da tecnologia às características edafoclimáticas da localidade. Quando os requisitos não são atendidos, o processo de adoção é limitado ou mesmo inviabilizado. Os fatores biofísicos são

dados e estáticos, com pouca margem para adaptação por parte do produtor rural. Salvo exceções, a exemplo da adoção de tecnologias complementares, como sistemas de irrigação. Outra alternativa, quando possível, é a adaptação da tecnologia às condições de solo e clima locais, tornando o processo de adoção viável.

O conjunto de fatores socioeconômicos e de características comportamentais do indivíduo é extenso e refere-se às características do indivíduo tomador de decisão e do estabelecimento rural. Com relação às características do indivíduo, os adotantes inovadores, descritos por Rogers (1962), apresentam elevado grau de curiosidade para testar as inovações, são mais tolerantes ao risco e possuem recursos suficientes para absorver falhas. Os adotantes precoces, também chamados de líderes de opinião, têm alta influência na decisão de adoção dos grupos subsequentes de adotantes, são mais analíticos em suas decisões e possuem nível de tolerância ao risco mais baixo.

Esse grupo de adotantes é respeitado por suas decisões e desempenha papel central nas redes de comunicação local (Simpson, 2015). Hassan & Duverger (2010) destacaram duas características importantes nos grupos dos adotantes inovadores e dos adotantes precoces: (i) reconhecimento entre os pares e (ii) liderança de opinião. Estes atributos em conjunto tornam alguns adotantes pioneiros, os quais são capazes de influenciar fortemente a tomada de decisão de outros indivíduos. Os autores classificam esses adotantes pioneiros em uma categoria híbrida, chamada de *leading-edge opinion leaders*. Os indivíduos reconhecidos pelos pares como inovadores e com elevado nível de conhecimento técnico geralmente são percebidos como fonte de informação confiável. Esses indivíduos percebem atributos da tecnologia que são menos complexos em função da sua experiência particular. Além do reconhecimento entre os pares, estes indivíduos apresentam elevada liderança de opinião, em geral, baseada no modelo de comunicação pessoal e informal (boca a boca). O acesso à informação confiável é fator determinante no processo de adoção de inovação. Dentre as diversas fontes de informação, o contato com outros produtores adotantes é a de maior poder de persuasão. Estas características dos adotantes pioneiros são essenciais, mas não suficientes para determinar a adoção da inovação. A tomada de decisão pode ainda depender da disponibilidade de recursos físicos específicos, de recursos humanos especializados e de recursos financeiros.

Os fatores socioeconômicos têm relação com os fatores institucionais e organizacionais do entorno do estabelecimento rural. Um ambiente organizacional e institucional que proporcione acesso a mercados e oferta de serviços de apoio de qualidade favorece a adoção de inovações.¹ Este ambiente favorável ocorre por meio da presença, interação e cooperação de organizações públicas e privadas (Howells, 2006).

Estas organizações atuam como intermediárias entre o lado da demanda e da oferta do conhecimento agrícola e desempenham papel relevante no sistema de inovação (Howells, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2008). Howells (2006) define o intermediário da inovação como uma organização que atua como um agente em qualquer aspecto do processo de inovação entre duas ou mais partes. Hertog (2000) apresenta uma classificação dos intermediários em: (i) facilitador da inovação – responsável por dar suporte ao adotante no processo de inovação; (ii) fontes de inovação – desempenham o papel principal de iniciar e desenvolver a inovação; e (iii) transmissor da inovação – responsável pela transferência da inovação.

A importância inicial dos intermediários no processo de difusão de uma inovação limitava-se à disseminação da informação e seu impacto na taxa de difusão da inovação (Rogers, 1962). Posteriormente, novas funções foram atribuídas a essas organizações, por exemplo: (i) previsão e diagnóstico para suporte na tomada de decisão de adoção; (ii) avaliação técnico-econômica de uma tecnologia que já esteja disponível no mercado (Mantel & Rosegger, 1987); (iii) estabelecimento do pacote tecnológico a ser transferido (Watkins & Horley, 1986, citado por Howells, 2006); (iv) transferência da tecnologia por meio de serviços

¹ Estes serviços referem-se, por exemplo, à oferta de crédito agrícola, seguro rural, insumos e disponibilidade de informações por meio de extensão rural.

de extensão rural; e (v) transformação de ideias em conhecimentos que são transferidos para os produtores (McEvily & Zaheer, 1999).

Mais recentemente, as redes de relacionamento com participação dos intermediários desempenham funções importantes no sistema de inovação. As redes podem tanto ser formalmente organizadas, a exemplo de associações de produtores rurais, como informalmente organizadas. Estas últimas crescem com o uso da tecnologia da informação e a possibilidade de redes sociais criadas em aplicativos para uso em dispositivos móveis. A informação flui em tempo real e a capilaridade de alcance geográfico é ampliada. A forma de gestão da propriedade rural é influenciada ao facilitar a busca, o acesso, o armazenamento e a disseminação de informações, o que melhora as condições de tomada de decisão do produtor rural. As redes de relacionamento promovem: a conexão de atores e atuam como “pontes” entre eles; o aumento da interação e cooperação entre os atores do sistema e o número de relações; a extensão e a diversidade da base de conhecimento dos membros da rede; a redução dos custos de transação envolvidos na busca por informação e na transferência da tecnologia; e a adaptação e construção conjunta de novas formas de produção (Howells, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2008).

De uma forma geral, essas organizações agem para prover bens coletivos aos seus membros e ajudam a facilitar e coordenar o fluxo de informações e conhecimento entre os agentes que produzem e adaptam a inovação e os potenciais adotantes. O processo de difusão da inovação inicialmente era visto como uma relação vertical e unidirecional. Nessa visão linear da inovação, a pesquisa gera tecnologias que a extensão transfere para os produtores rurais adotarem. Com o crescente envolvimento dos intermediários e o aumento das funções a eles atribuídas, esta visão é substituída por uma abordagem mais sistêmica. Observam-se, na prática, relações de colaboração mais complexas, multidirecionais e coletivas. Esse novo formato do processo de inovação inclui tanto relações verticais como horizontais que fluem em ambos os sentidos e pressupõe uma relação de mais longo prazo.

Na perspectiva dos intermediários da inovação, a produção e a troca de informação e conhecimento técnico não são os únicos requisitos para a adoção da inovação. Os fatores organizacionais e institucionais, a exemplo da infraestrutura proporcionada pelos intermediários, da legislação e normas implícitas de conduta e do acesso aos mercados, desempenham papel relevante (Woolthuis et al., 2005).

3. Metodologia

O estudo trata de uma análise descritivo-exploratória para investigar os principais fatores que influenciaram o processo de adoção e de difusão de sistemas de integração por três adotantes pioneiros de sistemas de integração no estado de São Paulo. Esses adotantes foram identificados a partir de uma *survey* realizada o ano agrícola 2016/2017. Nessa *survey* foram entrevistados 175 produtores (90 adotantes de sistemas de integração e 85 não adotantes) na região centro-oeste do estado de São Paulo por meio de questionário estruturado. O objetivo da *survey* era o de identificar fatores condicionantes da adoção, conforme descrito e analisado em Vinholis et al. (2020) e Souza Filho et al. (2021). Nesse levantamento, foram identificados três sistemas de integração: (i) lavoura-pecuária (ILP); (ii) pecuária-floresta (IPF); (iii) lavoura-pecuária-floresta (ILPF), conforme (Balbino et al., 2011; Vilela et al., 2011). As informações obtidas permitiram revelar que a adoção dos sistemas de integração no estado de São Paulo ocorreu em alguns clusters regionais, conforme mostra a Figura 2. Adicionalmente, observou-se que muitos produtores decidiram adotar tais sistemas após obterem informações sobre o desempenho de outros produtores que já haviam adotado (Vinholis et al., 2020, p. 49). Esse resultado demonstrou que os adotantes pioneiros foram importantes no processo de difusão, requerendo, assim, o aprofundamento da investigação, conforme realizada no presente artigo.

Três casos (três produtores) foram investigados com objetivo de compreender os principais fatores que influenciaram o processo de adoção dos pioneiros nos clusters regionais identificados. O método de estudos de caso atendia ao nosso interesse de aprofundar a compreensão da adoção e difusão dos sistemas de integração no seu contexto

real (Yin, 1994), em complementação aos estudos teóricos e estatísticos (Kennedy & Luzar, 1999). O estudo de caso permitiria explicar, compreender e responder as questões de “como” e “por que” os adotantes pioneiros decidiram pela adoção e influenciaram os demais produtores de suas regiões (Kennedy & Luzar, 1999; Batte & Arnholt, 2003).

A seleção dos três casos foi realizada com informações obtidas por meio da *survey*. Foram adotados dois critérios de seleção. No primeiro, procurou-se identificar o pioneiro como sendo o primeiro a adotar em sua região geográfica imediata, bastando para isso observar o ano da adoção e sua antecedência em relação aos demais produtores. Como segundo critério, procurou-se selecionar um caso típico e representativo de cada sistema de integração identificado: ILPF, IPF e ILP (Godoy, 2006). Na Figura 2, estão destacados os três clusters onde se localizam os três casos selecionados: caso 1 na região geográfica imediata de Jaú, e; casos 2 e 3 na região geográfica imediata de Presidente Prudente.

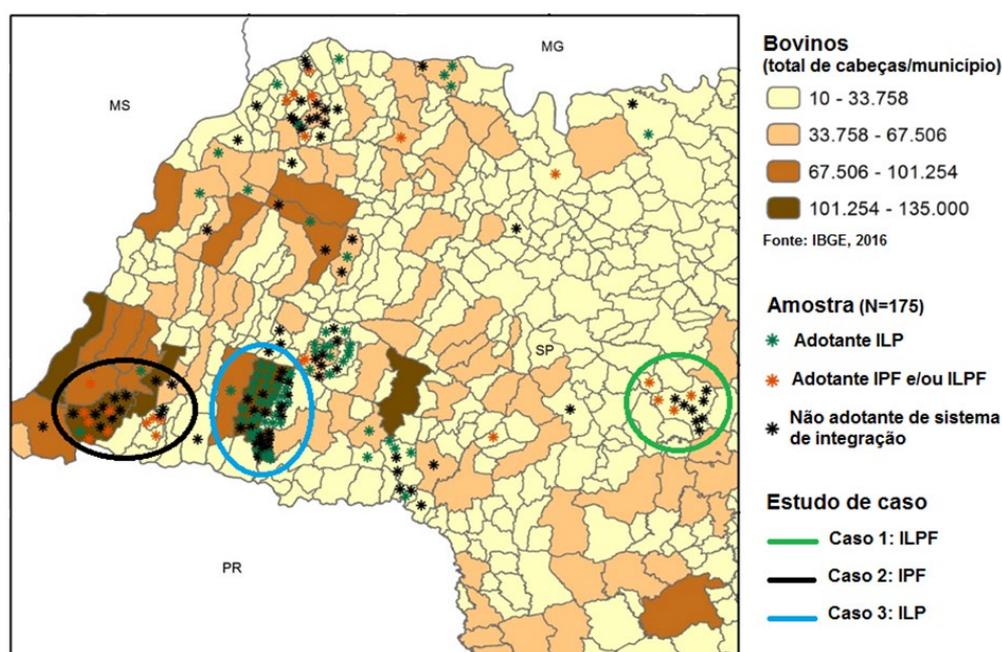


Figura 2. Localização dos casos do estudo. Fonte: adaptado de Vinholis et al. (2020).

Os produtores pioneiros foram investigados com maior profundidade por meio de entrevistas adicionais com a aplicação de questionário semiestruturado. A combinação da aplicação de um questionário estruturado e outro semiestruturado permitiu a obtenção de informações sobre: (i) características pessoais e comportamentais dos produtores pioneiros; (ii) características sociais; (iii) características da propriedade rural e do arranjo de integração adotado; e (iv) características organizacionais e institucionais. Neste estudo, as instituições intermediárias da inovação são organizações ou agentes que atuam entre produtores rurais e outras organizações prestando serviços intermediários identificáveis, conforme estabelecido por Howells (2006).

Além das entrevistas com os produtores pioneiros, foram conduzidas entrevistas com agentes intermediários do sistema de inovação: serviço de extensão rural, cooperativa, associação de produtores rurais, corretora de seguro rural e instituto de pesquisa e desenvolvimento. Estas entrevistas contribuíram para o entendimento das relações e interações entre os agentes do sistema de inovação. A Tabela 1 resume as variáveis tratadas nos estudos de caso e discutidas na próxima seção.

Tabela 1. Descrição das variáveis do estudo multicase para identificar as características dos adotantes pioneiros*.

Fator	Variável	Descrição
Identificação e característica do primeiro adotante		
Identificação do adotante	Região geográfica**	Região geográfica imediata em que é o primeiro adotante
	Ano adoção	Ano em que iniciou a implantação do sistema ILPF
	Objetivo	Principal objetivo para adoção do sistema de integração
Liderança de opinião	Liderança	Número de outros produtores na região que citaram o adotante pioneiro como importante na decisão de adoção
Identificação do sistema de integração	Sistema ILPF	Descrição do sistema ILPF adotado
Fatores biofísicos		
Solo	Textura	Textura do solo predominante na propriedade rural (arenosa/média/argilosa)
	Declividade	Declividade do solo predominante na propriedade rural (plano 0-3%/suave ondulado 3-8%/ondulado 8-20%)
Fatores socioeconômicos		
Disponibilidade de recursos físicos	Área	Área produtiva da propriedade rural (hectares)
	Máquinas	Número de tratores e potência do maior trator disponível da propriedade rural (CV)
	MO	Número de funcionários contratados
Disponibilidade de recursos financeiros	Receita	Receita agropecuária anual (R\$) / hectare de área produtiva
	Renda agropecuária	Percentual da renda resultante da agropecuária
Capacidade analítica	Idade	Idade
	Educação	Nível de escolaridade e área de formação
	Experiência	Anos de experiência
Competência técnica	Capacidade técnica	Somatório da adoção de práticas de produção complementares por sistema de integração: (i) para ILP: análise de solo; plantio direto; rotação leguminosa/forrageira; pastejo rotacionado; suplementação alimentar na seca; (ii) para IPF: pastejo rotacionado; suplementação alimentar na seca; análise do solo e adubação de pasto; desrama das árvores; desbaste das árvores; (iii) para ILPF: análise de solo; plantio direto; rotação leguminosa/forrageira; pastejo rotacionado; suplementação alimentar na seca; desrama das árvores; desbaste das árvores. A capacidade técnica é avaliada por meio da divisão do número de práticas complementares adotadas pelo total de práticas para cada sistema de integração. A capacidade pode variar entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1, maior a capacidade técnica da propriedade rural. A escala qualitativa segue: resultado entre zero e 0,20 – capacidade muito baixa; entre 0,21 e 0,40 – capacidade baixa; entre 0,41 e 0,60 – capacidade média; entre 0,61 e 0,80 – capacidade alta; entre 0,81 e um – capacidade muito alta.
Competência de gestão	Capacidade de gestão	Somatório da adoção de cinco práticas de gestão: (i) registro e controle de indicadores zootécnicos; (ii) registro e controle de indicadores financeiros; (iii) elaboração de planejamento anual da produção; (iv) capacitação regular dos funcionários em cursos e palestras e (v) acesso à internet para acompanhar informações técnicas e de mercado. O índice pode assumir valores entre 0 e 5 e, quanto mais próximo de 5, maior o nível gerencial da propriedade rural. Utiliza-se a seguinte escala para capacidade de gestão: não adota nenhuma prática ou apenas uma (0 ou 1) – muito baixa capacidade de gestão; adota pelo menos duas práticas – baixa capacidade; adota pelo menos três práticas – média capacidade; adota quatro práticas – alta capacidade; e; adota todas as práticas – muito alta capacidade de gestão.
Tolerância ao risco Capacidade de comunicação Curiosidade	Capacidade de inovação	Somatório do nível de concordância do produtor (em escala <i>likert</i> , em que 1 – discordo totalmente e 5 – concordo totalmente) com 4 afirmativas: (i) “Eu gosto de tentar tecnologias novas na minha propriedade rural”; (ii) “Eu assumo desafios mais frequentemente do que outros produtores rurais”; (iii) “Eu gosto de discutir abertamente minhas experiências com outros produtores”; (iv) “Sou um produtor inovador”. O índice pode assumir valores entre 5 e 20, sendo que, quanto mais próximo de 20, maior o nível de capacidade de inovação do produtor. Utiliza-se a seguinte escala para capacidade de inovação: valores entre 5 e 8 – muito baixa capacidade de inovação; 9 e 11 – baixa capacidade; 12 e 14 – média capacidade; 15 e 17 – alta capacidade; e 18 e 20 – muito alta capacidade de inovação.
Fatores institucional e organizacional		
Redes de relacionamento	Rede formal	Participação em associação de produtores rurais (Número de associações em que participa)
	Rede virtual	Participação em redes virtuais voltadas para questões agropecuárias (Número de grupos em que participa)
	Rede P&D&I	Parceria com instituições formais em pesquisa, desenvolvimento e inovação
Disponibilidade de crédito rural	Crédito	Acesso ao crédito rural

Tabela 1. Continuação...

Fator	Variável	Descrição
Disponibilidade de seguro rural	Seguro	Uso de seguro rural
Disponibilidade de técnicos da extensão rural	Técnico	Número de visitas da assistência técnica/ano
Disponibilidade de mercado	Comercialização	Estrutura de governança para a comercialização da produção
Disponibilidade de insumos	Insumos	Estrutura de governança para a compra de insumos
Indicador de desempenho		
Indicador de desempenho	Lotação animal	UA/hectare***
	Diversificação	Índice de diversificação da produção
	VL Produção	Valor da produção (R\$) /hectare de área produtiva****

Nota. * O instrumento de coleta de informações foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, São Carlos, SP (CAAE: 55023216.2.0000.5504). ** Adotou-se a terminologia revisada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Desde 2017, o recorte geográfico de microrregião foi alterado para Região geográfica imediata. *** UA = unidade animal, sendo que 1UA = 450kg de peso vivo. **** Inclui o valor anual das árvores plantadas. Este valor foi calculado a partir da estimativa de produção de madeira, calculada com o diâmetro à altura do peito (DAP) e idade das árvores. Fonte: elaborado pelos autores com base no referencial teórico.

4. Resultados

4.1. Descrição dos casos de adotantes pioneiros

A Tabela 2 apresenta as principais características dos produtores pioneiros na adoção de sistemas de integração, bem como de suas propriedades rurais e ambiente institucional. Esta seção apresenta uma análise detalhada de cada produtor/propriedade, com ênfase na interação dos fatores condicionantes da adoção e o ambiente institucional.

Tabela 2. Características dos produtores pioneiros, de suas propriedades rurais e ambiente institucional no estado de São Paulo, Brasil.

Variável	Produtor 1	Produtor 2	Produtor 3
Identificação e característica do adotante pioneiro			
Região geográfica	Jaú	Presidente Prudente	Presidente Prudente
Ano adoção	2011	2006	1998
Objetivo	Diversificar renda	Diversificar renda	Aumentar produtividade da terra
Liderança	4	8	25
Sistema ILPF	ILPF	IPF	ILP
Fatores biofísicos da propriedade rural			
Textura	Arenosa	Média	Arenosa
Declividade	Ondulado	Plano	Suave ondulado
Fatores socioeconômicos			
Área	76,18	290	847
Máquinas	2: 75	0	6: 340
MO	7	1	4
Receita	5.823,00	2.252,00	6.040,00
Renda agropecuária	95%	70%	99%
Idade	45	57	61
Educação	Superior: Agronomia	Ensino médio	Superior: Agronomia
Experiência	16	39	31
Capacidade técnica	6/7 (muito alta)	3/5 (média)	4/5 (alta)
Capacidade de gestão	5 (muito alta)	5 (muito alta)	4 (alta)
Capacidade de inovação	17 (alta)	17 (alta)	16 (alta)

Tabela 2. Continuação...

Variável	Produtor 1	Produtor 2	Produtor 3
Fatores institucional e organizacional			
Rede formal	3	1	3
Rede virtual	2	1	0
Rede P&D&I	Embrapa, Rede de Fomento, universidade	-	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)
Crédito	Sim (ABC e Custeio)	Sim (Custeio e Investimento)	Sim (ABC, Custeio e Investimento)
Seguro	Banco	Banco	Banco e Corretora
Técnico	6	8	4
Comercialização	Verticalização	Spot	Spot (70%) e Contrato a termo (30%)
Insumos	Spot	Spot	CPR
Indicador de desempenho			
Lotação animal*	2,36	1,0	3,0
Diversificação	0,732	0,152	0,5
VL Produção	6.908,00	2.440,00	6.040,00

Nota. * Lotação animal média do Estado de São Paulo é 1,09 UA/ha (LUPA/IEA, 2008). Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

4.1. Produtor 1

A fazenda do produtor 1 está localizada na região central do estado de São Paulo. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) foi adotado em 2011 com a motivação principal de diversificar a receita da produção rural.² A característica de curiosidade e busca constante por conhecimento e inovações levou o produtor 1 a estabelecer parcerias de colaboração com instituição de pesquisa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa) e universidade (Universidade de São Paulo, USP).

O centro de pesquisa voltado para a pecuária bovina de corte e leite da Embrapa, localizado a 70 km do produtor 1, é um dos parceiros na Rede de fomento e aceleração da adoção dos sistemas de integração ILPF.³ Nesta parceria, o estabelecimento rural do produtor 1 tornou-se uma das URT da Rede. O conhecimento em ILPF é aprimorado em conjunto com o produtor por meio da adaptação do conceito em sistemas de integração para a condição local e objetivo do produtor. Para isso, o produtor 1 é assistido por profissionais de pesquisa e desenvolvimento e parceiros da Rede.

Outra oportunidade de ampliar a experiência e aprofundar o conhecimento em sistemas de integração foi a parceria estabelecida com a universidade. Neste trabalho, foram implantadas diferentes espécies de eucalipto em sistemas ILPF com o objetivo de avaliar as mais adaptadas às condições climáticas da região e ao sistema. A parceria com as instituições intermediárias da inovação que compõem a rede de P&D&I (Embrapa, Rede de Fomento e universidade) teve forte influência no processo de adoção do sistema de integração pelo produtor 1. Observou-se que o acesso aos serviços de pesquisa e extensão rural foi fundamental para determinar a adoção do sistema ILPF pelo produtor 1. Esse resultado corrobora os achados de outros estudos que evidenciaram que o acesso aos serviços de pesquisa e extensão rural afeta significativamente a adoção de práticas agrícolas sustentáveis

² A diferença entre o ano de adoção do produtor 1 em relação aos demais produtores é explicada pelo fato de que o produtor 1 está em uma região menos tradicional na produção pecuária, cuja difusão de sistemas de integração foi mais tardia.

³ Esta rede foi criada em 2012, por meio de uma parceria formalizada entre empresas do setor público e privado, para a transferência de tecnologia e a capacitação da assistência técnica e da comunicação em sistemas ILPF. A rede conta com 107 Unidades de Referência Tecnológicas (URT) em sistemas ILPF distribuídas em todos os biomas brasileiros.

(Liu et al., 2019) e, particularmente, a adoção de sistemas de integração com componente florestal (Dhakal et al., 2015).

A experiência adquirida no processo de adoção do sistema de integração capacitou o produtor 1 para influenciar um conjunto de produtores de sua região geográfica. O produtor 1 o faz por meio do compartilhamento de informações sobre o sistema na associação de produtores rurais local, em dias de campo que ocorrem em sua propriedade rural, exposição na mídia e relatos de sua experiência por meio de palestras em eventos técnicos. Além disso, esse produtor tem se especializado em consultorias técnicas e elaboração de projetos de implantação de sistemas de integração. Essas ações refletem a característica de liderança do produtor 1. Os demais adotantes que citaram o produtor 1 como referência para a decisão de adoção, atribuem a ele característica inovadora e pioneira na adoção dos sistemas ILPF, bem como ampla experiência das práticas de manejo em sistemas de integração. Por se tratar de um novo conceito de produção, mais complexo por envolver a interação dos componentes arbóreo, agrícola e pecuário, a experiência e o conhecimento adquirido por meio dos erros e acertos na implantação e manejo do sistema conferiram segurança e confiabilidade ao produtor 1. Esta característica é reconhecida e valorizada pelos demais adotantes e está associada à elevada capacidade de inovação, técnica e de gestão do produtor 1.

Dentre as práticas agropecuárias avaliadas para o sistema ILPF, o produtor 1 realiza todas, com exceção da rotação regular leguminosa/forageira. A análise do solo com frequência definida dá suporte à recomendação anual de adubação para a lavoura e gera benefícios residuais para o componente florestal e forrageiro. O plantio direto contribui para a melhoria da qualidade do solo. O manejo correto da pastagem e nutrição animal permite explorar de forma adequada a capacidade de lotação da pastagem. O manejo das árvores com a prática de desrama e desbaste garante a luminosidade adequada no sistema e boa produção de forragem. É importante salientar que a adoção conjunta destas práticas tem efeito sinérgico positivo no sistema, refletido em um indicador de taxa de lotação bastante superior à média da região (2,36 UA/ha). O desempenho superior também é resultado da elevada capacidade de gestão. O produtor 1 usa todas as práticas de gestão investigadas na pesquisa.

Da área total em produção de 76,18 ha na propriedade do produtor 1, 48,3 ha estão em sistema de integração. De forma estática e considerando a média dos últimos quatro anos, pode-se dividir os 48,3 ha em 21,2 ha com pasto para gado de corte, 18,9 ha com milho e 8,2 ha com eucalipto.⁴ A rotação principal da pastagem e a produção de milho na safra principal (safra de verão) ocorre entre as faixas de linhas múltiplas de árvores de eucalipto. O produtor 1 implantou o sistema de integração de forma escalonada no tempo, a fim de testar o uso de linhas simples, duplas e triplas de árvores no renque e identificar o arranjo final que melhor se adapta ao seu objetivo. Há circulação dos animais entre as árvores, o que favorece o conforto térmico. Eventualmente o produtor rotaciona a pastagem com uma forrageira leguminosa de inverno, a exemplo do tremoço-branco. O desenho do sistema de integração adotado pelo produtor 1 está resumido na Figura 3. Esta configuração foi adaptada aos fatores biofísicos, socioeconômicos e de mercado local. O solo predominante da propriedade rural é arenoso e ondulado. O sistema ILPF foi uma alternativa para a redução da erosão (Balbino et al., 2011). A gramínea na rotação promove boa cobertura do solo e as árvores foram inseridas no desenho das curvas de nível. Esta condição reduz a velocidade da água da chuva na superfície do solo e aumenta a capacidade de infiltração no solo. A composição química e a estrutura física do solo foram beneficiadas pela cobertura vegetal promovida pela gramínea em rotação e as folhas das árvores (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2015).

⁴ Esta configuração pode variar a cada ano safra, visto que as áreas de lavoura de milho e pasto com pecuária estão sempre em rotação.

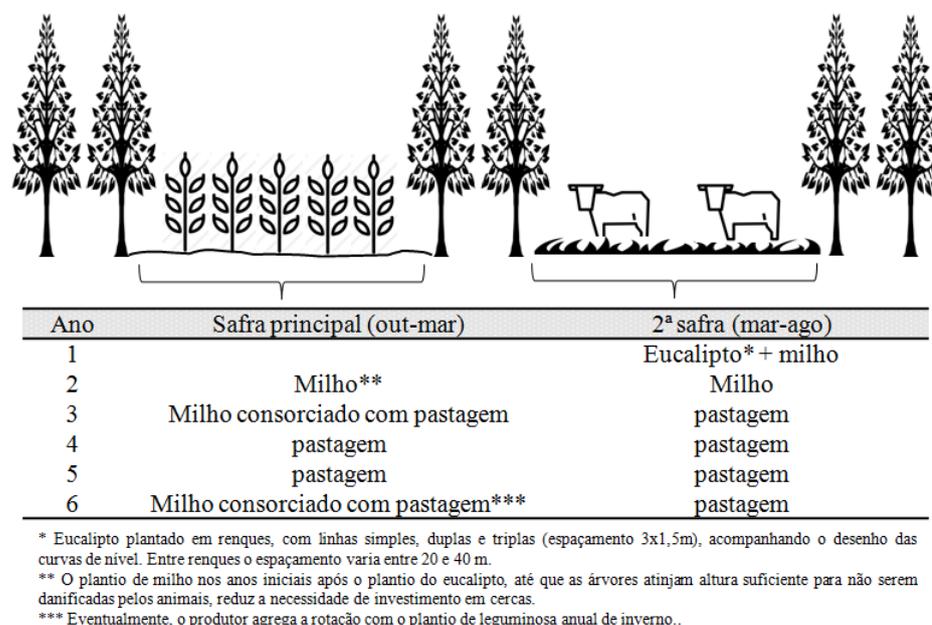


Figura 3. Sistema de integração ILPF – produtor 1. Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A rotação da forrageira com a produção de milho para alimentação do gado (silagem) e produção de fubá foi uma alternativa para a pequena escala e a estrutura de máquinas disponível menos robusta. A propriedade do produtor 1 está localizada em região de turismo rural e próxima de outros centros urbanos. Este entorno associado à elevada capacidade de inovação propiciou o aproveitamento de subproduto do eucalipto, a verticalização da produção e agregação de valor aos produtos agropecuários. A desrama do eucalipto gerou um volume significativo de galhos de pequeno diâmetro. Esse material tem baixo valor comercial, mas o produtor 1 identificou um nicho de mercado local para esse subproduto: o corte em tamanhos padronizados e embalados em feixes passaram a ser entregues para lenha em pizzarias da região. O valor agregado ao produto incentivou o plantio de uma área pequena de eucalipto adensado para o atendimento regular desse mercado. A possibilidade de encurtamento da cadeia produtiva, ou seja, a comercialização direta ao consumidor levou à criação de uma marca própria. A marca foi desenvolvida considerando o aspecto ecológico promovido pelo sistema de integração, bem como a valorização da produção local do pequeno produtor. Agregou-se ao portfólio de produtos comercializados com marca própria diretamente ao consumidor, o fubá resultante da produção do milho do sistema ILPF.

O produtor 1 desenvolveu um site na internet para a divulgação de sua marca, de seus produtos e do sistema de produção integrado. A quantidade da mão de obra do produtor 1 é elevada em função da produção artesanal dos produtos e a necessidade de distribuição local da produção. O resultado da maior diversificação da produção associada à verticalização e agregação de valor por meio da marca própria é refletido na receita por hectare mais elevada (R\$ 5.823,00) e no valor da produção por hectare (R\$6.908,00).

O uso de recursos de tecnologia da informação para divulgação de produtos na internet e acesso à informação está associado ao perfil jovem do produtor 1. Além da parceria com a rede de P&D&I, o produtor 1 participa ativamente de redes virtuais em dispositivo móvel para troca de informações agropecuárias em tempo real e com capilaridade em todo o território nacional. Nessas redes, ele tem acesso a novidades, divulga seu trabalho, encontra soluções para imprevistos e dúvidas diárias da atividade agropecuária, atualiza sobre informações econômicas e eventos técnicos do setor e amplia a rede de relacionamentos. Trata-se de uma rede informalmente organizada que segue regras específicas de conduta e mediação definidas pelos participantes na criação dos grupos.

Outra fonte de informação importante é por meio da rede formal da qual o produtor 1 participa: associação de produtores rurais; sindicato rural e cooperativa agrícola. Além da troca de informações, estas instituições intermediárias de apoio à inovação possibilitam a participação em cursos e a comercialização conjunta de produtos agropecuários. A associação de pequenos produtores rurais é um caminho para ampliar a gama de produtos vendidos e para a diluição dos custos de distribuição. Em função da diversificação elevada alcançada pelo produtor 1, resultante das possibilidades criadas pela adoção do sistema de integração, a venda por meio da associação é mais um canal de comercialização para o produtor rural que trabalha em pequena escala. O sindicato rural oferta cursos de curta duração para a capacitação de pequenos produtores rurais. A cooperativa agropecuária, na região do produtor 1, atua prioritariamente na venda de insumos agrícolas em condições mais favoráveis, decorrente do maior poder de barganha para a negociação com a indústria de insumos. Conforme exposto, a participação em ações coletivas foi fundamental tanto para a adoção, como também para potencializar os benefícios do sistema ILPF na fazenda do produtor 1. Outros estudos mostram que tanto a participação dos produtores rurais em agrupamentos formalmente organizados, a exemplo de cooperativas, associações e sindicatos rurais (Abebaw & Haile, 2013; Manda et al., 2020), como em redes de relacionamentos informalmente organizadas por meio de tecnologia da informação ou presenciais (Souza Filho et al., 2011), influenciam positivamente a adoção de tecnologias agrícolas.

O acesso a linha de financiamento específica para a adoção das tecnologias mitigadoras de GEE foi determinante para que o produtor 1 implantasse o sistema de integração com árvores. O produtor 1 depende quase totalmente da receita agropecuária (95%). O recurso acessado do crédito rural foi importante para capitalizar a propriedade após um ano em que obteve prejuízo com a comercialização de laranja. Esta linha possibilita uma carência de até 5 anos e prazo total de até 10 anos para a quitação e condições de taxas de juros atrativas e subsidiadas (Banco Nacional do Desenvolvimento, 2018). O acesso à linha convencional de custeio agrícola também é usado nas atividades agrícolas anuais da propriedade rural, a exemplo do plantio de milho. De fato, Jara-Rojas et al. (2020) identificaram que o acesso ao crédito rural é um fator relevante para a decisão de adoção de sistemas silvipastoris. A contratação do seguro rural é uma das condições para o acesso ao crédito rural. A orientação técnica é contratada de instituições do setor privado especializadas na orientação técnica veterinária para situações específicas com o manejo do gado. O produtor 1 tem formação superior em agronomia. A orientação técnica em procedimentos veterinários é complementada por meio da contratação deste tipo de serviço. Na região do produtor 1 há carência de serviço público gratuito para orientação técnica.

Em resumo, a rede de relacionamentos e parceria com centros de pesquisa e ensino, associada à capacidade de inovação e apoio de intermediários da inovação como o crédito rural, foram determinantes para o processo de adoção do conceito de sistema de integração. O conceito foi adaptado para as condições biofísicas da propriedade rural e objetivo do produtor 1. A experiência adquirida neste processo, bem como a adoção conjunta de práticas agrícolas e de gestão (refletidas na elevada capacidade técnica e de gestão), resultou em indicadores de desempenho pecuário e financeiro positivos e foi reconhecida pelos pares. A liderança foi verificada por meio da replicação do sistema de integração em outros produtores de sua região. A adoção dos sistemas de integração resultou em diversificação da produção e oportunidade de verticalização e agregação de valor por meio da marca própria.

4.2. Produtor 2

A fazenda do produtor 2 está localizada na região oeste do estado de São Paulo. O histórico familiar do produtor 2 remete à atividade agropecuária e ele tem longa experiência com a atividade agrícola. Em função da estreita rentabilidade da atividade pecuária, o produtor 2 buscava uma alternativa que permitisse a diversificação e aumento da receita agropecuária, sem que tivesse que deixar sua atividade profissional de gestor de

propriedades rurais de uma empresa agropecuária terceira. Conforme apontado por Balbino et al. (2011), o sistema de integração é uma alternativa para a diversificação das atividades comerciais da propriedade rural, o que confere redução de risco ao produtor.

O produtor 2 é interessado por novidades e busca constantemente se atualizar. Em palestra técnica promovida por cooperativa agrícola da região e estudos técnico-científicos, tomou conhecimento do sistema de integração. O arranjo de integração pecuária-floresta (IPF), adotado em 2006, possibilitou conciliar seu objetivo à sua disponibilidade de tempo e experiência. O produtor não incorporou nenhum tipo de lavoura em seu sistema, em decorrência do alto risco e da necessidade de elevado investimento em máquinas e implementos agrícolas.

A região do produtor 2 é carente de técnicos da extensão rural com experiência prática em sistemas de integração. Sem contar com orientação técnica especializada, o produtor 2 dividiu a área de pastagem em glebas e implantou o sistema de integração paulatinamente, a fim de testar diferentes espaçamentos entre renques de árvores e de linhas nos renques de árvores. Esta experimentação permitiu a adequação do sistema à condição climática da região e ao seu objetivo. Esta condição está associada à sua elevada capacidade de inovação, com facilidade de comunicação, curiosidade para o novo e disponibilidade de outra fonte de renda que possibilitasse testar e adequar o novo conceito de produção integrada. O sistema IPF é menos susceptível aos efeitos de economias de escala. Esta condição possibilita a implantação do sistema escalonada no tempo (Vinholis et al., 2020). Esta vantagem do sistema IPF contribuiu para o produtor 2 suplantar a dificuldade inicial de carência de técnicos com experiência no sistema. Após anos de experiência adquirida, o produtor 2 influenciou a decisão de adoção do sistema IPF em pelo menos outras 8 propriedades rurais de sua região.

O produtor 2 tem participação ativa no sindicato rural local, o que permitiu a construção de uma rede de relacionamento ampla. A capacidade de comunicação interpessoal e a credibilidade entre os produtores rurais e técnicos que frequentam o sindicato rural possibilitou a expansão da adoção do sistema IPF na região. Inclusive, o produtor 2 implantou o sistema IPF nas propriedades rurais da empresa terceira que administra, após testar e adequar o sistema no seu estabelecimento rural. Sua propriedade rural apresenta solo com predomínio de textura média, topografia mais plana e sem sinais de erosão. Estas características biofísicas do solo favorecem a implantação do sistema de integração. A adoção do sistema IPF não implicou investimento em máquinas e equipamentos agrícolas, nem tampouco na contratação de mão de obra. O arranjo do sistema de integração escolhido não prevê a implantação de lavouras temporárias, as quais demandam maior efetivo e outro perfil de mão de obra e capital. O sistema foi implantado com a infraestrutura existente na propriedade. Serviços pontuais, a exemplo do plantio das árvores, foram realizados por meio da contratação de serviço terceirizado e mão de obra temporária.

O produtor 2 tem elevada capacidade de gestão, utilizando práticas de registro e controle financeiro e zootécnico da atividade agropecuária, planejamento da produção, capacitação de funcionários e uso da rede de internet para informação agropecuária que auxilia na tomada de decisão. No entanto, a ausência de orientação técnica especializada está associada à capacidade técnica intermediária. Este resultado refere-se, particularmente, à ausência de práticas de manejo do componente arbóreo, como a desrama e o desbaste das árvores. O desempenho do sistema é resultante das interações dos seus componentes e da complementaridade entre as práticas de manejo do sistema. Observou-se que a taxa de lotação animal manteve-se constante ao período anterior da adoção (1UA/ha, equivalente a 1,5 cab/ha, similar à média da sua região 1,24 cab/ha e à do estado de São Paulo 1,09 UA/ha, LUPA, 2008), tendo como benefício do sistema a receita adicional promovida pela venda de produtos florestais. De fato, outro estudo aponta que o acesso limitado aos serviços de extensão rural e às informações sobre as práticas de produção em sistemas integrados é uma barreira para alcançar a plenitude dos benefícios de sistemas agroflorestais (David et al., 2017). Estudos conduzidos no Brasil mostram que a ausência do manejo do componente arbóreo pode comprometer a produção de forragem em sistemas de integração. Pezzopane et al. (2020a) verificaram que, a partir de 35% de sombreamento das árvores, já se

verifica redução da produção de pastagem e, como consequência, redução na capacidade de lotação animal. No entanto, a prática de desbaste das árvores pode reverter essa situação (Pezzopane et al., 2020b), ressaltando a importância da orientação técnica em práticas de manejo em sistemas de integração.

O produtor 2 não acessou o crédito rural específico para sistemas de interação por desconhecer as condições desta linha de financiamento e por falta de técnicos experientes para a elaboração de projeto em sistemas de integração. No entanto, o produtor 2 acessou as linhas regulares para investimento e implantação do eucalipto na safra 2008/09 e custeio da atividade agrícola. Nos demais anos, a implantação escalonada das árvores ocorreu com recursos próprios. O fato de ser menos dependente da renda agropecuária (30% da renda familiar é resultante de outra atividade profissional) e ter a possibilidade de implantação escalonada do sistema IPF colaborou na decisão de adoção do sistema. De uma área total de produção de 290ha, 121ha são arrendados para terceiros para a produção de cana-de-açúcar. Os 169ha restantes estão com pastagem, sendo que destes, 36ha têm implantado o sistema IPF. Respectivamente, 21% da área total de pastagem. Ainda que a introdução das árvores nas áreas de pastagens tenha possibilitado aumento da diversificação da produção, uma vez que anteriormente o produtor trabalhava exclusivamente com a produção pecuária, esta é menor que nos demais casos do estudo. A comercialização na compra de insumos e venda dos produtos agropecuários (madeira e boi) são feitos no mercado spot, sem fidelização na transação.

O benefício resultante da introdução das árvores nas áreas de pastagem refere-se ao conforto térmico dos animais e à renda adicional proporcionada pelo eucalipto, sem alterar a taxa de lotação animal praticada anteriormente. A receita do corte de eucalipto na safra 2015/16 representou 20% da receita total da propriedade rural. O restante da receita foi obtido com a venda de animais para frigoríficos (48%) e o arrendamento de terra para usina sucroalcooleira (32%).

De forma resumida, as instituições intermediárias, como cooperativa e sindicato rural, foram essenciais para o acesso à informação sobre a tecnologia e sua difusão regional. A flexibilidade conferida pela renda externa e a possibilidade de implantação escalonada de um sistema de integração com menor risco e sem a necessidade de investimento em estrutura de máquinas e mão de obra adequaram ao objetivo do produtor 2. A ausência de orientação técnica com experiência prática em sistemas de integração implica na falta de práticas de manejo que podem interferir no desempenho do sistema abaixo do potencial máximo. Da mesma forma, a ausência de informação sobre as linhas específicas de financiamento pode limitar a adoção.

4.3. Produtor 3

O produtor 3 adotou o sistema de integração lavoura-pecuária (iLP) em 1998 com motivações de recuperar e aumentar a produtividade do solo. Suas áreas de soja estavam com erosão em decorrência da prática de plantio convencional em solo arenoso. A adoção de sistema de integração lavoura-pecuária com rotação de soja na safra principal e pastagem na segunda safra permitiu o controle da erosão, a redução de plantas invasoras e a prática de plantio direto. O sistema radicular mais profundo e a cobertura vegetal promovida pela forrageira aumentaram a capacidade de retenção de água no sistema e reduziram o risco de perda da soja por veranico. O produtor 3 foi influenciado, principalmente, pela troca de informações com produtores rurais no Mato Grosso do Sul. Aqueles produtores, que por ocasião da adoção realizavam experimentos iniciais com sistemas de integração lavoura-pecuária, relataram benefícios de recuperação e aumento na produtividade do solo, o que foi determinante para a decisão do produtor. Os benefícios dos sistemas ILP observados pelo produtor 3 são relatados em outros estudos (Alves et al., 2017; Lemaire et al., 2014; Moraes et al., 2014).

É importante destacar que o produtor 3 tem ampla experiência na atividade agrícola e formação acadêmica superior na área de ciências agrárias (agronomia). Ele trabalhou como

técnico do serviço de extensão rural de uma unidade governamental de assistência técnica e extensão rural, o que facilitou o acesso a informações sobre novas tecnologias. A rede de relacionamentos construída por meio da participação ativa em sindicato rural, cooperativa agropecuária e associação de produtores rurais é outra fonte para troca de informações técnicas. Outros estudos sobre a adoção de sistemas ILP demonstram a importância do acesso à informação por meio de serviços de extensão rural tanto no Brasil (Gil et al., 2016) como em países do continente africano (Ayantunde et al., 2020; Mekuria & Mekonnen, 2018). Asai et al. (2018) ressaltam o papel fundamental das redes de relacionamentos na redução dos custos de coleta de informações e tomada de decisões para a adoção de sistemas ILP nos EUA, Holanda, França e Japão. Além do compartilhamento de experiências, estas instituições intermediárias de apoio à inovação contribuem para: a compra conjunta de insumos; financiamento por meio da emissão da Cédula de Produto Rural (CPR); investimento conjunto em estrutura física para recebimento, armazenamento e comercialização dos grãos; orientação técnica, dias de campo e palestras. O perfil altamente técnico e o reconhecimento profissional entre os produtores da região o capacitaram para influenciar na adoção de sistemas integração por outros produtores.

A propriedade rural do produtor 3 está localizada em uma região tradicional de produção pecuária e solo com textura predominantemente arenosa. Na época da adoção do sistema de ILP, o plantio de soja era realizado em solos argilosos e com alta fertilidade. Essas características limitavam a perspectiva de plantio de soja naquela região. O produtor 3 foi pioneiro e inovou ao adaptar o sistema de produção que rotaciona o plantio de soja na safra de verão e o pasto no inverno em solos arenosos de sua região. O produtor continuou inovando em aspectos do manejo do sistema de integração, a exemplo do manejo prévio de pastos degradados para o plantio direto da soja na implantação de novas áreas de sistemas de integração. Esta característica é refletida na elevada capacidade de inovação do produtor 3 e nos relatos e citações dos demais produtores adotantes. Pelo menos 25 produtores rurais mencionaram o produtor 3 como referência na decisão de adoção de sistemas ILP e no modelo de rotação adotado para a região geográfica de Presidente Prudente⁵.

Para viabilizar a grande produção de grãos no sistema de integração, o produtor investiu elevado volume de capital na aquisição de tratores de alta potência e outros implementos (plantadeira e colheitadeira de grãos). Entre os anos safra 2013/14, 2014/15 e 2015/16, o produtor acessou recursos do programa ABC para investir no sistema de integração, além de recursos das linhas convencionais para investimento e custeio. Estes recursos foram importantes para modernizar a estrutura de produção e alavancar a produção de soja e de animais. O custeio agrícola destina-se à aquisição de insumos e realização dos tratamentos culturais da lavoura da soja. No entanto, o crédito não cobre todas as despesas da safra. Parte dos insumos é adquirida por meio da emissão da CPR, para pagamento futuro por meio da entrega da soja no final da safra. De fato, o acesso ao crédito subsidiado ou outras fontes de financiamento é de grande relevância para suplantarem barreiras financeiras para a adoção de sistemas ILP no Brasil (Carrer et al., 2020) e Ghana (Asante et al., 2018).

O acesso ao crédito rural está vinculado ao contrato de seguro rural. De forma geral, os produtores tomam esse contrato nas condições ofertadas pelas instituições financeiras onde tomaram o crédito. A região do produtor 3 é dinâmica na oferta de serviços de apoio à inovação por meio de outras instituições intermediárias. Há na região um mercado crescente para a contratação de seguro rural por meio de corretores independentes que ofertam um atendimento personalizado e condições mais atrativas e adaptadas ao perfil do produtor rural. O produtor 3 faz uso deste serviço. A importância destas instituições de apoio à inovação é ressaltada por Vinholis et al. (2021).

O total da área de produção no estado de São Paulo (847ha) está em sistema ILP, conforme o arranjo ilustrado na Figura 4.

⁵ Nesta região geográfica, 61% dos sistemas ILP amostrados seguem o arranjo do produtor 3 (Figura 4).

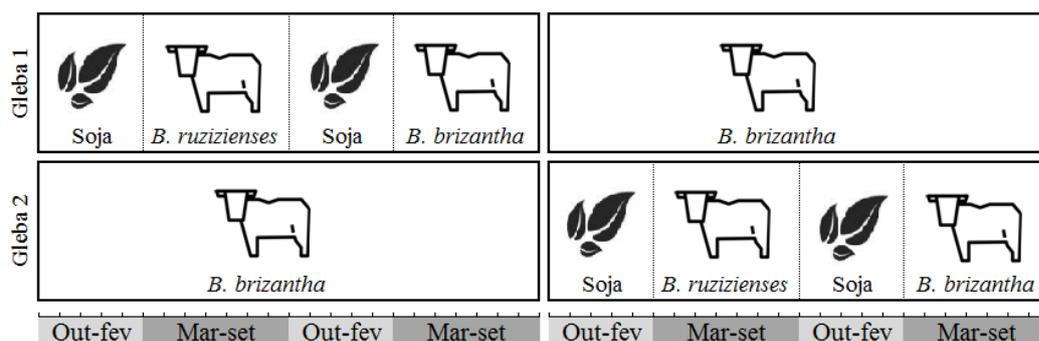


Figura 4. Sistema de integração ILP – produtor 3. Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Este desenho do sistema de integração viabilizou a produção de soja na região e com isso aumentou a diversificação da produção, promoveu o aumento da taxa de lotação animal por área de pastagem e proporcionou a elevação da receita total da propriedade. Na safra 2015/16, a venda de animais para frigoríficos contribuiu com 60% da receita e a comercialização da soja para agroindústria processadora, com 40%. A fim de reduzir o risco de variações de preço da soja e garantir o pagamento de despesas da safra, o produtor 3 comercializa parte da safra no mercado spot (70%) e parte por meio de contrato a termo no início da safra (30%). Vale ressaltar que o produtor 3 é altamente dependente da renda agropecuária (99% da renda familiar é resultante da produção agropecuária) e a atividade agrícola anual implica risco maior do que a produção pecuária solteira. Após a implantação do sistema de integração, a produção pecuária do produtor 3 alcançou uma taxa de lotação animal média de 3UA/ha de pastagens, sendo 3,72UA/ha no pasto renovado de primeiro ano e 2,27UA/ha no pasto de segundo ano. Este valor é bastante superior à média do estado (1,09UA/ha). O resultado positivo estimulou a expansão do sistema de integração por meio do arrendamento de terras (1.089ha) em outros estados brasileiros, totalizando a gestão de 1.936ha na safra 2015/16.

Este desempenho é resultado da alta capacidade técnica e gerencial do produtor 3. O produtor promove a rotação leguminosa/forrageira, faz análise de solo com periodicidade definida, usa o plantio direto da soja e o pastejo rotacionado dos animais nas áreas de pastagens. A suplementação é feita apenas com sal mineral, sem incremento de concentrado na época da seca. Nas atividades de gestão, o produtor 3 faz o acompanhamento financeiro e o planejamento da atividade agropecuária, promove a capacitação dos funcionários e usa a internet para obtenção de informação agropecuária técnica e econômica, mas não faz o acompanhamento formal e regular dos parâmetros zootécnicos dos animais.

Em síntese, o contato do produtor 3 com experiências iniciais positivas de produtores de outro estado brasileiro foi essencial para a decisão de adoção. Sua formação técnica e experiência em instituição intermediária para a transferência de tecnologia, além de facilitar o acesso à informação, foram determinantes para a adequação do conceito de sistema ILP para um modelo viável técnica e economicamente para as condições de solo e clima de sua região (arenoso e veranico definido). A dinamicidade regional conferida pelas instituições intermediárias de apoio à transferência de tecnologia, financiamento da produção, mecanismos de gestão de risco e comercialização, é evidente e foi de grande importância para viabilizar a difusão do sistema ILP em uma região tradicional de produção pecuária.

4.2. Síntese e análise conjunta dos casos

O papel das instituições intermediárias da inovação, associado às características individuais e socioeconômicas dos produtores pioneiros, foi determinante para a decisão de adoção da tecnologia, adaptação e difusão em suas regiões (Figura 5).

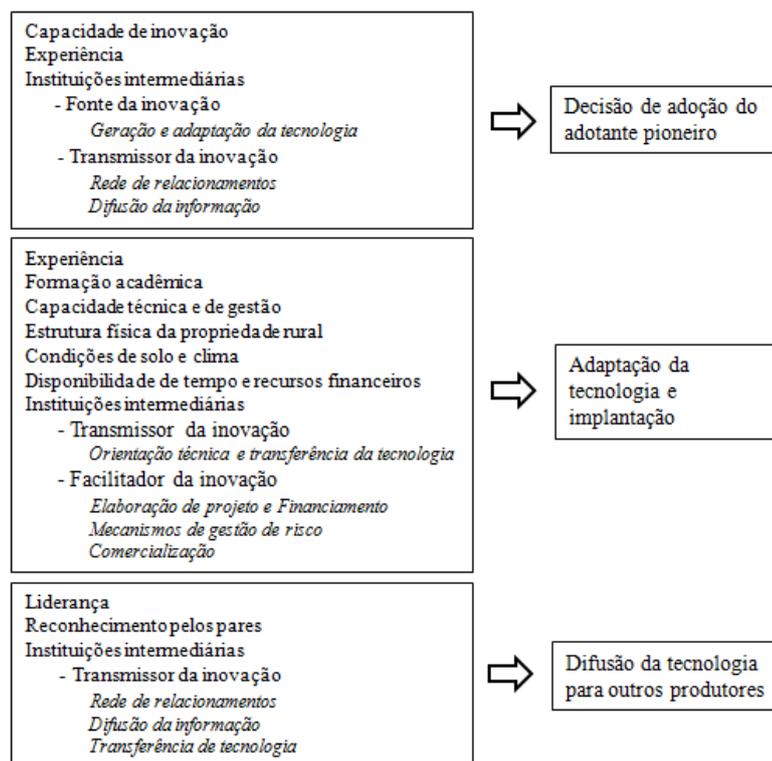


Figura 5. Fatores que influenciam o processo de adoção e difusão de tecnologias agrícolas. Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A decisão de adoção foi influenciada pela elevada capacidade de inovação dos produtores pioneiros, refletida em características individuais de curiosidade para o novo, comunicação interpessoal e tolerância ao risco, e pela experiência na agropecuária para reconhecer o sistema de integração como uma oportunidade viável. Este perfil, em conjunto com o acesso à informação e ao conhecimento promovido por instituições intermediárias da inovação, culminou na decisão de adoção da tecnologia. O produtor 1 tomou conhecimento da tecnologia em parceria estabelecida com instituição de pesquisa e desenvolvimento, o produtor 2 por meio de palestra promovida por cooperativa agropecuária, e o produtor 3 por meio de contato com produtor de outro estado, facilitado pela instituição de transferência de tecnologia em que trabalhava.

A formação acadêmica e o conhecimento acumulado em anos de experiência com atividade agropecuária, juntamente com o apoio das instituições intermediárias da inovação para suporte na orientação técnica, elaboração de projeto e financiamento e mecanismos de gestão de risco, foram essenciais para a implantação e adaptação do sistema de integração, particularmente nos casos envolvendo a rotação com lavoura anual (casos 1 e 3). Os arranjos foram adaptados à estrutura física da propriedade rural, às condições de solo e clima locais e ao objetivo do produtor. A implantação e condução do sistema contaram com a adoção de práticas de manejo complementares que resultaram no desempenho positivo do sistema. Estes fatores estão refletidos na elevada capacidade técnica dos produtores pioneiros 1 e 3. No caso 2, a falta da formação técnica e do apoio institucional para a orientação técnica resultou na ausência de algumas práticas de manejo complementares e no desempenho da produção animal semelhante ao período anterior à adoção do sistema de integração. No entanto, a receita adicional proporcionada pelo componente arbóreo atendeu aos objetivos da adoção para o produtor 2. Os produtores 1 e 3 verificaram aumento no desempenho da produção animal após a adoção do sistema de integração, além de ganhos em conservação do solo refletidos no aumento da produtividade da lavoura anual, redução do risco de perdas de produção por eventos climáticos (veranico), elevação da renda e da diversificação da produção.

As instituições intermediárias, como cooperativas agropecuárias e associação de produtores rurais, além de ações para a difusão da informação, rede de relacionamentos para troca de informações e orientação técnica, desempenham papel relevante no apoio à comercialização dos produtos agropecuários por meio de ações coletivas. Elas promovem a aquisição conjunta de insumos agropecuários e comercialização para o produtor em condições mais atrativas e possibilidade de uso de mecanismos alternativos de financiamento da produção, a exemplo da emissão da CPR. Na venda do produto agropecuário, foram essenciais para o investimento em estrutura de recebimento e armazenamento de grãos e redução do custo de distribuição e vendas, além da promoção do uso de contrato a termo a fim de reduzir risco de variação de preços. Estas ações coletivas aumentam o poder de barganha na negociação com outros agentes da cadeia produtiva. Estes serviços foram usados principalmente nos arranjos em que há o componente agrícola anual, casos 1 e 3.

As funções de apoio das instituições intermediárias descritas anteriormente (difusão da informação, rede de relacionamentos, orientação técnica, transferência e adaptação da tecnologia, elaboração de projeto e financiamento, comercialização e uso de mecanismos de gestão de risco), associadas à liderança, reconhecimento e confiabilidade atribuída por outros produtores rurais aos produtores pioneiros, foram importantes para a difusão da adoção em suas regiões. O contato com produtores adotantes que alcançaram resultados positivos é um importante indutor de novas adoções.

5. Conclusão

O estudo tratou de identificar e analisar os fatores que influenciaram a adoção pioneira de sistemas de integração. Foram investigados três adotantes pioneiros em suas respectivas regiões geográficas. Os resultados sugerem que algumas características do produtor rural, como a experiência na agricultura e a capacidade de inovação, foram relevantes no processo de adoção, enquanto a capacidade técnica e de gestão contribuíram para a adaptação da tecnologia e a liderança e reconhecimento pelos pares impulsionaram a difusão na região. Adicionalmente, revelou-se que instituições intermediárias do sistema de inovação são essenciais tanto na tomada de decisão para a adoção, quanto para a adaptação da tecnologia para seu contexto local. Essas instituições contribuíram para acelerar a difusão entre os demais produtores rurais. Elas desempenharam várias funções: auxiliaram no fluxo de informações, forneceram orientação técnica, apoiaram a comercialização e facilitaram o acesso ao financiamento e aos mecanismos de gestão de risco.

Esses resultados são relevantes para a formulação e adequação de políticas públicas, bem como para o desenho de estratégias de organizações privadas voltadas ao apoio e ao fomento de sistemas de integração. Por exemplo, observou-se relevante a participação dos adotantes pioneiros em redes de relacionamento dedicadas à difusão de informações entre produtores rurais. A partir dessa constatação, podem-se sugerir ações que impulsionem as redes virtuais, dado que elas transmitem informações técnicas e econômicas em tempo real, a um baixo custo e com grande capilaridade nas diferentes regiões brasileiras, atingindo diferentes perfis de produtores. Observou-se também a necessidade de promover novos arranjos institucionais para transmitir orientações técnicas de qualidade e de forma continuada. É importante ressaltar que o estudo foi conduzido em um escopo geográfico restrito e período de tempo específico, o que requer cautela nas generalizações.

Sugere-se que estudos futuros investiguem o papel dos adotantes pioneiros e das instituições intermediárias de inovação na adoção, adaptação e difusão de outras tecnologias e práticas agrícolas, tais como as tecnologias relacionadas com a agricultura 4.0.

Agradecimentos

Esta pesquisa teve apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [processo nº 2015 / 16793-5]. Colaboração de Giovana Maranhão Bettiol na confecção da Figura 2.

Referências

- Abebaw, D., & Haile, M. G. (2013). The impact of cooperatives on agricultural technology adoption: empirical evidence from Ethiopia. *Food Policy*, 38, 82-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.10.003>
- Alves, B. J., Madari, B. E., & Boddey, R. M. (2017). Integrated crop–livestock–forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108(1), 1-4. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-017-9851-0>
- Asai, M., Moraine, M., Ryschawy, J., Wit, J., Hoshide, A. K., & Martin, G. (2018). Critical factors for crop–livestock integration beyond the farm level: A cross-analysis of worldwide case studies. *Land Use Policy*, 73, 184-194. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.010>
- Asante, B. O., Villano, R. A., Patrick, I. W., & Battese, G. E. (2018). Determinants of farm diversification in integrated crop–livestock farming systems in Ghana. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(2), 131-149. <http://dx.doi.org/10.1017/S1742170516000545>
- Ayantunde, A. A., Oluwatosin, B. O., Yameogo, V., & van Wijk, M. (2020). Perceived benefits, constraints and determinants of sustainable intensification of mixed crop and livestock systems in the Sahelian zone of Burkina Faso. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(1), 84-98. <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2019.1698494>
- Balbino, L. C., Barcellos, A. D. O., & Stone, L. F. (2011). *Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta*. Embrapa Cerrados.
- Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES. (2018). *Programa ABC*. Recuperado em 18 de dezembro de 2018, de <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc>
- Batte, M. T., & Arnholt, M. W. (2003). Precision farming adoption and use in Ohio: case studies of six leading-edge adopters. *Computers and Electronics in Agriculture*, 38(2), 125-139. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00143-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00143-6)
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2012). *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)* (173 p.). Brasília: MAPA/ACS.
- Carrer, M. J., Maia, A. G., Vinholis, M. M. B., & Souza Filho, H. M. (2020). Assessing the effectiveness of rural credit policy on the adoption of integrated crop–livestock systems in Brazil. *Land Use Policy*, 92, 104468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104468>
- Carrer, M. J., Souza Filho, H. M., & Batalha, M. O. (2017). Factors influencing the adoption of Farm Management Information Systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 138, 11-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.004>
- David, M., Bernard, B., & Aringaniza, I. (2017). Determinants of agroforestry adoption as an adaptation means to drought among smallholder farmers in Nakasongola District, Central Uganda. *African Journal of Agricultural Research*, 12(23), 2024-2035. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2017.12219>
- Dhakai, A., Cockfield, G., & Maraseni, T. N. (2015). Deriving an index of adoption rate and assessing factors affecting adoption of an agroforestry-based farming system in Dhanusha District, Nepal. *Agroforestry Systems*, 89(4), 645-661. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-015-9802-1>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. (2015). *Estudo sobre desempenho ambiental da ILPF em Brotas evidencia contribuições da tecnologia para a sustentabilidade da agropecuária*. Recuperado em 11 de dezembro de 2018, de <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/4876468/estudo-sobre-desempenho-ambiental-da-ilpf-em-brotas-evidencia-contribuicoes-da-tecnologia-para-a-sustentabilidade-da-agropecuaria>
- Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255-298. <http://dx.doi.org/10.1086/451461>
- Gil, J. D. B., Garrett, R., & Berger, T. (2016). Determinants of crop–livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. *Land Use Policy*, 59, 557-568. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.022>
- Gil, J., Siebold, M., & Berger, T. (2015). Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199(1), 394-406. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.008>

- Godoy, A. S. (2006). *Estudo de caso qualitativo*. In C. K. Godoi, R. B. S. Melo & A. B. Silva (Eds.), *Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos* (pp. 115-146). São Paulo: Saraiva.
- Hassan, S., & Duverger, P. (2010). *How do 'leading-edge' opinion leaders bridge the innovation gap? Advancing a new adopter category*. *ACR North American Advances*.
- Hertog, P. D. (2000). Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. *International Journal of Innovation Management*, 4(4), 491-528. <http://dx.doi.org/10.1142/S136391960000024X>
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35(5), 715-728. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.005>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2017). *Divisão regional do Brasil*. Recuperado em 19 de outubro de 2020, de <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?edicao=15905&t=sobre>
- Jara-Rojas, R., Russy, S., Roco, L., Fleming-Muñoz, D., & Engler, A. (2020). Factors affecting the adoption of agroforestry practices: insights from silvopastoral systems of Colombia. *Forests*, 11(6), 648. <http://dx.doi.org/10.3390/f11060648>
- Kennedy, P. L., & Luzar, E. J. (1999). Toward methodological inclusivism: the case for case studies. *Review of Agricultural Economics*, 21(2), 579-591.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2008). Balancing multiple interests: embedding innovation intermediation in the agricultural knowledge infrastructure. *Technovation*, 28(6), 364-378. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2007.05.005>
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P. C. F., & Dedieu, B. (2014). Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 4-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>
- Liu, Y., Ruiz-Menjivar, J., Zhang, L., Zhang, J., & Swisher, M. E. (2019). Technical training and rice farmers' adoption of low-carbon management practices: the case of soil testing and formulated fertilization technologies in Hubei, China. *Journal of Cleaner Production*, 226, 454-462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.026>
- Macedo, M. C. M. (2009). Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1), 133-146. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>
- Manda, J., Khonje, M. G., Alene, A. D., Tufa, A. H., Abdoulaye, T., Mutenje, M., Setimela, P., & Manyong, V. (2020). Does cooperative membership increase and accelerate agricultural technology adoption? Empirical evidence from Zambia. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120160>
- Mantel, S. J., & Rosegger, G. (1987). The role of third-parties in the diffusion of innovations: a survey. In R. Rothwell & J. Bessant (Eds.), *Innovation: adaptation and growth, an international perspective* (pp. 123-134). Amsterdam: Elsevier.
- McEvily, B., & Zaheer, A. (1999). Bridging ties: A source of firm heterogeneity in competitive capabilities. *Strategic Management Journal*, 20(12), 1133-1156. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199912\)20:12<1133::AID-SMJ74>3.0.CO;2-7](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199912)20:12<1133::AID-SMJ74>3.0.CO;2-7)
- Mekuria, W., & Mekonnen, K. (2018). Determinants of crop–livestock diversification in the mixed farming systems: evidence from central highlands of Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 60. <http://dx.doi.org/10.1186/s40066-018-0212-2>
- Monte, E. Z., & Teixeira, E. C. (2006). Determinantes da adoção da tecnologia de despulpamento na cafeicultura. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 44(2), 201-217. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032006000200003>
- Moraes, A., Carvalho, P. C. F., Anghinoni, I., Lustosa, S. B. C., Costa, S. E. V. G. A., & Kunrath, T. R. (2014). Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*, 57, 4-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>
- Pezzopane, J. R. M., Bernardi, A. C. C., Azenha, M. V., Oliveira, P. P. A., Bosi, C., Pedroso, A. F., & Esteves, S. N. (2020a). Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. *Scientia Agrícola*, 77(2), e20180150. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0150>
- Pezzopane, J. R. M., Bonani, W. L., Bosi, C., Rocha, E. L. F., Bernardi, A. C. C., Oliveira, P. P. A., & Pedroso, A. F. (2020b). Reducing competition in a crop–livestock–forest integrated system by thinning

eucalyptus trees. *Experimental Agriculture*, 56(4), 574-586.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0014479720000162>

- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper and Brothers.
- Simpson, B. M. (2015). *Planning for scale: using what we know about human behavior in the diffusion of agricultural innovation and the role of agricultural extension* (MEAS Technical Note). Washington, DC: USAID.
- Souza Filho, H. M., Buainain, A. M., Silveira, J. M. F. J., & Vinholis, M. M. B. (2011). Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 28(1), 223-255.
- Souza Filho, H. M., Vinholis, M. M. B., Carrer, M. J., & Bernardo, R. (2021). Determinants of adoption of integrated systems by cattle farmers in the State of Sao Paulo, Brazil. *Agroforestry Systems*, 95(1), 103-117. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-020-00565-8>
- Ullah, A., Khan, D., Zheng, S., & Ali, U. (2018). Factors influencing the adoption of improved cultivars: a case of peach farmers in Pakistan. *Ciência Rural*, 48(11), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180342>
- Vilela, L., Martha Junior, G. B., Macedo, M. C. M., Marchão, R. L., Guimarães Júnior, R., Pulrolnik, K., & Maciel, G. A. (2011). Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 1127-1138. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003>
- Vinholis, M. M. B., Carrer, M. J., & Souza Filho, H. M. (2017). Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. *Ciência Rural*, 47(9), e20160759. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160759>
- Vinholis, M. M. B., Saes, M. S. M., Carrer, M. J., & Souza Filho, H. M. (2021). The effect of meso-institutions on adoption of sustainable agricultural technology: a case study of the Brazilian Low Carbon Agriculture Plan. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124334.
- Vinholis, M. M. B., Souza Filho, H. M. S., Carre, M. J., Barioni Junior, W., Bernardo, R., Casaca, A. A., Rojas, D. C., Tokuda, F. S., Pelinson, G. J. B., Santos Junior, A., Gonçalves Júnior, I. D., Andraus, J. T. K., Justo, J. S., Martines, L., Guerreiro, M. F., Fadel, S. A. O., & Borges, W. L. B. (2020). *Adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em São Paulo* (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste.
- Woolthuis, R. K., Lankhuizen, M., & Gilsing, V. (2005). A system failure framework for innovation policy design. *Technovation*, 25(6), 609-619.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research: design and methods* (Applied Social Research Methods Series, No. 5. Biography). London: Sage Publications.

Recebido: Fevereiro 14, 2020.

Aceito: Fevereiro 17, 2021.

JEL Classification: O3, O33