

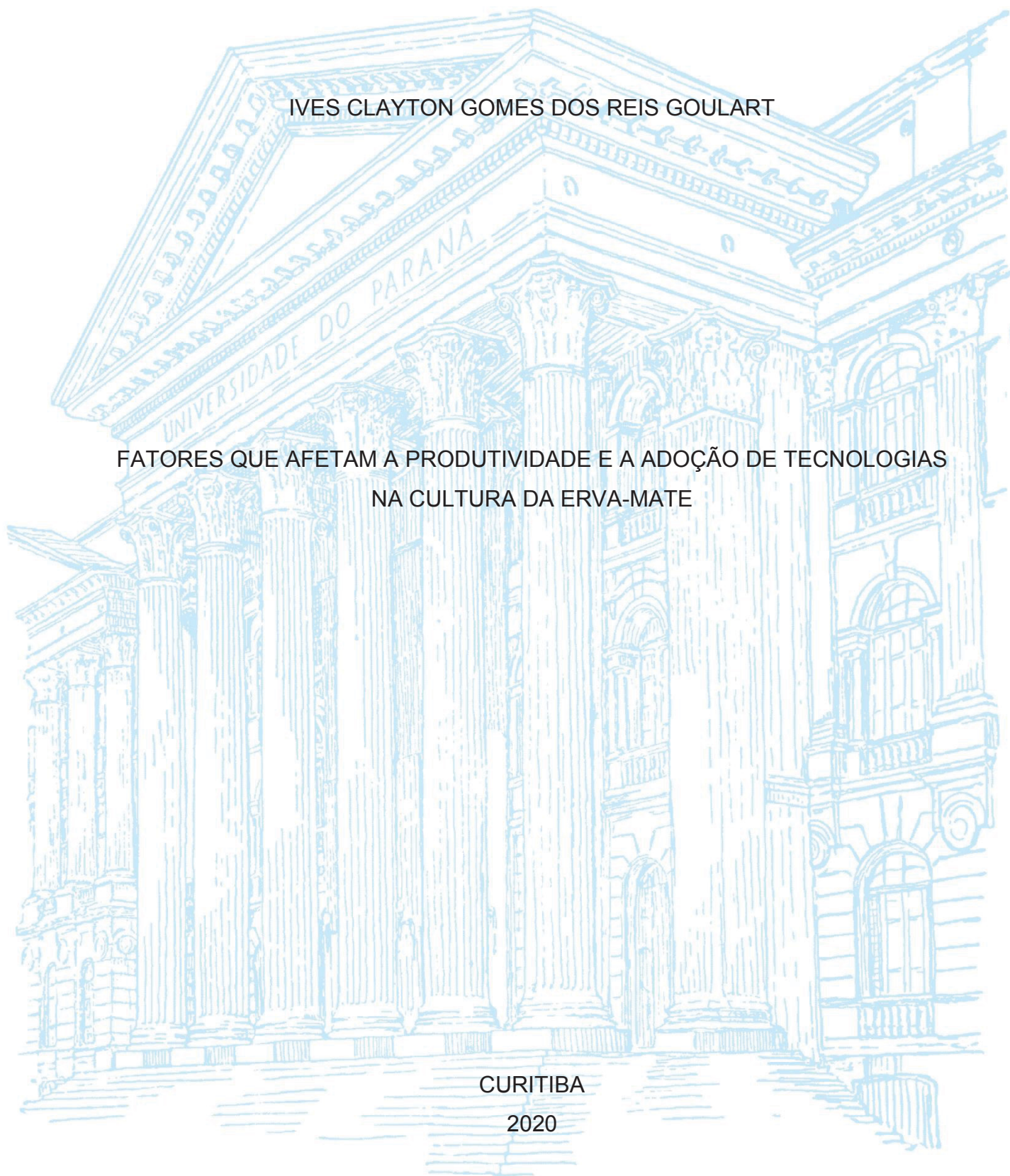
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

IVES CLAYTON GOMES DOS REIS GOULART

FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE E A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS
NA CULTURA DA ERVA-MATE

CURITIBA

2020



IVES CLAYTON GOMES DOS REIS GOULART

FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE E A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS
NA CULTURA DA ERVA-MATE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Portela Brasileiro
Coorientador: Dr. Delmar Santin

CURITIBA

2020

Goulart, Ives Clayton Gomes dos Reis
Fatores que afetam a produtividade e a adoção de tecnologias na cultura da erva-mate / Ives Clayton Gomes dos Reis Goulart. - Curitiba, 2020.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal.

Orientador: Bruno Portela Brasileiro.

Coorientadora: Delmar Santin.

1. Erva-mate - Cultura. 2. Sistema de produção. 3. Agricultura - Transferência de tecnologia. I. Brasileiro, Bruno Portela. II. Santin, Delmar. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **IVES CLAYTON GOMES DOS REIS GOULART** intitulada: **FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE E A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS NA CULTURA DA ERVA-MATE**, sob orientação do Prof. Dr. BRUNO PORTELA BRASILEIRO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 30 de Outubro de 2020.

Assinatura Eletrônica
30/10/2020 21:52:40.0
BRUNO PORTELA BRASILEIRO
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
30/10/2020 17:15:54.0
AMARO AFONSO CAMPOS DE AZEREDO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
03/11/2020 07:20:46.0
DELMAR SANTIN
Avaliador Externo (CAMBONA CONSULTORIA E TREINAMENTO
AGROINDUSTRIAL LTDA)

Assinatura Eletrônica
30/10/2020 18:49:06.0
IVAR WENDLING
Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA)

*Dedico aos meus pais,
Maria das Graças Gomes dos Reis Goulart e
João Clézio Lopes Goulart (in memoriam)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço às instituições: Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural do Mato Grosso do Sul; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul; Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; Fazenda Água Viva, Inovamate Agrotecnologia e; Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, pelo apoio na divulgação e nas entrevistas com produtores.

Aos agricultores que participaram respondendo aos questionários contribuindo para o avanço do estudo. Não medirei esforços para utilizar os resultados em benefício do setor produtivo ervateiro.

Aos meus orientadores Dr. Bruno Portela Brasileiro e Dr. Delmar Santin pela oportunidade, confiança e ensinamentos.

Aos doutores Prof. João Carlos Bessalho Filho, Ivar Wendling, Amaro Afonso Campos de Azeredo e Cicero Deschamps, pela análise crítica do trabalho nas etapas de qualificação e defesa. Vossa contribuição certamente elevou a qualidade do trabalho em todos os aspectos.

Aos colegas Thomas, Davi e Andreza, pela amizade, pelo companheirismo, pelo compartilhamento de conhecimento, pelas confraternizações e pelas partidas de futebol e voleibol.

Em especial à Vladirene, pelo incentivo e exemplo na luta para realizar os sonhos.

A todos os funcionários do PPGAPV, especialmente Lucimara, que sempre esteve disponível para o atendimento de minhas demandas.

À Embrapa, empresa pela qual me dedico há 10 anos, obrigado por permitir que todos os dias eu tenha orgulho de ser brasileiro e poder ajudar minha nação a prosperar.

Aos amigos e colegas de Embrapa Vanderley Porfírio da Silva e Joel Penteado Jr pela contribuição na concepção e desenvolvimento do trabalho, sempre com apoio, incentivo e boas ideias.

À Andrea, pelo incentivo nos momentos bons e ruins, pelo carinho acompanhando a realização deste sonho e pelas revisões nos textos.

À minha família: Maria das Graças, Gimena e Thiago, Jane pelo carinho e torcida incessante durante mais essa etapa. Aos meus sobrinhos Lucas, Nicolly, Jean, Carol, Kauã, Samuel e Rafaela, novamente desejo que esta conquista seja de também de vocês, ao menos quanto exemplo de que perseverar e lutar com amor ao que faz nos permite alcançar nossos objetivos.

Faço um agradecimento (póstumo) aos meus avós, Heitor e Elba, e ao meu pai, João. Vocês me incentivaram tanto, tenho saudade das conversas sobre meus estudos e trabalhos, sobre nossas vidas e sonhos, regados a um bom mate no amanhecer. Saudades eternas.

À minha fonte de luz eterna, minha baixinha, minha razão, Maria. Filha, obrigado pelo título mais importante da minha vida, que é ser pai. Obrigado pela compreensão durante esse período, em que nossas brincadeiras, idas à praia e maluquices foram reduzidas. Cresça com essa empatia, minha linda. Eu estarei sempre ao teu lado.

*There are no unachievable goals. There are no unsaveable souls.
There are no indisputable truths and there ain't no fountain of youth.*

Ozzy Osbourne

RESUMO

A erva-mate é uma espécie nativa do Brasil com importância comercial nos mercados nacional e internacional. Entretanto, apesar de sua relevância na agricultura familiar e na economia de diversos municípios, principalmente da região sul do País, o desempenho produtivo dos ervais cultivados tem diminuído ao longo dos anos. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as propriedades rurais em termos tecnológicos, indicando quais os principais fatores que afetam a produtividade e a adoção de tecnologias para a produção de erva-mate. A metodologia envolveu enfoques qualitativos, quantitativos e empíricos. Os dados foram obtidos por meio de questionários estruturados aplicados a 470 produtores nos estados do MS, PR, SC e RS. Para a caracterização das propriedades, os dados foram analisados por meio de estatísticas descritivas. Foram estabelecidos níveis de produtividade utilizando a produtividade média e o seu desvio-padrão, a adoção tecnológica foi comparada entre os níveis. Para identificar as causas que afetam a adoção de tecnologias, foi utilizado o modelo de decisão binária logit, que se baseia na regressão logística. Além disso, o modelo logístico multinomial foi usado para identificar quais tecnologias foram mais determinantes para a produtividade. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os ervais brasileiros são conduzidos por uma agricultura familiar diversificada, havendo o predomínio do baixo acesso à assistência técnica e ao aporte tecnológico. Entretanto, as propriedades com alto nível de produtividade apresentaram maior adoção tecnológica, maior presença da assistência técnica e maior capacitação da mão de obra. Entre as tecnologias avaliadas, a adubação, as mudas geneticamente melhoradas, o controle de plantas daninhas, o controle de pragas, as ferramentas de poda e a poda de limpeza estiveram significativamente relacionados ao alto nível de produtividade. Dentre os fatores que afetam a adoção de tecnologias, a capacitação dos produtores e a assistência técnica foram as variáveis mais determinantes. Por outro lado, o tamanho da propriedade e o acesso ao crédito agrícola não foram significativos para a adoção. Conhecer as causas que afetam a adoção de tecnologias permite o desenvolvimento de estratégias mais eficientes de difusão e transferência de tecnologias no campo. Dessa forma, políticas públicas que envolvam a capacitação e a transferência de tecnologias devem ser estimuladas no setor ervateiro, a fim de estimular a incorporação de novas tecnologias nos ervais brasileiros.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; transferência de tecnologia; sistema de produção; manejo da cultura.

ABSTRACT

Yerba mate is a native species of Brazil with commercial importance for national and international markets. However, despite its relevance in family farming and in the economy of several municipalities, productive performance of yerba mate farms has decreased over the years. So, we aimed to characterize rural properties in technological terms, indicating the main factors affecting productivity and the adoption of technologies to produce yerba mate. The methodology involved qualitative, quantitative, and empirical approaches. Data were obtained through structured questionnaires applied to 470 producers in the states of Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul. For properties characterization, data form were analyzed by descriptive statistics. Productivity levels were established using the average yield and its standard deviation and technological adoption was compared among levels. To identify the factors affecting adoption, the logit binary decision model was used, which is based on logistic regression. Also, a multinomial logistic model was used to identify which technology was more determinant to high productivity level. Our results showed that yerba mate farms are characterized by diversified family farming, but with low access to technical assistance and technological input. However, farms with a high productivity level have more technology adoption, greater presence of technical assistance and greater training of the workforce. In addition, training of farmers and technical assistance were the most decisive factors for the adoption of technologies. On the other hand, property size or access to agricultural credit were not significant for adoption. Among the evaluated technologies, fertilization, improved seedlings, weed and pest control, pruning tools and cleaning pruning were significantly related to high productivity level. Knowing factors that affect the adoption of technologies allows the development of more efficient diffusion and technology transfer strategies. In this sense, public policies involving training and technologies transference should be designed for yerba mate sector, to stimulate the incorporation technologies in Brazilian yerba mate farms.

Key words: *Ilex paraguariensis*; diagnosis, agricultural economy; production system; crop management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis explicativas utilizadas no modelo logit multinomial.	43
Tabela 2. Características dos produtores de erva-mate entrevistados.	45
Tabela 3. Análise descritiva de características das propriedades produtoras de erva-mate.	47
Tabela 4. Análise descritiva da condução de ervais em produção.	50
Tabela 5. Percentual de adotantes de tecnologias recomendadas para produção de erva-mate.	51
Tabela 6. Perfil tecnológicos dos ervais analisados em função dos níveis de produtividade propostos.	57
Tabela 7. Estimativa dos coeficientes da regressão (β) e do erro padrão para as tecnologias de produção nos níveis de produtividade médio e alto, em relação ao nível baixo.	59
Tabela 1. Descrição das tecnológicas de produção (variáveis dependentes) avaliadas.	70
Tabela 2. Descrição das variáveis explicativas dos produtores, da propriedade e do capital e o efeito esperado na avaliação da adoção de tecnologias de produção.	71
Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis relativas aos produtores de erva-mate entrevistados.	73
Tabela 4. Total de produtores responsivos e percentual de adotantes das tecnologias de produção da erva-mate.	75
Tabela 5. Estimativas dos coeficientes (β) e da razão de chance (RC) relacionados às variáveis explicativas associadas à adoção de tecnologias recomendadas para produção de erva-mate.	78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Área de ocorrência natural de erva-mate na América do Sul (área destacada) e estados brasileiros participantes do estudo. MS – Mato Grosso do Sul, PR – Paraná, RS – Rio Grande do Sul, SC – Santa Catarina. Adaptado de OLIVEIRA e ROTTA (1985).....20
- Figura 2. Percentagem de municípios e produtores participantes do estudo. RS, Rio Grande do Sul; SC, Santa Catarina; PR, Paraná; MS, Mato Grosso do Sul. Total de municípios: 114, total de produtores: 470.....44
- Figura 3. Proporção de ervais em função do tipo de sistema produtivo, tamanho da amostra = 382. Extrativista: 100 % das erveiras são nativas. Adensado: parte das erveiras foram introduzidas na área, em remanescentes da floresta natural. Arborizado: erva-mate em consórcio com outras espécies arbóreas, que tem função de sombreamento. Monocultural: erval em monocultivo...49
- Figura 4. Ferramenta de podas (A, n=348); mão de obra para podas (B, n=353); controle de plantas daninhas (C, n=391); e cobertura vegetal (D, n= 380) utilizados por produtores de erva-mate no Brasil.54
- Figura 1. Distribuição geográfica dos produtores de erva-mate entrevistados. Fonte: Target map.....72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1.	A erva-mate.....	19
2.2.	Importância econômica	20
2.3.	Manejo dos ervais	23
2.4.	Adoção tecnológica na Agricultura.....	25
2.5.	Abordagem metodológica em estudos de adoção	27
2.6.	Modelo de decisão binário logit.....	28
2.7.	Referências	30
3	CAPÍTULO 1 – PERFIL TECNOLÓGICO DAS PROPRIEDADES E NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA ERVA-MATE	38
3.1.	Resumo.....	38
3.2.	Abstract.....	38
3.3.	Introdução	39
3.4.	Materiais e métodos	41
3.5.	Resultados e Discussão.....	43
3.5.1.	Perfil dos produtores	43
3.5.2.	Perfil das propriedades rurais.....	47
3.5.3.	Perfil tecnológico	51
3.5.4.	Níveis de produtividade e manejo	55
3.6.	Conclusões.....	60
3.7.	Referências	61
4	CAPÍTULO 2 – DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS POR PRODUTORES DE ERVA-MATE NO BRASIL	66
4.1.	Resumo.....	66

2.1.	Abstract	66
2.2.	Introdução	67
2.3.	Materiais e métodos	69
2.4.	Resultados e Discussão	72
2.4.1.	Características sociodemográficas	72
2.4.2.	Fatores que afetam a adoção	76
2.5.	Conclusão	84
2.6.	Referências	84
3	CONCLUSÕES GERAIS.....	87
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
5	REFERÊNCIAS	91
6	APÊNDICE	101
	Apêndice 1. Questionário aplicado aos produtores de erva-mate.....	101
	Apêndice 2. Descrição das variáveis tecnológicas avaliadas no trabalho...	106

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate, *Ilex paraguariensis*, é uma espécie nativa da América do Sul e fortemente ligada à cultura e à história dos estados do sul do Brasil. Embora também seja produzida no Paraguai e na Argentina (COELHO, 2017), o Brasil é o maior produtor e exportador mundial. Na última safra a produção nacional foi de 940 mil toneladas (FAO, 2020; IBGE, 2020a; b). Atualmente, é o produto não madeireiro de maior importância para o agronegócio florestal da região sul do Brasil, tendo notável relevância na economia dos estados produtores (IBGE, 2017; VIANA et al., 2018; MISSIO e RIVAS, 2019).

A maior parte do consumo da erva-mate ocorre na forma de chimarrão, tererê¹ e chás, entretanto, outros produtos e formas de uso estão em desenvolvimento como aditivos para alimentos, chocolate, cervejas e cosméticos (FACCIN et al., 2015; ZANCHETT et al., 2016; RIACHI e DE MARIA, 2017; GAN et al., 2018). A expansão do consumo da erva-mate está relacionada com a elucidação de diversas atividades biológicas benéficas aos seres humanos (GAN et al., 2018), o que vem despertando cada vez mais o interesse do mercado consumidor internacional, refletindo no aumento da sua demanda nos últimos anos (CARDOZO JUNIOR e MORAND, 2016; SCHIRIGATTI et al., 2018).

O cultivo da erva-mate é uma importante fonte de renda em pequenas propriedades em regiões de baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da Região Sul do Brasil (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015; VIANA et al., 2018). Estima-se que a cadeia produtiva da erva-mate seja responsável por mais de 600 mil postos de trabalho, envolvendo aproximadamente 40 mil propriedades rurais (IBGE, 2017; VIANA et al., 2018). A rusticidade da espécie associada a elevada capacidade adaptativa aos diferentes ambientes e o custo de produção competitivo pode resultar em retornos econômicos satisfatórios dependendo do aporte tecnológico adotado (KAPP JR et al., 2017; ROSSET, 2017; BARTSCH et al., 2018; PEDRASSANI et al., 2020).

¹ Chimarrão e tererê são as principais formas de consumo de erva-mate no Brasil. O chimarrão é uma infusão de erva-mate em água quente, aproximadamente a 70° C. O tererê, por sua vez é uma infusão de erva-mate em água gelada, servida a uma temperatura em torno de 5° C.

Apesar da importância da erva-mate, a sua produtividade vem diminuindo nos últimos anos (CARMO et al., 2018), induzindo produtores a substituírem os seus ervais por culturas anuais na busca por maior retorno econômico. Além disso, um debate recente tem questionado o aparecimento de compostos indesejados na erva-mate devido ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, (SAIDELLES et al., 2013; SANTOS et al., 2017), embora resultados recentes já contestem essa afirmação (MOTTA et al., 2020). Essa situação desestimula produtores quanto ao uso de tecnologias nos ervais. Alguns autores apontam como principais causas da diminuição da produtividade dos ervais o esgotamento da fertilidade do solo, o ataque de pragas, a competição com plantas daninhas, as podas excessivas, entre outros (MASLOFF, 2013; MAYOL et al., 2014; SANTIN et al., 2015; GOULART e PENTEADO JUNIOR, 2016). Estes fatores podem estar relacionados com a origem extrativista da erva-mate, na qual a obtenção da matéria-prima se baseia, predominantemente, na retirada da erva-mate comercial em florestas naturais, não havendo a preocupação com o manejo (MATTOS, 2011; GOULART e PENTEADO JUNIOR, 2016; MARQUES et al., 2019). Além disso, devido a ligação com a cultura de cada região produtora, os sistemas de produção de erva-mate são heterogêneos (MATTOS, 2011; SIGNOR et al., 2015; MARQUES et al., 2019).

Nos últimos anos, pesquisas vem sendo desenvolvidas e inovações tecnológicas estão à disposição dos produtores para permitir a elevação da produtividade a níveis acima de 20.000 kg/ha (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019; SANTIN et al., 2019). Tecnologias consideradas críticas para produção como adubação, sistemas de podas, controle de plantas daninhas e mudas com genética superior, por exemplo, tem sido estudadas e disponibilizadas para adoção (SANTIN et al., 2015; SANTIN et al., 2017b; STURION et al., 2017; DAVID et al., 2018). Entretanto, a despeito da oferta tecnológica existente, a produtividade média nacional em 2018 foi de 7700 kg/ha (IBGE, 2020a). Esses dados sugerem baixa adoção das tecnologias desenvolvidas, o que estaria limitando o desempenho produtivo dos ervais.

Com base no panorama apresentado, alguns questionamentos podem ser formulados. Qual é o perfil tecnológico dos ervais atuais? Quais tecnologias produzem resultados importantes na produtividade dos ervais? Quais fatores estariam envolvidos na decisão por adotar ou não as inovações tecnológicas? Atualmente, não

existem evidências científicas que respondam essas perguntas, embora sejam fundamentais para o desenvolvimento do setor ervateiro brasileiro.

Dessa forma, torna-se fundamental compreender os sistemas de produção de erva-mate, pois envolvem um conjunto de fatores interrelacionados, cujo fim é a produção de matéria-prima que atenda exigências do mercado consumidor, ao mesmo tempo em que produz renda de forma sustentável. Além disso, elucidar as causas que limitam a adoção de boas práticas, pode instrumentalizar a pesquisa e orientar políticas públicas no âmbito da elaboração de estratégias de transferência e difusão de tecnologias mais efetivas, ajustadas às necessidades de regiões ou grupos de produtores específicos.

Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi caracterizar as propriedades rurais em termos tecnológicos, indicando quais os principais fatores afetam a produtividade e a adoção de tecnologias para a produção de erva-mate. Para alcançar o objetivo geral, foram necessários os seguintes objetivos específicos: a) caracterizar o perfil tecnológico atual das propriedades produtoras de erva-mate no Brasil; b) identificar níveis de manejo entre os sistemas de produção; c) identificar as principais tecnologias que resultam em altas produtividades e; d) identificar as principais causas que afetam a decisão de adotar ou não as tecnologias para produção de erva-mate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A erva-mate

A erva-mate, *Ilex paraguariensis*, é originária da América do Sul, pertence à subdivisão Angiospermae, classe das Dicotiledôneas, subclasse Archichlamydes, ordem Celastales, família Aquifoliaceae. A espécie foi classificada pelo naturalista francês Auguste de Saint-Hilaire, durante viagens pelo sul do Brasil no início do século XIX, identificando em seus estudos a “árvore-do-mate” planta usada, na época, para a elaboração da “erva do Paraguai” ou “mate” (CARVALHO, 1994). É uma árvore de folhas perenes que tem entre 10 a 20 metros de altura quando adulta. Entretanto, pode atingir alturas maiores em condições favoráveis ao crescimento. Possui tronco cilíndrico, reto ou pouco tortuoso. Apresenta ramificação racemosa, quase horizontal com copa baixa e densifoliada. A casca é cinza e pode ter espessura de até 20 mm (CARVALHO, 1994; CROGE et al., 2021).

O florescimento da espécie ocorre geralmente de setembro a outubro no estado do Rio Grande do Sul, de setembro a novembro no Paraná e de setembro a dezembro em Santa Catarina. As flores dioicas possuem coloração branca e um porte floral pequeno, dispostas em cacho fusiforme e apresentando estames e pistilos em todas as flores. Os estames são atrofiados nas flores femininas, enquanto nas masculinas o pistilo se deprime e aborta, tendo como única forma de reprodução a fecundação cruzada (PIRES et al., 2014; SOUSA et al., 2015). Os frutos são classificados tal como o tipo baga com formato esférico, apresentando em média quatro sementes. A coloração roxa mais intensa dos frutos, que ocorre na fase tardia de maturação, está relacionada com a dispersão zoocórica, sendo intensamente consumidos pela avifauna local (COLUSSI e PRESTES, 2011).

A área de ocorrência natural da erva-mate ocupa o nordeste da Argentina, o leste do Paraguai e o sul do Brasil (Figura 1), abrangendo uma área com cerca de 540.000 km², entre as latitudes 21°S e 30°S e as longitudes 48°W e 56°W (OLIVEIRA e ROTTA, 1985). No Brasil, sua distribuição ocorre nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com nichos reduzidos em Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (OLIVEIRA e ROTTA, 1985). É uma espécie característica de Floresta Ombrófila Mista Montana, conhecida como Floresta com Araucária. Tolerância ao sombreamento em todo o seu ciclo de vida e apresenta fácil

regeneração quando os ramos herbáceos e arbustivos são podados (CARVALHO, 1994; COELHO, 2017). A exploração da espécie consiste na colheita de folhas e ramos finos das árvores após maturação foliar, sendo a matéria prima denominada erva-mate comercial (DA CROCE e FLOSS, 1999; SANTIN et al., 2017a).



Figura 1. Área de ocorrência natural de erva-mate na América do Sul (área destacada) e estados brasileiros participantes do estudo. MS – Mato Grosso do Sul, PR – Paraná, RS – Rio Grande do Sul, SC – Santa Catarina. Adaptado de OLIVEIRA e ROTTA (1985).

2.2. Importância econômica

O consumo de *Ilex paraguariensis* iniciou-se com os indígenas sul-americanos e posteriormente foi adotado pelos conquistadores europeus. Os jesuítas aprimoraram o consumo e o dispersaram para outras regiões da América do Sul (CARVALHO, 1994; KORMANN, 2001). O ciclo econômico da erva-mate se assemelha ao de outras espécies, como o da seringueira, iniciando-se com a geração de riqueza e desenvolvimento, para posteriormente entrar em declínio, sem ações que mantivessem o progresso por meio de tecnologias de produção (KORMANN, 2001). O extrativismo ervateiro teve seu apogeu nos anos de 1840 quando era responsável

por 80 % da economia do Paraná, o que contribuiu para o seu desmembramento de São Paulo. Por volta de 1890 a Companhia Matte Laranjeira explorava 5 milhões de hectares de ervais nativos no Mato Grosso do Sul, após decreto imperial de concessão. Era a atividade econômica mais lucrativa do estado (QUEIROZ, 2015). Por essa razão, a espécie adquiriu ao longo dos séculos uma relação com a história e a cultura dos estados da Região Sul e com o Mato Grosso do Sul, e a sua exploração permitiu o desenvolvimento de diversas cidades (KORMANN, 2001; MISSIO e RIVAS, 2019).

O extrativismo de erva-mate foi a principal forma de obtenção da matéria-prima até os anos 70, a partir de então, iniciou-se a implantação de ervais cultivados (DA CROCE e FLOSS, 1999; KORMANN, 2001). As principais razões para essa mudança foram o baixo rendimento dos ervais extrativos, a redução da área de florestas naturais pelo avanço da agropecuária e pela elevação do preço das culturas anuais (KORMANN, 2001; MATTOS, 2011; OLIVEIRA e WAQUIL, 2015; MISSIO e RIVAS, 2019). O extrativismo da erva-mate se encaixa na definição de extrativismo observada na literatura, onde é apontada como a primeira forma de exploração econômica, limitando-se à coleta de produto da natureza, com baixa produtividade ou produtividade declinante, tendendo à sua extinção com o decorrer do tempo (HOMMA, 2018).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador de erva-mate no mundo, produzindo cerca de 940.000 toneladas e movimentando R\$ 932,3 milhões em 2019 (FAO, 2020; IBGE, 2020a; b). Do total produzido, cerca de 120.000 toneladas são exportadas, tendo como destinos principais o Uruguai, o Chile, Estados Unidos e Alemanha (BRASIL, 2020). A erva-mate é o maior produto não madeireiro do agronegócio florestal na Região Sul do Brasil e o segundo em âmbito nacional, tendo notável importância na economia dos estados produtores (IBGE, 2017; VIANA et al., 2018; MISSIO e RIVAS, 2019). O cultivo da espécie é uma importante fonte de renda em pequenas propriedades de diversos municípios do RS, SC, PR e MS, geralmente em regiões de baixo Índice de Desenvolvimento Humano da Região Sul (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015; KAPP JR et al., 2017; VIANA et al., 2018). Estima-se que a cadeia produtiva da erva-mate gere mais de 600 000 postos de trabalho diretos e indiretos, envolvendo em torno de 40 000 propriedades rurais (IBGE, 2017; VIANA et al., 2018). Sua adaptação e rusticidade, associada a baixos custos de produção resulta em bom retorno econômico em comparação a outras culturas, dependendo do aporte

tecnológico adotado (MATTOS, 2011; VOGT et al., 2016). Alguns autores apontam rentabilidades entre 30 e 190 % ao ano (KAPP JR et al., 2017; ROSSET, 2017; BARTSCH et al., 2018; PEDRASSANI et al., 2020)

O consumo da erva-mate ocorre, sobretudo, na forma de chimarrão, tererê e chás. Entretanto, outros produtos e formas de uso estão em desenvolvimento como aditivo para embalagem de alimentos (BRUNI et al., 2020); fonte de antioxidantes (GULLON et al., 2018; JANDA et al., 2020); aerogel bioativo (DE OLIVEIRA et al., 2020); aplicações diversas em alimentos (FACCIN et al., 2015); aditivo para nanopartículas de prata (ARRECHE et al., 2020); chocolate branco (ZANCHETT et al., 2016); suplemento para ruminantes (MAZUR et al., 2019) e aves (COSTA et al., 2017); bebidas diversas e energéticos (GODOY et al., 2020), cosméticos e fármacos (BRACESCO et al., 2011), entre outros.

A expansão do consumo está relacionada com a elucidação de diversas atividades biológicas benéficas aos humanos (GAN et al., 2018). Essas atividades se devem a presença de compostos como metilaxantinas (cafeína e teobromina); flavonoides; vitaminas A, do complexo B, C e E. Além disso, possui diversos compostos flavonoides e fenólicos como o ácido clorogênico, além de saponinas e tanino (BRACESCO et al., 2011).

Dentre as descobertas estão o efeito estimulante e neuro protetor (SANTOS et al., 2015); mitigação de dano oxidativo (BARG et al., 2014) controle da obesidade (BALSAN et al., 2019; ZAPATA et al., 2020) controle do estresse (BRACESCO et al., 2011; COLPO et al., 2017); redução do risco de doenças cardiovasculares (CARDOZO JUNIOR e MORAND, 2016); atividade antimicrobiana (COSTA et al., 2017); redução de colesterol e da glicemia; controle da diabetes (BRACESCO et al., 2011; RIACHI e DE MARIA, 2017); ação anti-inflamatória (BRACESCO et al., 2011).

Além dos fatores supracitados, associação da erva-mate com a cultura dos povos sul-americanos e com o meio ambiente, conferem-lhe o status de fonte sustentável de compostos de interesse humano (GULLON et al., 2018; POSWAL et al., 2019). Estas características são almejadas pelos consumidores, refletindo no recente aumento da demanda, do valor do produto e da competitividade no mercado internacional (CARDOZO JUNIOR e MORAND, 2016; SCHIRIGATTI et al., 2018; ZANIN e MEYER, 2018).

2.3. Manejo dos ervais

Até a década de 70 o manejo dos ervais consistia na colheita da matéria-prima nas florestas naturais dos estados da Região Sul do Brasil e do Mato Grosso do Sul (MATTOS, 2011). As operações eram realizadas com facão, foice ou espada, retirando-se a totalidade da copa das erveiras de forma desorganizada e sem visão conservacionista. Estima-se que a produção por planta oscilava entre 45 a 90 kg (KORMANN, 2001). Entretanto, conforme já mencionado no item 2.2, a partir dos anos 70 a obtenção da matéria-prima tem sido alterada gradualmente, com a implantação de ervais cultivados em função da redução dos ervais extrativistas (DA CROCE e FLOSS, 1999). Nesse sentido, houve a implantação de diversos sistemas de cultivo de erva-mate, como: ervais monoculturais e ervais arborizados, ambos plantados em linha; e o adensamento de erva-mate em remanescentes de florestas naturais, ou ervais adensados (DA CROCE e FLOSS, 1999; VOGT et al., 2016). Esses tipos de ervais estão presentes atualmente nas regiões produtoras e apresentam aspectos de manejo diferentes entre si (MATTOS, 2011; MAYOL et al., 2014; VOGT et al., 2016; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

Ervais extrativistas tem o manejo baseado em colheitas periódicas. Neste manejo, a arquitetura e estatura das plantas não são levados em conta, bem como não são praticados reposição nutricional, replantios; manejo de pragas doenças, e controle das plantas daninhas (SIGNOR et al., 2015; VOGT et al., 2016). Essa maneira de conduzir os ervais, tem se mostrado insustentável pelo esgotamento da fertilidade do solo, morte de plantas e consequente redução da produtividade (DA CROCE e FLOSS, 1999; MATTOS, 2011). Nesse sentido, o Ministério do Meio Ambiente (2017) lançou um documento orientador sobre o manejo de ervais extrativistas, orientado aos produtores a além da colheita, praticar a reposição nutricional. Além disso, diversas pesquisas tem sido realizadas na busca de formas de manejo de ervais extrativistas, devido a sua importância social e econômica, bem como o seu papel na conservação da Floresta Ombrófila Mista (PIRES et al., 2014; SIGNOR et al., 2015; KAPP JR et al., 2017; MARQUES et al., 2019).

Além dos ervais extrativistas, existe o cultivo de erva-mate nos remanescentes florestais nativos, baseado no aumento da proporção de *Ilex paraguariensis* com consequente redução da proporção de outras espécies (MARQUES et al., 2019). Esses ervais são chamados de ervais adensados ou adensamentos. A proporção

natural de erva-mate na floresta Ombrófila Mista oscila entre 2 e 10 %, enquanto em ervais adensados essa proporção chega a 94 %, alterando a fitossociologia da floresta natural (MATTOS, 2011). As práticas de manejo em ervais adensados contemplam além da colheita, aspectos como adubação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, além do uso de genótipos superiores. Os ervais adensados apresentam grande variação, por estarem consorciados com outras espécies, podendo compor diferentes sistemas integrados de produção agropecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta (MATTOS, 2011; VOGT et al., 2016; MARQUES et al., 2019). Entretanto, a presença do gado está negativamente relacionada à densidade da erva-mate nos remanescentes florestais (STEDILLE et al., 2019). Outra característica dos ervais de adensamento é que as podas são semelhantes às praticadas nos ervais denominados de arborizados e nos monoculturais (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2017).

Os ervais arborizados, apresentam sombreamento intencional pelo consórcio da erva-mate com outras espécies arbóreas (CORREA et al., 2011). Diversas espécies nativas e exóticas são recomendadas para o consórcio com a erva-mate, como Angico (*Parapiptadenia rigida*), Araucária (*Araucaria angustifolia*), Canafístula (*Peltophorum dubium*), Canjarana (*Cabralea canjerana*), Ipê-amarelo (*Tabebuia alba*), Ipê-roxo (*Tabebuia heptaphylla*) e Louro-pardo (*Cordia trichotoma*) (BAGGIO et al., 2008). Dessa forma, o nível de sombreamento passa a ser manejado tanto pela densidade de plantio das espécies sombreadoras quanto pela poda de desrama que pode ser empregada, favorecendo a incidência de luz na erva-mate (BAGGIO et al., 2008). O manejo empregado nos ervais arborizados também envolve o preparo do solo para plantio em linha, permitindo a utilização de maquinário agrícola como tratores, roçadeiras e pulverizadores (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Em termos gerais, o manejo de ervais arborizados é semelhante aos ervais em monocultivo.

Os monocultivos de erva-mate, conhecidos como ervais a “pleno sol”, são os mais antropizados e tecnificados (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Entretanto, quando manejados inadequadamente podem produzir menos que ervais adensados, arborizados e extrativistas (MATTOS, 2011). Este cultivo comercial se assemelha a outros cultivos de plantas perenes quanto ao preparo do solo, adubação de plantio e de produção, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, uso de variedades melhoradas, coberturas vegetais e outros (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Além dessas práticas, o sistema de poda é composto por cinco

operações: poda de formação, poda de colheita, poda de limpeza, rebaixamento de copa e decepa (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2017).

Os ervais cultivados apresentam potencial produtivo superior aos ervais extrativos, dependendo dos aspectos de manejo empregados e do nível de sombra presente. Estima-se que a produtividade em ervais nativos extrativistas seja de 1.300 kg/ha, enquanto que nos ervais cultivados é de 8.000 kg/ha (MATTOS, 2011; SIGNOR et al., 2015; IBGE, 2020a). Entretanto, em termos potenciais, os ervais cultivados com alta adoção tecnológica podem ultrapassar 20.000 kg/ha (MATTOS, 2011; SANTIN et al., 2013a; SANTIN et al., 2017a).

2.4. Adoção tecnológica na Agricultura

O agronegócio tem evoluído substancialmente no Brasil e parte dessa evolução se dá pelo desenvolvimento e incorporação de tecnologias para a agricultura (VIEIRA FILHO, 2019). Portanto, o desempenho dos sistemas de produção no âmbito das propriedades rurais depende, dentre outros fatores, das tecnologias empregadas nas atividades agrícolas (VIEIRA FILHO, 2019). Os resultados da adoção tecnológica são sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis, que aumentam a produtividade e diminuem os custos. Entretanto, na agricultura as tecnologias geradas pela pesquisa não são adotadas imediatamente após seu lançamento ou validação em campo. Dessa forma, a adoção tecnológica pode ser considerada uma etapa separada da geração de tecnologia (SOUZA FILHO et al., 2011). Isso ocorre porque os fatores que afetam o desenvolvimento tecnológico não são necessariamente os mesmos que afetam a adoção das inovações nas propriedades.

Na literatura, diversos estudos sobre adoção tecnológica têm focado nos fatores decisivos que afetam a tomada de decisão de um agricultor em utilizar ou não uma tecnologia e quando esta decisão é tomada (FU et al., 2018; DESPOTOVIC et al., 2019; PATHAK et al., 2019; TAKAHASHI et al., 2020). Dentre as culturas ou atividades estudadas estão o milho (GARCIA-SALAZAR et al., 2018; SANCHEZ-TOLEDANO et al., 2018), o sorgo (KALIBA et al., 2018), os citros (CARRER et al., 2019), Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) (GIL et al., 2015), a pecuária (VINHOLIS et al., 2017; HYLAND et al., 2018; CUEVAS-REYES, 2019), os cereais (JEROP et al., 2018; PIVOTO et al., 2019) e a soja (PINTO et al., 2017; PIVOTO et al., 2019; TUFA et al., 2019).

Diversos fatores são apontados como condicionantes da adoção tecnológica, podendo-se destacar as condições socioeconômicas e características do produtor; características da produção e da propriedade rural; características da tecnologia; fatores edafoclimáticos; fontes de informação; percepção do agricultor sobre a tecnologia e fatores culturais e comportamentais (SOUZA FILHO et al., 2011; FU et al., 2018; TAKAHASHI et al., 2020). Entretanto, existem gradientes de adoção entre os agricultores, tanto pela diversidade quanto pela heterogeneidade do uso da tecnologia (SOUZA FILHO et al., 2011). Por exemplo, 64 % das propriedades rurais brasileiras não realizam adubação de culturas; 84 % não fazem correção do pH do solo e 78 % não tem acesso à orientação técnica (IBGE, 2017). Essa heterogeneidade também está relacionada ao tamanho da propriedade rural. Em pequenas propriedades, frequentemente é observada menor adoção de inovações tecnológicas (SOUZA FILHO et al., 2011).

Para a erva-mate, somente o estudo conduzido na Argentina por MAYOL et al. (2014) investigou a adoção tecnológica por mateicultores². Com enfoque participativo, os autores categorizaram os produtores, estimaram o rendimento de erva-mate, a área de adoção das tecnologias por grupo de produtores e o grau de adoção tecnológica. Posteriormente, realizaram reuniões com grupos focais, baseados nas classificações obtidas, e dessa forma, identificaram e analisaram as causas que afetam a adoção de tecnologias em ervais. Dentre as causas detectadas, pode-se destacar o desconhecimento ou confusão sobre tecnologias de poda e manejo do solo, resistência cultural, dificuldade em acessar o crédito agrícola, escassez de mão de obra, assistência técnica insuficiente, entre outros (MAYOL et al., 2014). No Brasil, entretanto, não existem estudos que investiguem as causas que afetam a adoção tecnológica em cultivos de erva-mate. A redução da produtividade observada nos últimos anos são indícios de baixa utilização de tecnologias de produção e manejo da erva-mate. Dessa forma, conhecer os perfis dos agricultores, quais tecnologias são menos adotadas e quais razões que afetam a adoção, poderia ajudar instituições de pesquisa, ensino e extensão a planejar ações mais específicas de transferência e difusão de tecnologias para os agricultores.

² *Agricultor produtor de erva-mate, segundo a Classificação Brasileira de Ocupações do Ministério do Trabalho, nº 612615.*

2.5. Abordagem metodológica em estudos de adoção

As ciências podem ser classificadas como naturais, a exemplo da Física e da Química, e sociais como a Sociologia e a Economia (GIL, 2019). A Agronomia, apesar de apresentar características de ciências naturais, envolve diversos aspectos da pesquisa social quando trata do comportamento humano. Nesse sentido, é necessária a aplicação de conceitos de pesquisa social como a pesquisa descritiva e a explicativa. Enquanto a primeira objetiva caracterizar uma dada população pelo estabelecimento de relações entre variáveis investigadas, a segunda busca identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fatos (GIL, 2019). Na prática, estudos explicativos dependem de pesquisas descritivas como etapa prévia, permitindo a boa compreensão do contexto do problema, reduzindo distorções de análise e interpretação (MELO e BIANCHI, 2015).

Nos estudos que avaliam a adoção tecnológica na agricultura é notável a combinação de métodos estatísticos descritivos e explicativos (MATTOS, 2011; MOURA et al., 2013; YIRGA et al., 2015; PIVOTO et al., 2019; VIEIRA FILHO, 2019). Os métodos descritivos são realizados sobretudo com a utilização de levantamento de campo ou *survey*, por meio de entrevistas baseadas em questionários estruturados ou semiestruturados. Embora não exista uma metodologia padrão para elaboração de questionários, este precisa ser formulado de modo a obter informações que subsidiem o alcance do objetivo almejado (MELO e BIANCHI, 2015). A etapa descritiva tem variado pouco dentre os estudos envolvendo adoção tecnológica, entretanto, a etapa explicativa apresenta duas vertentes metodológicas mais comuns, o enfoque empírico e o enfoque participativo (GIL, 2019).

Os trabalhos que utilizam a metodologia participativa se caracterizam pelo envolvimento dos pesquisadores com a amostra populacional a ser investigada. As principais etapas são a sensibilização e mobilização dos produtores, o diagnóstico participativo e o planejamento participativo (KUMMER et al., 2007). A multidisciplinaridade é um fator essencial nesse enfoque, uma vez que envolve interlocução direta dos pesquisadores com os produtores. São realizadas diversas reuniões presenciais na região de estudo, moderadas pelo pesquisador a partir de roteiro pré-estabelecidos (KUMMER et al., 2007). Nesse método, os resultados trazem consigo a interpretação da equipe de pesquisadores sobre os dados obtidos, o que torna fundamental o conhecimento prévio do assunto, tendo a objetividade substituída

pela relatividade observacional (GIL, 2019). Os resultados são amplos e geralmente envolvem aspectos psicológicos dos produtores e seus familiares, além dos tecnológicos. Este método é frequentemente empregado com bons resultados por equipes interdisciplinares de empresas de extensão rural, que apresentam capilaridade no meio rural (KUMMER et al., 2007; MAYOL et al., 2014).

Alternativamente, o enfoque empírico preconiza a obtenção de maior objetividade possível na pesquisa, buscando a maior neutralidade em relação ao fenômeno pesquisado (GIL, 2019). Neste enfoque não há a necessidade de realização de eventos específicos para coletas de dados, podendo ser aproveitados eventos calendarizados para a realização da coleta (PINTO et al., 2017). As entrevistas podem ser presenciais ou remotas, obtendo-se um número elevado de participantes a um custo relativamente baixo. A análise dos dados é frequentemente realizada por meio de modelos multivariados, cujos resultados balizam a interpretação pelo pesquisador (FACHINI et al., 2010; GIL, 2019). O enfoque empírico tem sido utilizado para investigar a adoção de tecnologias específicas; para regiões de grande porte; e em situações em que a mobilização de produtores é limitada (GRABOWSKI et al., 2016; VINHOLIS et al., 2017; CARRER et al., 2019).

2.6. Modelo de decisão binário logit

Os modelos de decisão binários são utilizados em diversas áreas da ciência, sobretudo em trabalhos que envolvam decisões entre duas ou mais opções relacionadas a variáveis de referência, sejam quantitativas ou qualitativas (BENDER FILHO e BAGOLIN, 2014; HYLAND et al., 2018; CAMPOS et al., 2020; GUERCIO et al., 2020). Na Agronomia, podem ser utilizados na identificação de fatores que afetam a adoção tecnológica, a produtividade, a ocorrência de doenças ou a qualidade de produtos (PINO, 2007).

A regressão logística, ou logit, é o modelo mais utilizado para estudar a adoção de tecnologias na agricultura (GÜNERİ e DURMUŞ, 2020). Além do modelo logit binomial, existe o modelo logit multinomial quando há mais de duas opções para a variável dependente. O detalhamento matemático desses modelos podem ser encontrados nos trabalhos de PINO (2007), GREENE (2018), e GÜNERİ e DURMUŞ (2020).

No modelo logit, atribui-se o valor 1 quando uma tecnologia y é adotada, ou 0 quando não é adotada. A probabilidade de y ser 0 ou 1 é função dos efeitos das variáveis explicativas x_i :

$$P(y = 0) = 1 - F(\beta' x_i)$$

$$P(y = 1) = F(\beta' x_i)$$

Onde F é a probabilidade de um produtor, com determinadas características, ou variáveis explicativas x_i , adotar uma dada tecnologia, ou variável dependente y . O parâmetro estimado β é o log da razão de chance de $y = 1$, estimado pela função (GREENE, 2018):

$$E[y|x] = P(y = 1) = F(\beta' x) = \frac{e^{\beta' x}}{1 + e^{\beta' x}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta' x}}$$

Os resultados obtidos nesse modelo podem ser interpretados de forma direta utilizando a razão de chance (RC), que é calculada pela função:

$$RC = e^{\beta' x_i}$$

A RC, também chamada de *odds ratio*, é definida como a razão entre a chance de um evento acontecer se sob as mesmas condições ele não acontecer. A chance, por sua vez, é a probabilidade de ocorrência do evento dividida pela probabilidade de não ocorrência do mesmo evento (GREENE, 2018). Por exemplo, se a probabilidade de os produtores adotarem a análise de solo for igual a 0,3 e a de não adotarem for 0,6; então, a chance de adoção da análise de solo seria de $0,3/0,6=0,5$.

Neste sentido, a RC relaciona o efeito da variável explicativa com a variável dependente, por meio da razão entre a chance de o evento ocorrer sob uma dada condição, e a chance de o evento ocorrer sem essa condição (GREENE, 2018). Por exemplo, se a chance de produtores cooperados (variável explicativa) adotarem a análise de solo (variável dependente) for 0,5 e a chance de produtores não cooperados adotarem a análise de solo for 0,2; então, a RC de um produtor cooperado adotar a análise de solo é igual a $0,5/0,2=2,5$. Esse valor indica que os cooperados têm uma chance de adotar a análise de solo 2,5 vezes maior em comparação aos não cooperados.

A aplicação do modelo de decisão binária logit é ampla e novas possibilidades têm sido descobertas, devido a sua simplicidade e robustez (GÜNERİ e DURMUŞ,

2020). Além disso, devido a popularização de ferramentas digitais que auxiliam a comunicação entre produtores e profissionais de pesquisa e assistência técnica (HAWLEY et al., 2018; KHAN et al., 2019), modelos como o logit podem ganhar importância maior em trabalhos envolvendo adoção tecnológica na agricultura.

2.7. Referências

ARRECHE, R. A., G. M. DE OCA-VASQUEZ, J. R. VEGA-BAUDRIT; P. G. VAZQUEZ. Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extracts from Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Wastes. **Waste and Biomass Valorization**, v.11, n.1, p.245-253, 2020.

BAGGIO, A. J., L. J. MONTOYA VILCAHUAMAN; G. CORREA. **Arborização da cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, v.161, 2008. 24 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 161)

BALSAN, G., L. C. PELLANDA, G. SAUSEN, T. GALARRAGA, D. ZAFFARI, B. PONTIN; V. L. PORTAL. Effect of yerba mate and green tea on paraoxonase and leptin levels in patients affected by overweight or obesity and dyslipidemia: a randomized clinical trial. **Nutrition Journal**, v.18, n.1, p.5, 2019.

BARG, M., G. T. REZIN, D. D. LEFFA, F. BALBINOT, L. M. GOMES, M. CARVALHO-SILVA, F. VUOLO, F. PETRONILHO, F. DAL-PIZZOL, E. L. STRECK; V. M. ANDRADE. Evaluation of the protective effect of *Ilex paraguariensis* and *Camellia sinensis* extracts on the prevention of oxidative damage caused by ultraviolet radiation. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.37, n.1, p.195-201, 2014.

BARTSCH, C. R., A. ZANIN; T. F. D. CAMARGO. **Análise de viabilidade de investimento em cultura de erva-mate mensurados por meio do CPC 29**. III Congresso de Contabilidade UFRGS. Porto Alegre: UFRGS: 1-17 p, 2018. <<https://www.ufrgs.br/congressocont/index.php/IIIContUFRGS/IIIContUFRGS>>

BENDER FILHO, R.; I. P. BAGOLIN. Determinantes da Permanência na Condição de Pobreza Crônica na cidade de Porto Alegre: Aplicação do Modelo Logit Multinomial. **Ensaio FEE**, v.35, p.1-26, 2014.

BRACESCO, N., A. G. SANCHEZ, V. CONTRERAS, T. MENINI; A. GUGLIUCCI. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. **Journal of ethnopharmacology**, v.136, p.378-84, 2011.

BRASIL, M. D. E. **Comex Stat 2020**. <comexstat.mdic.gov.br>

BRASIL, M. M. A. **Erva-mate: boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico**. Brasília, DF: MMA, 2017. 72 p.

BRUNI, G. P., T. D. ACUNHA, J. P. DE OLIVEIRA, L. M. FONSECA, F. T. DA SILVA, V. M. GUIMARAES; E. D. ZAVAREZE. Electrospun protein fibers loaded with yerba mate extract for bioactive release in food packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, p.1-10, 2020.

CAMPOS, L. H. R. D., I. P. D. A. RAPOSO, T. T. D. MOURA; H. V. V. D. COSTA. O FIES Contribui Para a Atratividade das Carreiras de Licenciaturas e da Saúde? **Revista Brasileira de Economia**, v.74, p.139-153, 2020.

CARDOZO JUNIOR, E. L.; C. MORAND. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health – A review. **Journal of Functional Foods**, v.21, p.440-454, 2016.

CARMO, F., N. FIEDLER, M. SILVA, S. GONÇALVES, P. GUIMARAES; D. LIRA. Efeito da área e produtividade na produção de erva-mate no Brasil. **Nativa**, v.6, p.85, 2018.

CARRER, M. J., R. L. F. D. SILVEIRA; H. M. D. SOUZA FILHO. Factors influencing hedging decision: evidence from Brazilian citrus growers. **Agricultural and Resource Economics**, v.63, n.1, p.1-19, 2019.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ/SPI, 1994

COELHO, G. C. Ecosystem services in Brazilian's southern agroforestry systems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.20, n.3, p.475-492, 2017.

COLPO, A. C., M. E. DE LIMA, M. MAYA-LÓPEZ, H. ROSA, C. MÁRQUEZ-CURIEL, S. GALVÁN-ARZATE, A. SANTAMARÍA; V. FOLMER. Compounds from *Ilex paraguariensis* extracts have antioxidant effects in the brains of rats subjected to chronic immobilization stress. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, p.1-7, 2017.

COLUSSI, J.; N. PRESTES. Frugivory by birds in *Myrciaria trunciflora* (Mart) O. Berg. (Myrtaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) and *Ilex paraguariensis* St. Hil. in the northern state of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.19, n.1, p.48-55, 2011.

CORREA, G., T. M. FONSECA, I. B. MELO, A. GRISON, A. RUFFATO, M. J. S. MEDRADO, R. L. CANSIAN, L. J. M. VILCAHUAMÁN; S. R. FELIZARI. **Cambona 4: desenvolvimento de uma progênie biclonal de erva-mate em Machadinho, RS**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011, p.28. (Embrapa Florestas, Documentos 224)

COSTA, D. E. M., A. M. C. RACANICCI; Â. P. SANTANA. Atividade antimicrobiana da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) contra microrganismos isolados da carne de frango. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, p.1 - 7, 2017.

CROGE, C. P., F. L. CUQUEL; P. T. M. PINTRO. Yerba mate: cultivation systems, processing and chemical composition. A review. **Scientia Agricola**, v.78, 2021.

CUEVAS-REYES, V. Decisive factors for the adoption of silage in livestock production units in the dry tropics of northwestern Mexico. **Revista Corpoica-Ciencia Y Tecnologia Agropecuaria**, v.20, n.3, p.479-489, 2019.

DA CROCE, D. M.; P. A. FLOSS. **Cultura da erva-mate no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999. 81 p.

DAVID, F., L. GALON, G. PERIN, G. CONCENÇO, A. CASTAMANN, C. FORTE, P. DAVID, A. MOSSI, A. ANDRES; I. SANTOS MOISINHO. Weed Interference in the

Morphophysiological and Nutritional Characteristics of Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*). **American Journal of Plant Sciences**, v.09, p.435-445, 2018.

DE OLIVEIRA, J. P., G. P. BRUNI, L. M. FONSECA, F. T. DA SILVA, J. C. DA ROCHA; E. DA ROSA ZAVAREZE. Characterization of aerogels as bioactive delivery vehicles produced through the valorization of yerba-mate (*Illex paraguariensis*). **Food Hydrocolloids**, p.105931, 2020.

DESPOTOVIC, J., V. RODIC; F. CARACCILO. Factors affecting farmers' adoption of integrated pest management in Serbia: An application of the theory of planned behavior. **Journal of Cleaner Production**, v.228, p.1196-1205, 2019.

FACCIN, C., L. R. VIEIRA; E. M. D. FREITAS. Application of yerba mate (*Illex paraguariensis* a.St.-hil.) in food - a review. **Caderno pedagógico**, v.12, n.3, p.200-210, 2015.

FACHINI, C., R. FIRETTI, E. OLIVEIRA; A. FILHO. Perfil da apicultura em Capão Bonito, Estado de São Paulo: aplicação da análise multivariada. **Revista de Economia Agrícola**, v.57, n.1, p.51-63, 2010.

FAO, F. A. A. O.-. **Maté production, 2018**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 28 mar 2020.

FU, Y., R. A. W. KOK, B. DANKBAAR, P. E. M. LIGTHART; A. C. R. VAN RIEL. Factors affecting sustainable process technology adoption: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.205, p.226-251, 2018.

GAN, R. Y., D. ZHANG, M. WANG; H. CORKE. Health Benefits of Bioactive Compounds from the Genus *Ilex*, a Source of Traditional Caffeinated Beverages. **Nutrients**, v.10, n.11, p.17, 2018.

GARCIA-SALAZAR, J. A., M. BORJA-BRAVO; G. RODRIGUEZ-LICEA. Consumption of fertilizers in mexican agriculture: An analysis of factors affecting the rate of adoption. **Interciencia**, v.43, n.7, p.505-510, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**: Atlas, 2019. 248 p.

GIL, J., M. SIEBOLD; T. BERGER. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.199, p.394-406, 2015.

GODOY, R. C. B., E. CHAMBERS; G. S. YANG. Development of a preliminary sensory lexicon for mate tea. **Journal of Sensory Studies**, p.1-13, 2020.

GOULART, I. C. G. R.; J. F. PENTEADO JUNIOR. Erva 20: sistema de produção de erva-mate. In: V. Porfírio-Da-Silva, S. D. R. C. Penteado, *et al* (Ed.). **Seminário Erva-Mate XXI: Modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate**. Curitiba: Embrapa, 2016, p.44-47. (Embrapa Florestas. Documentos, 298)

GRABOWSKI, P. P., J. M. KERR, S. HAGGBLADE; S. KABWE. Determinants of adoption and disadoption of minimum tillage by cotton farmers in eastern Zambia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.231, p.54-67, 2016.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New York: Pearson, 2018. 1176 p.

GUERCIO, M. B., A. E. BRIOZZO, H. P. VIGIER; L. B. MARTINEZ. The financial structure of Technology-Based Firms. **Revista Contabilidade & Finanças**, v.31, p.444-457, 2020.

GULLON, B., G. EIBES, M. T. MOREIRA, R. HERRERA, J. LABIDI; P. GULLON. Yerba mate waste: A sustainable resource of antioxidant compounds. **Industrial Crops and Products**, v.113, p.398-405, 2018.

GÜNERİ, Ö. İ.; B. DURMUŞ. Dependent Dummy Variable Models: An Application of Logit, Probit and Tobit Models on Survey Data. **International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering**, v.6, n.1, p.63-74, 2020.

HAWLEY, J. L., K. HALL; A. CHOWDHURY. Agricultural communicators' use of mobile devices and social media in USA. **Rural Extension & Innovation Systems**, v.14, n.1, p.101-109, 2018.

HOMMA, A. K. O. **Colhendo da natureza: o extrativismo vegetal na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 224 p.

HYLAND, J. J., K. HEANUE, J. MCKILLOP; E. MICHA. Factors underlying farmers' intentions to adopt best practices: The case of paddock based grazing systems. **Agricultural Systems**, v.162, p.97-106, 2018.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 02 fev 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção Agrícola Municipal**. 2020a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção do extrativismo vegetal e silvicultura**. 2020b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

JANDA, K., K. JAKUBCZYK, A. LUKOMSKA, I. BARANOWSKA-BOSIACKA, E. REBACZ-MARON, K. DEC, J. KOCHINAN; I. GUTOWSKA. Effect of the Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) brewing method on the content of selected elements and antioxidant potential of infusions. **Polish Journal of Chemical Technology**, v.22, n.1, p.54-60, 2020.

JEROP, R., P. DANNENBERG, O. GEORGE, M. PATIENCE, P. KIMURTO, M. WILLKOMM; G. HARTMANN. Factors affecting the adoption of agricultural innovations on underutilized cereals: The case of finger millet among smallholder farmers in Kenya. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, p.1888-1900, 2018.

KALIBA, A. R., K. MAZVIMAVI, T. L. GREGORY, F. M. MGONJA, M. J. A. MGONJA; F. ECONOMICS. Factors affecting adoption of improved sorghum varieties in Tanzania under information and capital constraints. **Agricultural and Food Economics**, v.6, n.1, p.1-21, 2018.

KAPP JR, C., F. R. ZARPELLON, L. L. DALAZEN; A. SOUZA. **A cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em sistema de cultivo convencional e orgânico como**

alternativa de renda ao pequeno proprietário rural. XXIV Congresso Brasileiro de Custos. Florianópolis: 1-16 p, 2017.

KHAN, N. A., G. QIJIE, S. ALI, B. SHAHBAZ; A. A. SHAH. Farmers use of mobile phone for accessing agricultural information in Pakistan. **Ciência Rural**, v.49, n.10, 2019.

KORMANN, J. **A história da erva-mate e sua região, o mercosul (num enfoque: geográfico, histórico, econômico, social, político e psicológico).** (Tese). Departamento de História, Universidad de León, León, 2001. 573 p.

KUMMER, L., V. L. C. A. DIZ; R. M. F. SOARES. **Metodologia participativa no meio rural: Uma visão interdisciplinar. Conceitos, ferramentas e vivências.** Salvador: GTZ, 2007. 155 p.

MARQUES, A. D. C., M. S. D. REIS; V. F. DENARDIN. As paisagens da erva-mate: Uso das florestas e conservação socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, v.22, p.1-22, 2019.

MASLOFF, V. M. A. **Yerba Mate: Compendio de experiencias en la recuperación de agroecosistemas yerbateros.** Encarnación: MR Producciones, 2013. 93 p.

MATTOS, A. G. **Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. Sant. Hil) nativa em exploração no planalto norte catarinense.** (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. 176 p.

MAYOL, R. M., S. I. GIANCOLA, M. V. LAVECINI, J. F. AIASSA, S. DI GIANO, M. L. SALVADOR, M. DA RIVA, D. O. ACUÑA; M. D. RABAGLIO. **Causas que afectan la adopción de tecnología en productores de yerba mate en la provincia de Misiones: enfoque cualitativo.** Buenos Aires: INTA, 2014, p.74. (Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología 8)

MAZUR, M., A. ZWYRZYKOWSKA-WODZINSKA, E. WOJTAS, A. ZACHWIEJA; A. M. SALEJDA. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) supplementation on oxidative stress in ruminants. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.79, n.2, p.316-322, 2019.

MELO, W. V.; C. S. BIANCHI. Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, p.43-59, 2015.

MISSIO, F. J.; R. M. R. RIVAS. Aspectos da Formação Econômica de Mato Grosso do Sul. **Estudos Econômicos**, v.49, p.601-632, 2019.

MOTTA, A. C. V., J. Z. BARBOSA, E. MAGRI, G. Q. PEDREIRA, D. SANTIN, S. A. PRIOR, R. CONSALTER, S. D. YOUNG, M. R. BROADLEY; E. L. BENEDETTI. Elemental composition of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) under low input systems of southern Brazil. **Science of The Total Environment**, v.736, p.139637, 2020.

MOURA, J. F. P. D., E. C. PIMENTA FILHO, S. GONZAGA NETO; E. P. CÂNDIDO. Avaliação tecnológica dos sistemas de produção de leite bovino no Cariri da Paraíba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.121-131, 2013.

OLIVEIRA, S. V. D.; P. D. WAQUIL. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.45, p.750-756, 2015.

OLIVEIRA, Y. M. M.; E. ROTTA. **Área de Distribuição natural da erva-mate**. Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais. Curitiba: Embrapa Florestas: 17-36 p, 1985.

PATHAK, H. S., P. BROWN; T. BEST. A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. **Precision Agriculture**, v.20, n.6, p.1292-1316, 2019.

PEDRASSANI, D., M. L. KNOP; J. PERCIAK. Análise comparativa de lucratividade das culturas de erva-mate em relação a soja no Planalto Norte Catarinense. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v.10, n.0, p.269-282, 2020.

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Poda em erva-mate plantada**. Colombo: Embrapa Florestas, v.313, 2017. 28 p. (Embrapa Florestas, Documentos 313)

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Erva 20: sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.

PINO, F. A. Modelos de decisão binários: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, v.54, n.1, p.43-57, 2007.

PINTO, H., M. FERREIRA; S. TEIXEIRA. Adoção de Tecnologias em Agricultura de Precisão por Produtores de Soja em Goiás e Distrito Federal. **Espacios**, v.38, p.33, 2017.

PIRES, E. Z., L. I. B. STEDILLE, S. MACHADO, A. MANTOVANI; R. L. D. C. BORTOLUZZI. Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista Altomontana. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.13, n.2, p.171-180, 2014.

PIVOTO, D., B. BARHAM, P. D. WAQUIL, C. R. FOGUESATTO, V. F. D. CORTE, D. ZHANG; E. TALAMINI. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.22, n.4, p.571-588, 2019.

POSWAL, F. S., G. RUSSELL, M. MACKONOCHE, E. MACLENNAN, E. C. ADUKWU; V. ROLFE. Herbal Teas and their Health Benefits: A Scoping Review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.74, n.3, p.266-276, 2019.

QUEIROZ, P. R. C. A Companhia Mate Laranjeira, 1891-1902: contribuição à história da empresa concessionária dos ervais do antigo sul de Mato Grosso. **Territórios e Fronteiras**, v.8, n.1, p.204-228, 2015.

RIACHI, L. G.; C. A. B. DE MARIA. Yerba mate: An overview of physiological effects in humans. **Journal of Functional Foods**, v.38, p.308-320, 2017.

ROSSET, C. **Apuração do custo de produção no cultivo de erva mate em uma propriedade familiar no interior de Ilópolis/RS**. Curso de Administração, Univeridade de Passo Fundo, SOLEDADE 2017. 82 p.

SAIDELLES, A. P. F., R. M. KIRCHNER, É. M. D. M. FLORES, N. R. Z. D. SANTOS, J. K. BENEDETTI; L. C. D. CRUZ. Determinação de Cu, Ni e Zn por ICP-MS em

infusões da erva-mate comercializadas nas regiões do sul do Brasil. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.24, n.3, p.283-290, 2013.

SANCHEZ-TOLEDANO, B. I., Z. KALLAS, O. P. ROJAS; J. M. GIL. Determinant Factors of the Adoption of Improved Maize Seeds in Southern Mexico: A Survival Analysis Approach. **Sustainability**, v.10, n.10, p.22, 2018.

SANTIN, D., E. BENEDETTI, N. BARROS, I. ALMEIDA; I. WENDLING. Intervalos de colheita e adubação potássica influenciam a produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no estado do paraná. **Floresta**, v.46, p.509, 2017a.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, M. C. BASTOS, J. F. KASEKER, C. B. REISSMANN, G. E. BRONDANI; N. F. DE BARROS. Growth and nutritional composition of yerba mate as affected by nitrogen, phosphate and potassium fertilization. **Ciencia Florestal**, v.23, n.2, p.363-375, 2013.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, N. F. DE BARROS, I. C. DE ALMEIDA, G. F. SIMIQUELI, J. C. L. NEVES, I. WENDLING; C. B. REISSMANN. Adub  o nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. **Ciencia Florestal**, v.29, n.3, p.1199-1214, 2019.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, N. F. DE BARROS, L. L. FONTES, I. C. DE ALMEIDA, J. C. LIMA NEVES; I. WENDLING. Harvest handling and phosphate nutrition in yerba-matte (*Ilex paraguariensis*) culture during production stage. **Ciencia Florestal**, v.27, n.3, p.783-797, 2017b.

SANTIN, D., C. B. REISSMANN; E. L. BENEDETTI. Nutrição e recomendação de adub  o e calcário para a cultura da erva-mate. In: I. Wendling e D. Santin (Ed.). **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p.99-195

SANTOS, E. C. S., M. A. BICCA, C. H. BLUM-SILVA, A. P. R. COSTA, A. A. DOS SANTOS, E. P. SCHENKEL, M. FARINA, F. H. REGINATTO; T. C. M. DE LIMA. Anxiolytic-like, stimulant and neuroprotective effects of *Ilex paraguariensis* extracts in mice. **Neuroscience**, v.292, p.13-21, 2015.

SANTOS, L. M. G. D., S. A. VICENTINI NETO, G. IOZZI; S. D. C. JACOB. Arsenic, cadmium and lead concentrations in Yerba mate commercialized in Southern Brazil by inductively coupled plasma mass spectrometry. **Ciência Rural**, v.47, p.1-6, 2017.

SCHIRIGATTI, E. L., J. C. G. L. D. SILVA, A. N. D. ALMEIDA, A. J. D. SANTOS; N. D. A. RUCKER. Vantagem comparativa e matriz de competitividade do mate brasileiro e argentino, no período de 1997-2011. **Ciencia Florestal**, v.28, p.1807-1822, 2018.

SIGNOR, P., G. S. GOMES; L. F. WATZLAWICK. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.83, p.199-208, 2015.

SOUSA, V. A. D., A. V. D. AGUIAR; J. SPOLADORE. Metodologia para a polinização controlada em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. - *Aquifoliaceae*. **Revista  rvore**, v.39, n.2, p.315-323, 2015.

SOUZA FILHO, H., M. BUAINAIN, J. M. F. J. SILVEIRA; M. VINHOLIS. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.28, p.223-255, 2011.

STEDILLE, L. I. B., E. Z. PIRES, J. P. GOMES, N. C. F. D. COSTA, A. P. BERNARDI; A. MANTOVANI. Cattle influence on the population structure of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) in Araucaria Forest. **Ciência Rural**, v.49, 2019.

STURION, J. A., C. A. STUEPP; I. WENDLING. Genetic parameters estimates and visual selection for leaves production in *Ilex paraguariensis*. **Bragantia**, v.76, p.492-500, 2017.

TAKAHASHI, K., R. MURAOKA; K. OTSUKA. Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. **Agricultural Economics**, v.51, n.1, p.31-45, 2020.

TUFA, A. H., A. D. ALENE, J. MANDA, M. G. AKINWALE, D. CHIKOYE, S. FELEKE, T. WOSSEN; V. MANYONG. The productivity and income effects of adoption of improved soybean varieties and agronomic practices in Malawi. **World Development**, v.124, p.1-10, 2019.

VIANA, G., V. A. HOEFLICH, A. J. D. SANTOS, A. SCHWANS; J. D. J. MACEDO. A contribuição dos produtos florestais não-madeireiros - Erva-mate e Pinhão - ao setor florestal e agropecuário do Paraná. **Brazilian Journal of Wood Science**, v.9, n.3, p.181-190, 2018.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. 340 p.

VINHOLIS, M. D. M. B., M. J. CARRER; H. M. D. SOUZA FILHO. Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. **Ciência Rural**, v.47, 2017.

VOGT, G. A., G. NEPPEL; A. M. D. SOUZA. A atividade ervateira no Planalto Norte Catarinense: a Indicação Geográfica como alternativa para a (re)valorização do produto erva-mate. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v.6, n.2, p.64-87, 2016.

YIRGA, C., Y. ATNAFE; A. AWHASSAN. A Multivariate Analysis of Factors Affecting Adoption of Improved Varieties of Multiple Crops: A Case Study from Ethiopian Highlands. **Ethiopian Journal of Agricultural Sciences**, v.25, p.29-45, 2015.

ZANCHETT, C. S., M. L. MIGNONI, N. P. R. BARRO; C. D. ROSA. Desenvolvimento de chocolate branco com extrato de erva-mate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.19, p.1 - 8, 2016.

ZANIN, V.; L. MEYER. Evolução da margem de comercialização da erva mate no Rio Grande do Sul. **Revista IPEcege**, v.4, p.7-18, 2018.

ZAPATA, F. J., M. REBOLLO-HERNANZ, J. E. NOVAKOFSKI, M. T. NAKAMURA; E. G. DE MEJIA. Caffeine, but not other phytochemicals, in mate tea (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) attenuates high-fat-high-sucrose-diet-driven lipogenesis and body fat accumulation. **Journal of Functional Foods**, v.64, p.13, 2020.

3 CAPÍTULO 1 – PERFIL TECNOLÓGICO DAS PROPRIEDADES E NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA ERVA-MATE

3.1. RESUMO

O desempenho produtivo dos ervais cultivados brasileiros vem diminuindo ao longo dos últimos anos, à despeito das tecnologias de produção à disposição dos produtores. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o perfil tecnológico das propriedades produtoras de erva-mate cultivada no Brasil e identificar níveis de produtividade que contribuam na elaboração de estratégias de transferência e difusão de tecnologias mais efetivas. Para tanto, foram coletados dados a partir da aplicação de questionários estruturados em 470 propriedades em todas as regiões produtoras, envolvendo os estados do Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As propriedades foram agrupadas em níveis de produtividade utilizando a produtividade média e o seu desvio-padrão, e a adoção tecnológica foi comparada entre os níveis. Para identificar as tecnologias mais determinantes para a produtividade, foi utilizado o modelo de regressão logística multinomial. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os ervais cultivados são conduzidos por uma agricultura familiar diversificada, havendo o predomínio do baixo acesso à assistência técnica e ao aporte tecnológico. As propriedades com alto nível de produtividade apresentaram maior adoção tecnológica, maior presença da assistência técnica e maior capacitação da mão de obra. Entre as tecnologias avaliadas, a adubação, as mudas melhoradas, o controle de plantas daninhas, o controle de pragas, as ferramentas de poda e a poda de limpeza estiveram significativamente relacionados ao alto nível de produtividade. Dessa forma, políticas públicas que envolvam a capacitação e a transferência de tecnologias devem ser estimuladas no setor ervateiro, a fim de estimular a incorporação de novas tecnologias nos ervais brasileiros.

Palavras chave: *Ilex paraguariensis*; transferência de tecnologia, diagnóstico; produção e manejo.

3.2. ABSTRACT

The yerba mate, *Ilex paraguariensis*, is a native species strongly linked to the culture and history of the states of southern Brazil, the world's largest producer and exporter. However, the productive performance of Brazilian yerba mate farms has decreased over the last few years, despite the production technologies available to producers. The objective of this work was to characterize the current technological profile of yerba mate farms in Brazil and to identify yield levels that contribute to the development of more assertive strategies for the transfer and diffusion of technologies. Data were obtained through structured questionnaires applied to 470 producers in the states of Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul. To characterize the technological profile, data were analyzed by descriptive statistics. The technological levels were established using the yield average and its standard deviation. To identify the most determinant technologies for productivity, the multinomial logistic regression model was used. Our results showed that yerba mate farms in Brazil are characterized by diversified family farming, but with low access to technical assistance and technological input. However, the properties with high yield level presented high proportion of technology adoption, high training of the workforce and greater presence of technical assistance. Among the technologies evaluated, fertilization, improved seedlings, weed control, pest control, pruning tools and cleaning pruning were significantly related to high productivity. Thus, public policies involving training and transfer of technologies should be encouraged in the yerba mate sector, to stimulate the incorporation of new technologies in Brazilian yerba mate farms.

Key words: *Ilex paraguariensis*; diagnosis; production and management.

3.3. INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie arbórea endêmica da América do Sul, cujo consumo iniciou-se com os povos nativos e posteriormente foi adotado pelos colonizadores europeus (COELHO, 2017). A erva-mate é usada principalmente na forma de chimarrão, tererê e chá, entretanto, outros produtos e formas de uso estão em desenvolvimento (FACCIN et al., 2015; ZANCHETT et al., 2016).

O aumento recente do consumo da erva-mate está relacionado com a elucidação de diversas atividades biológicas benéficas (CARDOZO JUNIOR e MORAND, 2016;

SCHIRIGATTI et al., 2018), como ações antioxidantes (BISOGNIN et al., 2019), antimicrobiana (COSTA et al., 2017), redução do colesterol (CARDOZO JUNIOR e MORAND, 2016), redução da obesidade (BALSAN et al., 2019), da diabetes (BOAVENTURA et al., 2013), entre outros.

A espécie é cultivada comercialmente no Paraguai, na Argentina e no Brasil, o maior produtor mundial (FAO, 2020). A produção no Brasil teve origem no extrativismo de erva-mate na Floresta Ombrófila Mista. Os estados brasileiros do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul concentram a produção nacional, geralmente, em regiões de baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015; IBGE, 2017).

A expansão da agricultura e da pecuária no Brasil a partir da segunda metade do século XX reduziu os remanescentes da floresta natural, abrindo espaço para o cultivo comercial da espécie em sistema de adensamento de ervais nativos, em consórcio com outras espécies arbóreas e em monocultivo (SIGNOR et al., 2015; MARQUES et al., 2019; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

Embora inovações tecnológicas estejam disponíveis para proporcionar níveis de produtividade acima de 20.000 kg/ha (SANTIN et al., 2015; DAVID et al., 2018; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019; SANTIN et al., 2019), nas últimas décadas a produtividade dos ervais brasileiros vem diminuindo (CARMO et al., 2018) e atualmente, a média não ultrapassa 7700 kg/ha (IBGE, 2020a).

Contudo, a metodologia do IBGE (IBGE, 2020b) que levanta dados da produção nacional avalia os monocultivos isoladamente, e agrupa o extrativismo de erva-mate com os ervais adensados, em alguns casos os ervais arborizados, os quais apresentam graus de antropização e tecnificação distintos (MATTOS, 2011; SIGNOR et al., 2015; MARQUES et al., 2019). Nesse sentido, este panorama impede que se faça uma avaliação confiável dos sistemas de produção de erva-mate, ocultando os diferentes potenciais produtivos inerentes a cada sistema de produção, o que dificulta as ações de transferência de tecnologia e extensão rural no setor ervateiro.

Dessa forma, torna-se importante a realização de um diagnóstico detalhado dos sistemas de produção de erva-mate, entendidos como um conjunto de fatores interrelacionados, relativos ao capital humano, tecnológico e de recursos naturais, cujo fim é a produção de matéria-prima que atenda ao mercado consumidor, ao mesmo tempo em que gera renda ao produtor rural.

Compreender as diferenças entre perfis tecnológicos mais ou menos tecnificados pode instrumentalizar a pesquisa e orientar políticas públicas no sentido de construir estratégias multidisciplinares, mais ajustadas às necessidades de regiões ou grupos específicos. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o perfil tecnológico das propriedades produtoras de erva-mate no Brasil e identificar níveis de produtividade que contribuam na elaboração de estratégias de transferência e difusão de tecnologias mais efetivas.

3.4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa descritiva com um enfoque qualitativo e quantitativo, cuja coleta de dados foi realizada pela aplicação de um questionário estruturado contendo 53 perguntas facultativas relacionadas ao produtor, à propriedade rural e ao sistema de produção empregado (Apêndice 1). Do total de perguntas, 45 foram utilizadas nas análises deste estudo. O questionário foi elaborado e testado, buscando o menor número de perguntas com a maior quantidade de informação possível e minimizando erros de compreensão pelos participantes, conforme discutido por MELO e BIANCHI (2015).

O público-alvo do estudo foram produtores de erva-mate dos estados do Mato Grosso do Sul (MS), Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC). Estes estados compreendem o centro de diversidade da erva-mate no Brasil, bem como a produção comercial da espécie (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). A amostragem utilizada foi a aleatória simples, sem filtros na seleção dos produtores entrevistados.

Com o objetivo de otimizar a coleta de dados, o questionário foi aplicado nas formas presencial, nas propriedades e em eventos técnicos, ou remotamente utilizando uma versão digital. A coleta foi realizada com auxílio de profissionais da extensão rural pública dos estados mencionados e pelos autores do estudo. Ao todo, 470 mateicultores foram entrevistados no período de outubro de 2018 a janeiro de 2020. A amostra de entrevistados representou cerca de 1,8 % dos produtores, 15 % da área cultivada e 13,3 % da produção no Brasil em 2018 (IBGE, 2017). Ao final do período de coleta, os dados foram tabulados e padronizados em termos de unidades de medida e corrigidos erros de ortografia, para posterior análise. Os dados foram

sumarizados a partir das médias, do desvio-padrão e das frequências relativas e absolutas.

O desvio-padrão e a média de produtividade obtida na amostra foram utilizados como referência na determinação dos níveis de produtividade. Foram definidos três níveis de produtividade, quais sejam: baixo, quando a produtividade observada é menor ou igual à média da amostra ($x \leq \bar{x}$); médio, quando a produtividade observada está entre a média da amostra e a média somada a dois desvios-padrão ($\bar{x} > x < \bar{x} + 2\sigma$) e; alto, quando a produtividade observada é maior ou igual à média da amostra somada a dois desvios-padrão ($x \geq \bar{x} + 2\sigma$). Posteriormente, as tecnologias de produção investigadas foram reorganizadas dentro dos níveis de produtividade (Tabela 1).

Para determinar quais tecnologias de produção são determinantes para cada nível de produtividade, foi realizada uma análise de regressão logística multinomial. Esse modelo estima o log da razão de chance β de cada tecnologia de produção utilizado ou não pelo produtor para atingir os níveis médio ou alto (2 e 3), tendo o nível baixo como referência (1). A probabilidade P de y_i ser 1, 2 ou 3 é função dos efeitos das tecnologias de produção x_i (GREENE, 2018):

$$P(y_i = 1|x_i) = P_{i1} = \frac{1}{1 + e^{x_i\beta_2} + e^{x_i\beta_3}}$$

$$P(y_i = 2|x_i) = P_{i2} = \frac{e^{x_i\beta_2}}{1 + e^{x_i\beta_2} + e^{x_i\beta_3}}$$

$$P(y_i = 3|x_i) = P_{i3} = \frac{e^{x_i\beta_3}}{1 + e^{x_i\beta_2} + e^{x_i\beta_3}}$$

Nesta análise, a variável resposta foram os níveis de produtividade e as variáveis explicativas as tecnologias de produção (Tabela 1, Apêndice 2). Os dados foram analisados utilizando Modelos Lineares Generalizados do Software R, versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019b) e os pacotes Foreign (R CORE TEAM, 2019a), Nnet (VENABLES e RIPLEY, 2002) e Stargazer (HLAVAC, 2018).

Tabela 1. Variáveis explicativas utilizadas no modelo logit multinomial.

Variáveis explicativas / Tecnologias de produção	Descrição
Mudas melhoradas	Uso de mudas geneticamente melhoradas ou selecionadas
Preparo de solo	Adoção do preparo de solo para plantio
Densidade de plantas	Número de plantas por hectare
Controle de plantas daninhas	Adoção do controle de plantas daninhas
Adubação	Uso de fertilizantes no cultivo
Calcário	Uso de calcário no cultivo
Cobertura vegetal	Uso de espécies de cobertura nas entrelinhas
Controle de pragas	Controle das principais pragas
Idade na poda de formação	Idade das plantas na época da poda de formação
Altura da poda de formação	Altura em que é realizada a poda de formação
Limpeza ou puxe	Adoção da poda de limpeza
Folhas remanescentes	Folhas mantidas nas plantas após as colheitas
Intervalo entre colheitas	Intervalo de tempo entre colheitas.
Renovação por decepa	Adoção da técnica decepa para reforma de ervais
Rebaixamento	Adoção do rebaixamento de copa
Altura dos galhos produtivos	Altura da inserção dos primeiros galhos
Ferramenta de poda	Uso de ferramentas para poda
Erveiras improdutivas	Percentual de plantas improdutivas.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1. Perfil dos produtores

A região estudada compreende tanto o centro de diversidade genética da *Ilex paraguariensis* no Brasil quanto a região de produção comercial da erva-mate. Atualmente, a produção se concentra nos estados da Região Sul do Brasil e, em menor escala, no Sudoeste do Mato Grosso do Sul.

Os estados do Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) tiveram as maiores participações no presente estudo, seguidos por Santa Catarina (SC) e Mato Grosso do Sul (MS) (Figura 2). Esse resultado coincide com a proporção de mateicultores presentes nos estados, conforme dados oficiais do governo brasileiro (IBGE, 2017). Este fato indica sucesso no processo de aleatorização da amostra durante a coleta dos dados.

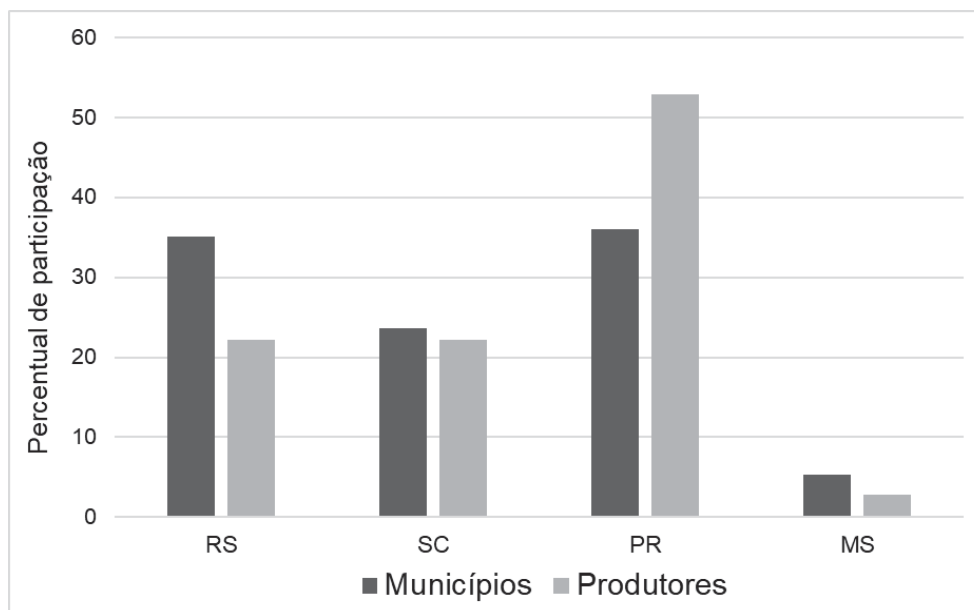


Figura 2. Percentagem de municípios e produtores participantes do estudo. RS, Rio Grande do Sul; SC, Santa Catarina; PR, Paraná; MS, Mato Grosso do Sul. Total de municípios: 114, total de produtores: 470.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 2), o mateicultor tem idade média de 43 anos, oscilando pouco entre os estados avaliados, a maior parte são homens (85 %). Metade dos entrevistados afirmaram ter origem em família produtora de erva-mate, sendo que o menor percentual foi observado no PR (40 %) e o maior no RS (69 %). Nos estados de SC e MS o resultado foi de 52 e 61 % respectivamente. Além disso, o tempo médio em que a família produz erva-mate é de 59,5 anos para os produtores com origem em família ervateira (Tabela 2). De maneira geral, há uma similaridade nos dados referentes aos produtores dos diferentes estados, entretanto, a idade média e o tempo da família na atividade dos produtores do MS destoaram dos demais. Isso pode ter ocorrido em razão da atividade ervateira nesse estado ter perdido importância para a pecuária e a produção de grãos ao longo do século XX, ficando restrito a poucos produtores familiares com reduzida perspectiva de sucessão familiar (MISSIO e RIVAS, 2019).

O estado do PR apresentou percentual menor de ascendência em família ervateira (Tabela 2). Este fato é interessante, sobretudo pela importância histórica do PR na produção de erva-mate no Brasil. Os ervais paranaenses tiveram origem em grandes propriedades extrativistas, havendo reorganização fundiária mais recente em relação aos demais estados do Sul, principalmente devido a migração ocorrida até 1970, sobretudo de poloneses e ucranianos (CORDEIRO, 2014; OLIVEIRA, 2018).

Tabela 2. Características dos produtores de erva-mate entrevistados.

Estado	Idade (anos)	Homens (%)	Família ervateira (%)	Tempo da família na atividade (anos)
RS	41,6	84	69	58,4
SC	48,1	90	52	57,4
PR	40,8	84	40	58,2
MS	54,8	78	61	88,7
Média geral	43	85	50	59,5
Desvio Padrão	14,6	36	0,5	22,9

Em relação à escolaridade, os resultados mostraram que 27,7 % dos produtores possuem nível fundamental; 26,4 % o nível médio; 2,9 % o nível técnico; 16,7 % nível superior em ciências agrárias e; 26,4 % possuem nível superior em outras áreas do conhecimento. A educação formal tem sido apontada como fator importante para a adoção de tecnologias no meio rural e conseqüentemente, para o melhor desempenho dos sistemas de produção agrícola (TOMA et al., 2018). Embora se possa considerar alta a proporção de mateicultores com nível superior (43,1 %), esse resultado é suficiente para atenuar a queda de produtividade observada no País nos últimos anos.

Em relação ao acesso à internet, 94,7 % dos produtores a utilizam via computadores pessoais, *tablets* ou *smartphones*. Entretanto, somente 34,3 % utilizam essas ferramentas no processo de gestão da propriedade. Por outro lado, 51,6 % dos produtores calculam o custo de produção. Esses resultados podem ser entendidos como fatores limitantes nos sistemas de produção de erva-mate, uma vez que a gestão é um fator importante, por permitir a redução do custo de produção e otimização de insumos e recursos naturais das propriedades (SOUZA FILHO et al., 2011). Atualmente, existem diversos softwares e aplicativos que auxiliam os produtores na gestão de propriedades rurais e na obtenção de informações técnicas (GRAYBILL-LEONARD et al., 2011; HAWLEY et al., 2018; ABDULLAHI et al., 2019; KHAN et al., 2019; PIVOTO et al., 2019), portanto, o incentivo à adoção de tais ferramentas poderia contribuir em aspectos como análise econômica, gestão de insumos e de épocas de manejo, entre outros.

No que tange à renda não agrícola, 61,4 % dos produtores afirmaram possuir alguma fonte alternativa. A renda não agrícola pode estar relacionada a outras atividades profissionais, a pensões ou aposentadorias. Por outro lado, somente 18,5 % dos entrevistados tem acesso ao crédito agrícola para financiar sua produção. O

acesso limitado ao crédito foi relatado também para diversas regiões ervateiras na Argentina, como um fator limitante à adoção de tecnologias nos ervais (MAYOL et al., 2014). Porém, o crédito agrícola tem sido relacionado com o desenvolvimento e a modernização da atividade agrícola no Brasil (SOUZA FILHO et al., 2011).

Dos produtores respondentes, 26 % afirmaram ser associados de alguma cooperativa. Entretanto, as cooperativas indicadas pelos agricultores são, em sua maioria, cooperativas de crédito ou agrícola com foco em grãos. As cooperativas com foco em erva-mate são comuns no Paraguai e sobretudo na Argentina, onde são responsáveis por importante fatia do mercado ervateiro desses países (MASLOFF, 2013; MAYOL et al., 2014). Por sua vez, o setor ervateiro brasileiro não pratica efetivamente os princípios do cooperativismo, havendo poucos exemplos no Rio Grande do Sul (CORREA et al., 2011).

Em relação à capacitação dos produtores na produção de erva-mate, 60,5 % dos respondentes afirmaram já ter participado de eventos ou cursos de curta duração, tendo em média, participado de 4,6 eventos. Eventos de capacitação são ferramentas de transferência tecnológica amplamente utilizados pela assistência técnica e são relacionados com bom manejo de culturas agrícolas (O'DONOGHUE e HEANUE, 2018; TOMA et al., 2018).

Apenas 28,2 % dos agricultores possuem assistência técnica (ATER), e recebem em média 0,6 visitas anuais. Entre os produtores que recebem ATER, 56,4 % contam com o serviço público e 44,6 % contratam ATER privada e a média de visitas é 2,5 por ano. Este resultado, aponta para a escassez de extensionistas da rede de ATER pública e que há espaço para profissionais autônomos atuarem no setor. Por outro lado, embora uma fração pequena de produtores tenha acesso à ATER, a maior parte (60,5 %) busca informações em eventos técnicos e cursos de curta duração.

O que estaria limitando o acesso dos produtores à ATER se a maioria dos eventos são realizados por profissionais da extensão rural? De acordo com LANDINI (2015), fatores como políticas públicas insuficientes, baixa oferta de profissionais no mercado e até mesmo a descrença em relação a efetividade da ATER poderiam ser respostas à questão. De fato, nos últimos 10 anos houve uma redução de 19,5 % das propriedades atendidas pela ATER pública no Brasil (IBGE, 2017). Nos quatro estados participantes desse trabalho, a redução foi de 8,2 % e esse fato provavelmente tem contribuído para a diminuição da produtividade dos ervais brasileiros. Outro ponto a

ser levantado seria a própria limitação financeira dos produtores, que não conseguiriam contratar profissionais para assisti-los.

Os resultados obtidos nesse trabalho coincidem com os observados no perfil tecnológico de produtores de erva-mate na Argentina e no Paraguai, sobretudo em relação à capacitação dos produtores e a assistência técnica (MASLOFF, 2013; MAYOL et al., 2014). No estudo argentino, a falta de ATER limitou o desempenho dos produtores, pois reduz a utilização da oferta tecnológica existente (MAYOL et al., 2014). No Paraguai, um estudo com 340 produtores de erva-mate apontou que o fator mais limitante à inovação foi a falta de assistência técnica (MASLOFF, 2013). A assistência técnica auxilia os produtores na tomada de decisão com base em conhecimento, aumentando a chance de desenvolverem suas atividades agrícolas satisfatoriamente (ANDERSON e FEDER, 2007; TAKAHASHI et al., 2020).

Um estudo recente indicou que a presença da extensão rural elevou a renda agrícola das propriedades brasileiras em função do aumento da produtividade, redução do custo de produção ou ambos (VIEIRA FILHO, 2019). Nesse contexto, fica evidente a necessidade da expansão da ATER para aumentar a produtividade dos ervais e conseqüentemente, a renda do mateicultor brasileiro. A extensão rural é fundamental para a difusão das novas tecnologias nos sistemas de produção (TAKAHASHI et al., 2020).

3.5.2. Perfil das propriedades rurais

Os resultados mostraram que a propriedade ervateira é relativamente pequena no Brasil, sendo que o tamanho médio dos ervais é de 34,9 ha (Tabela 3). Entretanto, esses dados apresentaram alto desvio-padrão, o que indica haver grande variação nas duas variáveis. De fato, uma análise de frequências para tamanho de propriedade evidenciou uma concentração de propriedades na classe de 1 a 50 ha e nos ervais de 1 a 17 ha.

Tabela 3. Análise descritiva de características das propriedades produtoras de erva-mate.

Variável	Respondentes	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Área da propriedade em hectare	312	85,7	254,9	0,8	2107
Área do erval em hectare	329	34,9	136,5	0,2	1936
Moradores da propriedade	329	2,9	2,7	0	30
Trabalhadores no erval	327	3,0	6,7	1	100

Esses dados diferem dos observados por MASLOFF (2013) com produtores de erva-mate no Paraguai, onde mais da metade dos ervais concentrou-se na faixa de 1 a 6 ha e somente 4,3 % dos cultivos teve mais de 50 ha. Em relação à mão de obra disponível nas propriedades, a média de trabalhadores nos ervais foi de 3, semelhante à média observada para moradores na propriedade (Tabela 3). Os resultados corroboram com a classificação da atividade ervateira como tipicamente de agricultura familiar, independentemente do sistema de cultivo empregado nas propriedades (MASLOFF, 2013; OLIVEIRA e WAQUIL, 2015; SIGNOR et al., 2015; MARQUES et al., 2019).

As regiões produtoras de erva-mate no Brasil compreendem também o centro de diversidade da espécie no país (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Dessa forma, os ervais podem possuir características contrastantes quanto a forma de obtenção da matéria-prima e o tipo de sistema de produção. Neste trabalho, foram delimitados quatro tipos de sistemas de produção: Erval extrativista, erval adensado, erval arborizado e erval monocultural (Apêndice 1). Nesse estudo, 71 % dos produtores possuem sombreamento em seus ervais, com base no extrativismo ou consórcios (com espécies arbóreas ou espécies remanescentes de florestas naturais) (Figura 4).

Dos produtores entrevistados, 6 % afirmaram que produzem erva-mate de forma extrativista e 29 % a cultivam em monocultura (Figura 4). A classificação utilizada nesse trabalho tem por base o grau de antropização ou tecnificação dos ervais, seguindo a ordenação: erval extrativista < erval adensado < erval arborizado < erval monocultural, sendo os três últimos considerados ervais cultivados. Essa classificação, adaptada de MATTOS (2011), difere da utilizada no Brasil para fins estatísticos, que separa ervais monoculturais dos ervais sombreados (extrativista, adensado e arborizado) (IBGE, 2020a; b). Entretanto, tal classificação não permite um diagnóstico adequado dos sistemas de produção, pois o agrupamento de ervais cultivados sombreados com os extrativistas, que possuem regulamentações distintas (BRASIL, 2017) acaba ocultando o potencial produtivo dos diferentes sistemas de produção.

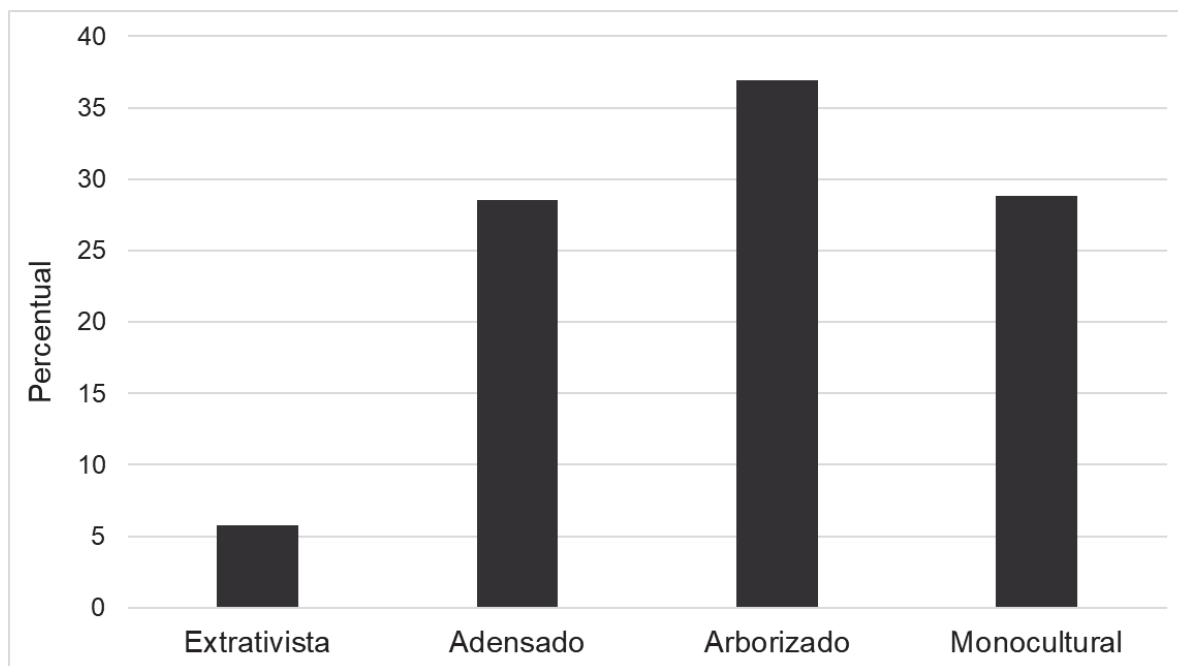


Figura 3. Proporção de ervais em função do tipo de sistema produtivo, tamanho da amostra = 382. Extrativista: 100 % das erveiras são nativas. Adensado: parte das erveiras foram introduzidas na área, em remanescentes da floresta natural. Arborizado: erva-mate em consórcio com outras espécies arbóreas, que tem função de sombreamento. Monocultural: erval em monocultivo.

As características médias dos ervais em produção indicaram que a densidade de plantas utilizadas pelos produtores está em conformidade com as recomendações técnicas atuais (Tabela 4). A área útil média por planta foi de 4,36 m², semelhante ao recomendado de 4,5 m² (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

A variação observada nas variáveis referentes ao estande de plantas indica que existem ervais com excesso e outros com escassez de plantas (Tabela 4). Densidades acima de 2.500 plantas por hectare favorecem a competição intraespecífica e dificultam a execução de práticas de manejo como roçada e colheita (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

A idade média dos ervais foi de 16,8 anos com desvio-padrão de 11,1 (Tabela 4), indicando que os ervais estão em fase de produção. Entretanto, não há um consenso quanto a longevidade de erveiras em ervais cultivados, embora sejam encontradas erveiras de até 100 anos em remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (SANTIN et al., 2010).

Tabela 4. Análise descritiva da condução de ervais em produção.

Características	Respondentes	Média	Desvio-padrão
Espaçamento entre plantas (m)	386	1,81	0,5
Espaçamento entre fileiras (m)	380	2,41	0,7
Densidade de plantas (ha)	298	2473,6	1324,3
Idade das erveiras (anos)	339	16,8	11,1
Idade na poda de formação (anos)	263	2,5	1,0
Altura da poda de formação (cm)	256	64,1	44,4
Altura primeiros galhos produtivos (cm)	347	75,1	50,8
Erveiras improdutivas (%)	399	11,1	13,5
Intervalo entre colheitas (meses)	350	23,3	7,0
Folhas remanescentes após colheita (%)	352	17,1	11,3

A idade média das erveiras na poda de formação foi de 2,5 anos a uma altura de 64,1 cm, enquanto a altura dos primeiros ramos produtivos foi de 75,1 cm (Tabela 4). Além disso, o intervalo entre as colheitas e o percentual de folhas remanescentes ficaram abaixo das recomendações atuais para a cultura, que são 18 meses e 20 a 30 %, respectivamente (Tabela 4). Essas características são referentes à arquitetura e manejo das plantas e são consideradas críticas para o bom desempenho dos ervais cultivados (SANTIN et al., 2010; MAYOL et al., 2014; GOULART e PENTEADO JUNIOR, 2016; SANTIN et al., 2019).

O crescimento monopodial da erva-mate requer controle da altura por meio das podas, que as mantém em altura controlada, emitindo brotações desde a base do tronco (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2017). Entretanto, a manutenção de plantas altas, implica na redução da produtividade, aumento de custos de colheita e complicações para atendimento à legislação trabalhista brasileira (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

Em relação às folhas remanescentes, a manutenção de 20 a 30 % de folhas após a colheita é fundamental para uma adequada brotação e reposição da copa, mantendo área foliar suficiente para produção de fotoassimilados e permitindo a colheita em 18 meses (SANTIN et al., 2010; SANTIN et al., 2019). Em ervais com baixa tecnologia, sobretudo em relação a reposição nutricional, as colheitas tendem a ter intervalos de 24 meses ou mais (SANTIN et al., 2015).

3.5.3. Perfil tecnológico

Metade dos produtores afirmam que realizam análise de solo e mais de 60 % realizam adubação de seus ervais (Tabela 5). Ou seja, parte dos produtores que aplica adubação não realiza análise de solo. Este fato, associado ao baixo percentual de produtores com assistência técnica, evidência que a adubação praticada pelos mateicultores pode não atender a demanda nutricional da erva-mate cultivada.

A aplicação de calcário foi apontada por somente 34 % dos mateicultores, embora seja uma prática recomendada (Tabela 5). Na cultura da erva-mate o calcário tem o objetivo de fornecer Ca e Mg, não sendo necessário a elevação do pH, como ocorre em culturas anuais (SANTIN et al., 2013b; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Especula-se que no passado, aplicações de calcário em altas doses, e ou, plantios em áreas agrícolas corrigidas, pode ter afetado negativamente os ervais, fazendo com que se criasse uma rejeição de tal prática por parte dos produtores. De fato, o desconhecimento sobre os tipos de fertilizantes e seus efeitos na erva-mate foi relatado por MAYOL et al. (2014), como um fator limitante ao uso de calcário e adubos na cultura.

Tabela 5. Percentual de adotantes de tecnologias recomendadas para produção de erva-mate.

Tecnologias de produção	Respondentes	Adotantes (%)
Análise de solo	413	50,4
Calcário	378	34,0
Adubação	380	60,5
Mudas melhoradas	427	29,3
Viveiros Registrados	424	59,2
Preparo do solo	426	61,0
Proteção de mudas no plantio	392	56,9
Poda formação	375	74,7
Limpeza ou puxe	351	29,9
Rebaixamento de copa	352	58,8
Decepa	352	49,4

As mudas adquiridas pelos produtores entrevistados são em sua maioria mudas comuns, ou seja, as mudas melhoradas são utilizadas por menos de 30 % dos entrevistados, embora mais da metade das mudas sejam compradas em viveiros registrados (Tabela 5). A não utilização de genótipos superiores é um fator preocupante. O baixo uso pelos produtores poderia ser explicado pelo maior preço

das mudas melhoradas em comparação com mudas comuns sem procedência, por desconhecimento do potencial produtivo ou ambos. Atualmente, parte das mudas de erva-mate disponíveis aos produtores tem origem desconhecida (STURION et al., 2017). O preço de mudas melhoradas tem sido 45 % maior em comparação com mudas sem procedência (Informação pessoal). O fator econômico foi a principal limitação para adoção de variedades melhoradas de erva-mate e de outras culturas por produtores rurais (MAYOL et al., 2014; KALIBA et al., 2018; SANCHEZ-TOLEDANO et al., 2018; TUFA et al., 2019).

A maior parte (61 %) dos produtores entrevistados relataram que realizam o preparo do solo antes de plantar a erva-mate (Tabela 5). Entretanto, 39 % responderam que não realizam tal prática. Todos os produtores que realizam o preparo do solo mencionaram utilizar o preparo em linha de plantio ou em covas, isso indica uma preferência pelo preparo conservacionista do solo para erva-mate (DEDECEK e RODIGHIERI, 1999), em detrimento a práticas não conservacionistas como o preparo de solo em área total. O preparo em covas, por outro lado, pode estar relacionado ao tipo de relevo da propriedade e ao remanescente florestal presente nos talhões, impedindo o preparo do solo em linha, com a utilização de maquinário. De forma geral, falhas no preparo do solo limitam o desenvolvimento das mudas, de forma que o efeito negativo é percebido no terceiro ou quarto ano após o plantio, sendo necessário a substituição das plantas afetadas (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

A proteção de mudas no plantio foi adotada por pouco mais da metade dos produtores (Tabela 5). Esta prática consiste na colocação de uma lâmina de madeira ao lado da muda, evitando que os raios solares do período da tarde incidam diretamente sobre as folhas. Esse nível de adoção pode ser explicado pela proteção exercida pela sombra das árvores presentes nos ervais, visto que mais de 71 % dos ervais apresentam sombreamento (Figura 3).

A poda de formação é uma prática crucial para a cultura da erva-mate pois é a primeira poda e tem o objetivo de quebrar a dominância apical e estimular as brotações laterais das plantas (MAYOL et al., 2014; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). A maior parte dos produtores (75 %) realizam a poda de formação. Entretanto, a poda de limpeza, realizada para eliminar galhos finos centrais da copa e melhorar o microclima no interior da mesma é realizado por apenas 29,9 % dos produtores (Tabela 5). Resultado semelhante observado por (MAYOL et al., 2014) em

quatro províncias produtoras na Argentina, nas quais os produtores adotavam a prática em no máximo 30 % da área de produção. A poda de limpeza é uma prática de manejo integrado de pragas e doenças na erva-mate e tem efeitos positivos na produtividade da cultura, de forma que sua adoção deve ser estimulada.

O rebaixamento de copa e a decepa são tecnologias recomendadas em ervais em produção com o objetivo de controlar ou reduzir drasticamente a altura de plantas improdutivas (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Dos produtores entrevistados 58,8 % afirmaram realizar rebaixamento enquanto 49 % realizam a decepa (Tabela 5). Conforme mencionado anteriormente, na medida em que a altura da planta se eleva, a emissão dos primeiros ramos produtivos também se eleva, aumentando custos de colheita e reduzindo produção por planta, em razão da menor área útil de copa (SANTIN et al., 2010; MASLOFF, 2013; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2017).

No presente estudo, a maior parte dos produtores afirmaram utilizar ferramentas recomendadas, entretanto, 37 % ainda utilizam ferramentas não recomendadas para a cultura (Figura 5A). As ferramentas de poda influenciam na qualidade e no acabamento do corte, e por consequência na cicatrização das plantas. Cortes mal realizados, geralmente apresentam ranhuras ou lascas que facilitam a ação de pragas e doenças (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2017).

Outro fator relacionado às podas é a mão de obra contratada para realização das operações. Os resultados indicam que 42 % dos produtores contratam mão de obra treinada para realizar a poda, enquanto outros 29 % contratam trabalhadores sem treinamento (Figura 5B). Os demais produtores não contratam mão de obra para a poda. Resultados semelhantes foram observados em ervais na Argentina, nos quais cerca de 40 % dos produtores utilizam mão de obra qualificada para realizar as podas, havendo uma correlação positiva entre a qualificação da mão de obra e produtividade (MAYOL et al., 2014). Nesse sentido, a qualificação dos podadores é fundamental para o manejo da arquitetura e sanidade das plantas.

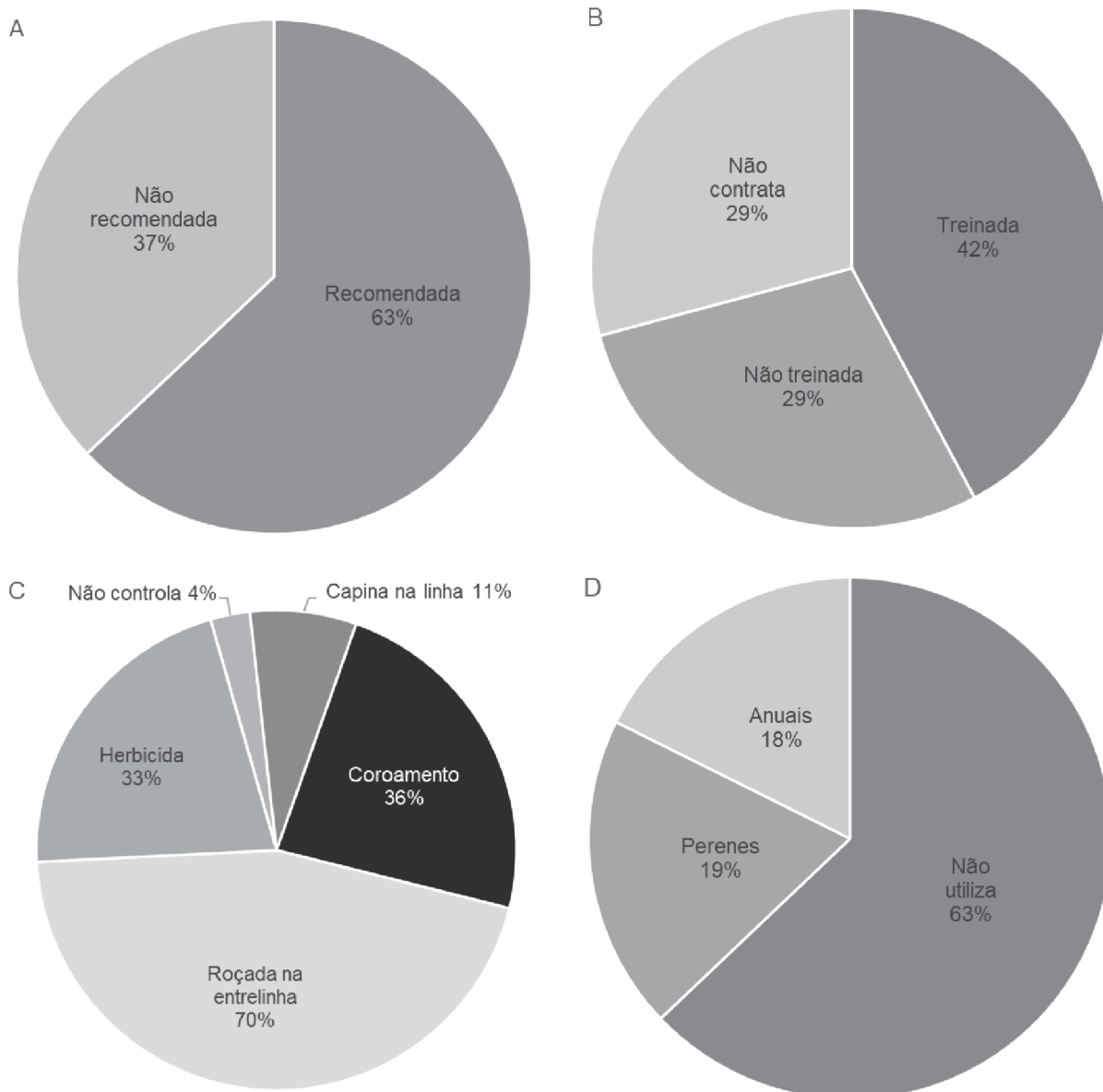


Figura 4. Ferramenta de podas (A, n=348); mão de obra para podas (B, n=353); controle de plantas daninhas (C, n=391); e cobertura vegetal (D, n= 380) utilizados por produtores de erva-mate no Brasil.

A competição com plantas daninhas é um fator importante para a erva-mate, afetando tanto aspectos fisiológicos como nutricionais (DAVID et al., 2018). O controle de plantas daninhas foi adotado por 96 % dos produtores de erva-mate (Figura 5C). A maior parte dos produtores opta pelas roçadas nas entrelinhas, enquanto cerca de 11 % realiza a capina nas linhas de plantio (Figura 5C). O coroamento, que é prática recomendada em pós-plantio, foi mencionada por pouco mais de um terço dos produtores.

O controle químico com a utilização de herbicidas foi apontado por 33 % dos produtores (Figura 5C). A análise sobre os produtos utilizados indicou que 95 % dos

adotantes utilizam formulações de glifosato nos cultivos. Entretanto, no Brasil não existem herbicidas registrados para uso na cultura da erva-mate (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

Além do controle físico de plantas daninhas, o uso de coberturas vegetais é recomendado na cultura da erva-mate (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Entretanto, a maioria dos produtores não utilizam esta prática (Figura 5D). As coberturas vegetais, além de suprimir espécies indesejadas, podem fixar nitrogênio do ar e incrementar matéria orgânica nos solos. A baixa adoção apresentada, de acordo com os dados obtidos, pode estar relacionada com o desconhecimento por parte dos agricultores como pela presença de sombra, o que limita o estabelecimento de algumas espécies de cobertura.

3.5.4. Níveis de produtividade e manejo

A produtividade declarada pelos produtores entrevistados foi de 7,3 t/ha.23 meses, sendo de 10,7 t/ha.19 meses no RS; 8,1 t/ha.25 meses no MS; 7,3 t/ha.25 meses em SC e 5,7 t/ha.23 meses no PR. Esses resultados estão de acordo com a produtividade média brasileira de 7,6 t/ha e a dos estados do RS, MS, SC e PR que foram 10,0; 7,3; 5,9 e 6,7, respectivamente (IBGE, 2020a). CARMO et al. (2018) ao analisarem a produtividade média de erva-mate nos três estados da Região Sul do Brasil no período de 1992 e 2015, reportaram produtividades de: 9,8 t/ha no RS; 8,6 t/ha em SC e; 5,8 t/ha no PR, valores semelhantes aos observados no presente trabalho. Entretanto, produtividades acima de 20 t/ha tem sido observado em ervais cultivados com alta adoção tecnológica (GOULART e PENTEADO JUNIOR, 2016; SANTIN et al., 2017a; SANTIN et al., 2019).

A diferença de produtividade entre os estados pode estar relacionada, entre outros fatores, com a área de extrativismo de erva-mate e de ervais adensados em maior proporção nos estados do PR e SC. Isso ocorre devido à sombra das árvores em consórcio com a erva-mate que limitam a produção de biomassa no sub-bosque (MATTOS, 2011; SIGNOR et al., 2015). Nos ervais arborizados, a densidade de plantio das espécies arbóreas é controlada de forma a não afetar negativamente o erval (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Além disso, no presente estudo, os dados indicam que no RS, 68,6 % dos produtores afirmaram adubar seus ervais enquanto no PR tal prática é adotada por apenas 44,3 % dos produtores.

Provavelmente, as diferenças nos níveis de tecnificação entre os estados, afetam de maneira distinta o desempenho dos seus ervais.

A produtividade média brasileira está aquém do potencial da erva-mate com base na tecnologia de produção disponível atualmente. Diante disso, a média de 7,3 t/ha e o desvio de 4,9 t/ha foram utilizados para criar três níveis de produtividade (baixo, médio e alto), com objetivo de compreender quais tecnologias apresentam maior efeito na produtividade nos diferentes níveis.

A maior parte dos produtores foram agrupados no nível baixo, seguido do nível médio e por último o nível alto. Pode-se observar que diversas características não variaram consideravelmente entre os níveis, como por exemplo a densidade de plantas e os espaçamentos entre plantas e entre fileiras (Tabela 6). Por outro lado, características como controle de plantas daninhas e número de operações de controle aumentaram suavemente com o aumento de nível tecnológico, enquanto outros fatores, tais como, o uso de mudas melhoradas, proteção de mudas no plantio, eliminação de ramos doentes e cálculo de custo de produção aumentaram acentuadamente (Tabela 6).

Os fatores relacionados ao manejo do solo apresentaram adoção crescente com o aumento do nível de manejo. A adubação por exemplo, foi adotada por 65,8 %; 85,9 % e 100,0 % dos produtores nos níveis: baixo, médio e alto, respectivamente (Tabela 6). Em relação à arquitetura de plantas e sistema de podas, também é possível notar diferenças entre os níveis. A altura dos primeiros ramos produtivos tende a ser menor nos ervais de maior nível, bem como a percentagem de folhas remanescentes.

A decepa e o rebaixamento de copa, são mais adotados nos ervais de maior nível de manejo (Tabela 6). Esses resultados indicam que o aumento da adoção de boas práticas de produção de erva-mate proporciona o aumento na produtividade, confirmando a determinação dos níveis de produtividade por esse fator como satisfatória. Nesse sentido, no nível baixo, a produtividade média foi de 4,5 t/ha, e no nível alto a média foi de 21,1 t/ha (Tabela 6).

Tabela 6. Perfil tecnológicos dos ervais analisados em função dos níveis de produtividade propostos.

Tecnologias de produção	Níveis de produtividade ¹		
	Baixo	Médio	Alto
Mudas melhoradas (%)	17,9	46,7	53,3
Preparo de solo (%)	54,1	68,5	73,3
Espaçamento entre plantas (m)	1,87	1,72	1,68
Espaçamento entre fileiras (m)	2,46	2,34	2,40
Densidade de plantas (plantas/ha)	2.388,4	2.459,6	2.431,8
Proteção de mudas (%)	50,3	74,2	80,0
Controle de plantas daninhas (%)	93,8	98,9	100,0
Controle de plantas daninhas (nº/ano)	2,2	2,5	1,9
Análise de solo (%)	39,9	60,9	85,7
Adubação (%)	43,6	83,7	100,0
Calcário (%)	25,9	39,1	60,0
Cobertura vegetal (%)	27,7	55,4	66,7
Eliminação de ramos doentes/atacados (%)	42,1	58,7	71,4
Poda de formação (%)	65,8	85,9	100,0
Época da poda de formação (anos)	2,6	2,5	2,0
Altura da poda de formação (cm)	62,6	63,2	46,7
Poda de limpeza (%)	19,6	44,6	66,7
Folhas remanescentes (%)	15,6	17,8	20,8
Intervalo entre colheita (meses)	24,7	21,1	21,6
Decepa (%)	43,4	59,3	66,7
Rebaixamento de copa (%)	54,6	64,8	80,0
Altura dos ramos produtivos (cm)	84,3	61,4	60,3
Ferramenta de poda recomendada	55,4	70,0	86,7
Podadores treinados (%)	41,3	39,1	100,0
Idade das erveiras em produção (anos)	17,6	16,3	21,9
Produtividade (t/ha)	4,5	11,1	21,1
Treinamento em erva-mate (%)	59,4	63,3	86,7
Treinamento em erva-mate (nº)	1,9	2,6	3,9
Tecnologias para gestão (%)	26,8	40,2	53,3
Assistência técnica (%)	22,9	30,3	46,7
Vistas de assistência técnica (nº/ano)	0,4	0,8	2,2
Custo de produção (%)	42,0	60,9	80,0

¹Níveis de produtividade, em t/ha: Baixo, $x \leq 7,3$; Médio: $7,3 > x < 17,1$; Alto, $x \geq 17,1$. Da amostra de produtores avaliada, 64,6 % está no nível baixo; 30,4 % no médio e; 5,0 % no alto.

Os aspectos relacionados a assistência técnica e a capacitação dos produtores apresentaram valores crescentes. A assistência técnica variou de 22,9 a 46,7 %, enquanto o número de visitas anuais oscilou de 0,4 a 2,2 entre os níveis (Tabela 6). Esse resultado reforça a importância da assistência técnica para a cultura, indicando que ao menos duas visitas anuais poderiam ser suficientes para atender as necessidades dos produtores. Entretanto, como já discutido, menos da metade dos produtores contam com este serviço.

O percentual de produtores que realizaram algum treinamento sobre a erva-mate subiu de 59,4 % no nível baixo para 86,7 % no nível alto. Além disso, o número médio de capacitação foi de 1,9 e 3,9 nos respectivos níveis (Tabela 6). Diversos autores relataram a relação positiva da capacitação dos produtores e a presença da ATER nas propriedades, resultando em maior adoção tecnológica e melhor desempenho nos ervais e em outras culturas (SOUZA FILHO et al., 2011; MASLOFF, 2013; MAYOL et al., 2014; JEROP et al., 2018; VIEIRA FILHO, 2019).

A análise das tecnologias entre níveis sugere haver particularidades em ervais de baixo, médio e alto nível de produtividade. Um dos desafios do setor ervateiro passa a ser o desenvolvimento de políticas públicas que contribuam na melhoria do desempenho dos ervais a partir da adoção de boas práticas de produção, elevando-os a patamares de produtividade superiores. Para tanto, o trabalho da assistência técnica utilizando o conceito de nível tecnológico poderia aumentar a eficiência do processo de difusão, ao dar enfoques específicos a cada nível. Diversos autores relatam que a adoção é facilitada quando ocorre por etapas, partindo de tecnologias simples e baratas, que estimulam a adoção posterior de tecnologias mais complexas e onerosas (ALDANA et al., 2011; SCHIMMELPFENNIG e EBEL, 2016; KHONJE et al., 2018). Esta estratégia poderia otimizar o trabalho da assistência técnica pública que tem diminuído no Brasil, conforme discutido anteriormente.

Os resultados obtidos na avaliação níveis de produtividade indicam que ervais de médio e alto nível apresentam maiores percentuais de fatores de produção aplicados no cultivo. Complementarmente, as tecnologias de produção foram analisadas pelo método logístico multinomial de forma a determinar as de maior impacto no aumento da produtividade dos ervais. O coeficiente β indica o log da razão de chance das variáveis adotadas no nível baixo, em relação ao nível médio e alto. Em caso de significância, o sinal positivo indica que a adoção da tecnologia aumenta a chance de o erval estar no nível médio ou alto. Por outro lado, o sinal negativo indica maior chance de o erval estar no nível baixo (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativa dos coeficientes da regressão (β) e do erro padrão para as tecnologias de produção nos níveis de produtividade médio e alto, em relação ao nível baixo.

Tecnologias de produção	Níveis de produtividade			
	Médio		Alto	
	β	Erro padrão	β	Erro padrão
Mudas melhoradas	1,180***	0,392	1,122***	0,138
Preparo de solo	0,304	0,394	0,089	0,122
Densidade de plantas	0,0001	0,000	-0,0001	0,000
Controle de plantas daninhas	27,047***	0,070	10,101***	0,061
Adubação	1,349***	0,200	26,877***	0,061
Calcário	-0,994**	0,392	0,269	0,176
Cobertura vegetal	0,317	0,399	-0,562***	0,15
Controle de pragas	0,412	0,254	0,871**	0,402
Idade na poda de formação	0,021	0,200	-0,716*	0,383
Altura da poda de formação	-0,002	0,004	-0,009	0,011
Limpeza-puxe	0,524	0,397	1,087***	0,172
Folhas remanescentes	0,013	0,017	0,022	0,033
Intervalo entre colheitas	-0,061**	0,030	0,120**	0,058
Renovação por decepta	-0,409	0,392	-0,408**	0,168
Rebaixamento	-0,49	0,333	-1,022***	0,177
Altura dos galhos produtivos	-0,581	0,366	-0,507***	0,148
Ferramenta de poda	-0,227	0,397	1,412***	0,066
Erveiras improdutivas	-0,028	0,018	0,034*	0,019
Constante	-27,112***	0,07	-41,301***	0,061

* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

A maior parte das tecnologias foram significativas para o nível alto em comparação com o nível médio. Isso quer dizer que, para ter alta produtividade, o produtor cujo erval tem baixo nível tecnológico necessita adotar mais tecnologias do que para atingir o nível médio de produtividade (Tabela 7).

Por outro lado, as tecnologias determinantes para alta produtividade foram as mudas melhoradas, o controle de plantas daninhas a adubação, o controle de pragas, a poda de limpeza, o intervalo entre colheitas, a altura dos primeiros ramos produtivos, e as ferramentas de poda recomendadas (Tabela 3). Esses resultados sugerem que a elevação da produtividade de ervais cultivados depende inicialmente da adoção ou ajuste das tecnologias citadas acima e que o alcance de altas produtividades depende de maior grau de adoção tecnológica.

Os resultados obtidos nesse trabalho podem orientar o planejamento de políticas públicas e ações de transferência e difusão de tecnologias para produção de erva-

mate tanto para profissionais de assistência técnica pública ou privada e para agricultores. Nesse sentido, a indicação de tecnologias apropriadas para os níveis de produtividade, que podem ser entendidos, como níveis tecnológicos, pode aumentar a efetividade da ATER. Além disso, a aplicação da metodologia empregada neste trabalho em regiões ou polos produtores, permitirá a determinação dos fatores mais importantes em cada local, contribuindo para otimizar o trabalho da ATER em grupos específicos de produtores.

A avaliação do perfil tecnológico dos produtores de erva-mate indicou haver grande variabilidade na adoção das tecnologias de produção. A adoção de boas práticas de produção é pequena e conseqüentemente, a maior proporção dos ervais foi classificada como de baixa produtividade.

As tecnologias necessárias para aumentar a produtividade, como a nutrição da planta e o sistema de podas são pouco ou erroneamente utilizadas. Além disso, há uma escassez de assistência técnica para a cultura, embora sua presença seja determinante para que os ervais cultivados atinjam níveis satisfatórios de produtividade. Outros trabalhos visando compreender o perfil tecnológico devem ser executados nas diferentes regiões ervateiras, visando obter maior detalhamento e contribuindo para realização de ações pontuais de transferência e difusão tecnológica no setor.

3.6. CONCLUSÕES

Os estabelecimentos rurais produtores de erva-mate no Brasil podem ser caracterizados como familiares de pequeno e médio porte com produção diversificada e baixo grau de adoção tecnológica.

A maior parte dos ervais avaliados é comercial com algum nível de sombreamento, não extrativistas. O desempenho produtivo pode ser considerado baixo, em comparação com ervais tecnificados ou experimentais.

A maior proporção dos ervais avaliados encontra-se em nível tecnológico baixo, demandando, sobretudo, tecnologias de poda de formação, de colheita e adubação que podem ser consideradas críticas para cultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as instituições: Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, Mato Grosso do Sul; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Rio Grande do Sul; Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; Fazenda Água Viva, General Carneiro, Paraná; Inovamate Agrotecnologia e; Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, Paraná, pelo apoio na divulgação e nas entrevistas com produtores.

3.7. REFERÊNCIAS

- ABDULLAHI, K. A., O. I. OLADELE; O. J. YUSUF. Use of Mobile Phone Applications by Farmers in North West Nigeria. **Journal of Agricultural Extension**, v.23, n.3, p.182-195, 2019.
- ALDANA, U., J. D. FOLTZ, B. L. BARHAM; P. USECHE. Sequential Adoption of Package Technologies: The Dynamics of Stacked Trait Corn Adoption. **American Journal of Agricultural Economics**, v.93, n.1, p.130-143, 2011.
- ANDERSON, J.; G. FEDER. Agricultural Extension. In: R. Evenson e P. Pingali (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Amsteden: Elsevier, v.3, 2007, p.3031
- BALSAN, G., L. C. PELLANDA, G. SAUSEN, T. GALARRAGA, D. ZAFFARI, B. PONTIN; V. L. PORTAL. Effect of yerba mate and green tea on paraoxonase and leptin levels in patients affected by overweight or obesity and dyslipidemia: a randomized clinical trial. **Nutrition Journal**, v.18, n.1, p.5, 2019.
- BISOGNIN, D. A., L. V. D. LUZ, K. H. LENCINA, C. O. D. SANTOS; C. K. SAUTTER. Contents of total phenolics and flavonoids in and antioxidant activity of Ilex paraguariensis leaves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, p.1 - 8, 2019.
- BOAVENTURA, B. C. B., P. F. DI PIETRO, G. A. KLEIN, A. STEFANUTO, E. C. DE MORAIS, F. DE ANDRADE, E. WAZLAWIK; E. L. DA SILVA. Antioxidant potential of mate tea (Ilex paraguariensis) in type 2 diabetic mellitus and pre-diabetic individuals. **Journal of Functional Foods**, v.5, n.3, p.1057-1064, 2013.
- BRASIL, M. M. A. **Erva-mate: boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico**. Brasília, DF: MMA, 2017. 72 p.
- CARDOZO JUNIOR, E. L.; C. MORAND. Interest of mate (Ilex paraguariensis A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health – A review. **Journal of Functional Foods**, v.21, p.440-454, 2016.
- CARMO, F., N. FIEDLER, M. SILVA, S. GONÇALVES, P. GUIMARAES; D. LIRA. Efeito da área e produtividade na produção de erva-mate no brasil. **Nativa**, v.6, p.85, 2018.
- COELHO, G. C. Ecosystem services in brazilian's southern agroforestry systems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.20, n.3, p.475-492, 2017.
- CORDEIRO, V. D. A imigração ucraniana ao Paraná: memória, identidade e religião. **Tempo Social**, v.26, p.292-295, 2014.

CORREA, G., T. M. FONSECA, I. B. MELO, A. GRISON, A. RUFFATO, M. J. S. MEDRADO, R. L. CANSIAN, L. J. M. VILCAHUAMÁN; S. R. FELIZARI. **Cambona 4: desenvolvimento de uma progênie biclonal de erva-mate em Machadinho, RS.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011, p.28. (Embrapa Florestas, Documentos 224)

COSTA, D. E. M., A. M. C. RACANICCI; Â. P. SANTANA. Atividade antimicrobiana da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) contra microrganismos isolados da carne de frango. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, p.1 - 7, 2017.

DAVID, F., L. GALON, G. PERIN, G. CONCENÇO, A. CASTAMANN, C. FORTE, P. DAVID, A. MOSSI, A. ANDRES; I. SANTOS MOISINHO. Weed Interference in the Morphophysiological and Nutritional Characteristics of Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*). **American Journal of Plant Sciences**, v.09, p.435-445, 2018.

DEDECEK, R. A.; H. R. RODIGHERI. Sistemas de preparo do solo em cultivos anuais intercalados em erva-mate. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.38, p.77-88, 1999.

FACCIN, C., L. R. VIEIRA; E. M. D. FREITAS. Application of yerba mate (*Ilex paraguariensis* a.St.-hil.) in food - a review. **Caderno pedagógico**, v.12, n.3, p.200-210, 2015.

FAO, F. A. A. O.-. **Maté production, 2018.** 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 28 mar 2020.

GOULART, I. C. G. R.; J. F. PENTEADO JUNIOR. Erva 20: sistema de produção de erva-mate. In: V. Porfírio-Da-Silva, S. D. R. C. Penteado, *et al* (Ed.). **Seminário Erva-Mate XXI: Modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate.** Curitiba: Embrapa, 2016, p.44-47. (Embrapa Florestas. Documentos, 298)

GRAYBILL-LEONARD, M., C. MEYERS, D. DOERFERT; E. IRLBECK. Using Facebook as a communication tool in agricultural-related social movements. **Journal of Applied Communications**, v.95, p.45-56, 2011.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis.** New York: Pearson, 2018. 1176 p.

HAWLEY, J. L., K. HALL; A. CHOWDHURY. Agricultural communicators' use of mobile devices and social media in USA. **Rural Extension & Innovation Systems**, v.14, n.1, p.101-109, 2018.

HLAVAC, M. **Stargazer: Well-Formatted Regression and Summary Statistics Tables.** R package version 5.2.1. Bratislava, Slovakia: Central European Labour Studies Institute 2018. <<https://CRAN.R-project.org/package=stargazer>>

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos.** 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 02 fev 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção Agrícola Municipal.** 2020a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção do extrativismo vegetal e silvicultura.** 2020b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

JEROP, R., P. DANNENBERG, O. GEORGE, M. PATIENCE, P. KIMURTO, M. WILLKOMM; G. HARTMANN. Factors affecting the adoption of agricultural innovations on underutilized cereals: The case of finger millet among smallholder farmers in Kenya. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, p.1888-1900, 2018.

KALIBA, A. R., K. MAZVIMAVI, T. L. GREGORY, F. M. MGONJA, M. J. A. MGONJA; F. ECONOMICS. Factors affecting adoption of improved sorghum varieties in Tanzania under information and capital constraints. **Agricultural and Food Economics**, v.6, n.1, p.1-21, 2018.

KHAN, N. A., G. QIJIE, S. ALI, B. SHAHBAZ; A. A. SHAH. Farmers use of mobile phone for accessing agricultural information in Pakistan. **Ciência Rural**, v.49, n.10, 2019.

KHONJE, M. G., J. MANDA, P. MKANDAWIRE, A. H. TUFA; A. D. ALENE. Adoption and welfare impacts of multiple agricultural technologies: evidence from eastern Zambia. **Agricultural Economics**, v.49, n.5, p.599-609, 2018.

LANDINI, F. P. Problemas enfrentados por extensionistas rurais brasileiros e sua relação com suas concepções de extensão rural. **Ciência Rural**, v.45, p.371-377, 2015.

MARQUES, A. D. C., M. S. D. REIS; V. F. DENARDIN. As paisagens da erva-mate: Uso das florestas e conservação socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, v.22, p.1-22, 2019.

MASLOFF, V. M. A. **Yerba Mate: Compendio de experiencias en la recuperación de agroecosistemas yerbateros**. Encarnación: MR Producciones, 2013. 93 p.

MATTOS, A. G. **Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. Sant. Hil) nativa em exploração no planalto norte catarinense**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. 176 p.

MAYOL, R. M., S. I. GIANCOLA, M. V. LAVECINI, J. F. AIASSA, S. DI GIANO, M. L. SALVADOR, M. DA RIVA, D. O. ACUÑA; M. D. RABAGLIO. **Causas que afectan la adopción de tecnología en productores de yerba mate en la provincia de Misiones: enfoque cualitativo**. Buenos Aires: INTA, 2014, p.74. (Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología 8)

MELO, W. V.; C. S. BIANCHI. Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, p.43-59, 2015.

MISSIO, F. J.; R. M. R. RIVAS. Aspectos da Formação Econômica de Mato Grosso do Sul. **Estudos Econômicos**, v.49, p.601-632, 2019.

O'DONOGHUE, C.; K. HEANUE. The impact of formal agricultural education on farm level innovation and management practices. **The Journal of Technology Transfer**, v.43, n.4, p.844-863, 2018.

OLIVEIRA, M. D. A sociologia da imigração no Brasil entre as décadas de 1940 e 1970. **Sociologias**, v.20, p.198-228, 2018.

OLIVEIRA, S. V. D.; P. D. WAQUIL. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.45, p.750-756, 2015.

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Poda em erva-mate plantada**. Colombo: Embrapa Florestas, v.313, 2017. 28 p. (Embrapa Florestas, Documentos 313)

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Erva 20: sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.

PIVOTO, D., B. BARHAM, P. D. WAQUIL, C. R. FOGUESATTO, V. F. D. CORTE, D. ZHANG; E. TALAMINI. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.22, n.4, p.571-588, 2019.

R CORE TEAM. **Foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase',** R package version 0.8-72. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2019a. <<https://CRAN.R-project.org/package=foreign>>

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2019b. <<https://www.R-project.org/>>

SANCHEZ-TOLEDANO, B. I., Z. KALLAS, O. P. ROJAS; J. M. GIL. Determinant Factors of the Adoption of Improved Maize Seeds in Southern Mexico: A Survival Analysis Approach. **Sustainability**, v.10, n.10, p.22, 2018.

SANTIN, D., E. BENEDETTI, N. BARROS, I. ALMEIDA; I. WENDLING. Intervalos de colheita e adubação potássica influenciam a produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no estado do paraná. **Floresta**, v.46, p.509, 2017.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, N. F. DE BARROS, I. C. DE ALMEIDA, G. F. SIMIQUELI, J. C. L. NEVES, I. WENDLING; C. B. REISSMANN. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. **Ciencia Florestal**, v.29, n.3, p.1199-1214, 2019.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, J. F. KASEKER, M. C. BASTOS, C. B. REISSMANN, I. WENDLING; N. F. DE BARROS. Growth and nutrition of mate tea submitted to liming. **Ciencia Florestal**, v.23, n.1, p.55-66, 2013.

SANTIN, D., C. B. REISSMANN; E. L. BENEDETTI. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. In: I. Wendling e D. Santin (Ed.). **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p.99-195

SANTIN, D., I. WENDLING, E. L. BENEDETTI, G. E. BRONDANI, C. B. REISSMANN, D. MORANDI; L. F. ROVEDA. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.56, p.97-104, 2010.

SCHIMMELPFENNIG, D.; R. EBEL. Sequential Adoption and Cost Savings from Precision Agriculture. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v.41, n.1, p.97-115, 2016.

SCHIRIGATTI, E. L., J. C. G. L. D. SILVA, A. N. D. ALMEIDA, A. J. D. SANTOS; N. D. A. RUCKER. Vantagem comparativa e matriz de competitividade do mate brasileiro e argentino, no período de 1997-2011. **Ciencia Florestal**, v.28, p.1807-1822, 2018.

SIGNOR, P., G. S. GOMES; L. F. WATZLAWICK. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.83, p.199-208, 2015.

SOUZA FILHO, H., M. BUAINAIN, J. M. F. J. SILVEIRA; M. VINHOLIS. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.28, p.223-255, 2011.

STURION, J. A., C. A. STUEPP; I. WENDLING. Genetic parameters estimates and visual selection for leaves production in *Ilex paraguariensis*. **Bragantia**, v.76, p.492-500, 2017.

TAKAHASHI, K., R. MURAOKA; K. OTSUKA. Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. **Agricultural Economics**, v.51, n.1, p.31-45, 2020.

TOMA, L., A. P. BARNES, L.-A. SUTHERLAND, S. THOMSON, F. BURNETT; K. MATHEWS. Impact of information transfer on farmers' uptake of innovative crop technologies: a structural equation model applied to survey data. **The Journal of Technology Transfer**, v.43, n.4, p.864-881, 2018.

TUFA, A. H., A. D. ALENE, J. MANDA, M. G. AKINWALE, D. CHIKOYE, S. FELEKE, T. WOSSEN; V. MANYONG. The productivity and income effects of adoption of improved soybean varieties and agronomic practices in Malawi. **World Development**, v.124, p.1-10, 2019.

VENABLES, W. N.; B. D. RIPLEY. **Modern Applied Statistics with S**. New York: Springer, 2002. 498 p. (Statistics and Computing)

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. 340 p.

ZANCHETT, C. S., M. L. MIGNONI, N. P. R. BARRO; C. D. ROSA. Desenvolvimento de chocolate branco com extrato de erva-mate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.19, p.1 - 8, 2016.

4 CAPÍTULO 2 – DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS POR PRODUTORES DE ERVA-MATE NO BRASIL³

4.1. RESUMO

A erva-mate é uma cultura importante na Região Sul do Brasil. Apesar de sua relevância na agricultura familiar e na economia de diversos municípios a produtividade dos ervais cultivados, que comumente são conduzidos com baixa tecnologia, está aquém do potencial produtivo da cultura. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar as causas que afetam a adoção de tecnologias por mateicultores brasileiros. Para isso foram entrevistados 470 produtores. Foi adotada a análise de regressão logística para avaliar os fatores determinantes na adoção de tecnologias de manejo do solo e das plantas pelos produtores. De acordo com os resultados, a capacitação dos produtores e a presença de assistência técnica são os fatores de maior influência na adoção das tecnologias por parte dos produtores. No entanto, o tamanho das propriedades ou o acesso ao financiamento agrícola não foram significativos para a adoção. Dessa forma, políticas públicas que envolvam a capacitação e a transferência de tecnologias devem ser estimuladas no setor ervateiro, a fim de estimular a incorporação de novas tecnologias nos ervais brasileiros.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; transferência de tecnologia; sistema de produção; práticas de manejo.

2.1. ABSTRACT

Yerba mate is an important crop in southern Brazil. Despite its relevance for subsistence farmers and the economy of several counties, the commercial production of yerba mate plantations, with mostly low-technology cultivation methods, falls short of the

³ O capítulo apresenta estrutura e parte da formatação exigida pela revista Agriculture, Ecosystems & Environment

yield potential of the crop. In this context, the objective of this study was to detect the reasons that keep yerba producers in Brazil from adopting improved cultivation techniques. To this end, 470 producers were interviewed. Logistic regression analysis was used to assess the decisive factors for the adoption of soil and plant management technologies by producers. According to the results, the schooling level of the producers and availability of technical assistance were the most influential factors for the implementation of technologies by producers. On the other hand, the property size or availability of rural credit had no effect on technology adoption. Thus, public policies that involve schooling and technology transfer should be promoted in the sector, to encourage the application of new technologies yerba mate plantations of Brazil.

Key words: *Ilex paraguariensis*; technology transfer; production system; management practices.

2.2. INTRODUÇÃO

O desempenho dos sistemas de produção em propriedades rurais depende, dentre outros fatores, das tecnologias empregadas nas atividades agrícolas (VIEIRA FILHO, 2019). Os resultados da adoção tecnológica são sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis, que aumentam a produtividade e diminuem os custos. Entretanto, na agricultura as tecnologias geradas pela pesquisa não são adotadas imediatamente após seu lançamento ou validação em campo. Este cenário dificulta o desenvolvimento sustentável das propriedades, de regiões e países (SOUZA FILHO et al., 2011).

Diversos estudos sobre adoção tecnológica têm focado nos fatores que afetam a tomada de decisão de um agricultor em utilizar ou não uma tecnologia (MAYOL et al., 2014; YIRGA et al., 2015; JEROP et al., 2018; TUFA et al., 2019). Entretanto, existem níveis distintos de adoção entre os agricultores, uma vez que a agricultura é caracterizada pela diversidade e heterogeneidade do uso da tecnologia (SOUZA FILHO et al., 2011;

TAKAHASHI et al., 2020). Dentre os principais fatores que podem afetar a adoção tecnológica na agricultura, pode-se destacar: condições socioeconômicas e características do produtor; características da produção e da propriedade rural; características da tecnologia; fatores agroecológicos; disponibilidade de informação; percepção do agricultor e fatores comportamentais (SOUZA FILHO et al., 2011; MAYOL et al., 2014; TAKAHASHI et al., 2020).

O cultivo de erva-mate em sistemas de produção comercial é recente, sendo difundido no Brasil a partir da década de 80. Inicialmente, o extrativismo de erva-mate no sub-bosque da floresta ombrófila mista era a principal forma de obtenção da matéria prima. O manejo desses ervais consistia em podas drásticas, ausência de reposição nutricional e outras boas práticas de manejo (SANTIN et al., 2010; MARQUES et al., 2019).

Com a limitação do extrativismo devido a fatores externos como redução das florestas naturais e a queda da produtividade pela baixa reposição nutricional, as regiões ervateiras tiveram reduzido desenvolvimento econômico. Atualmente, o perfil dos estabelecimentos rurais produtores de erva-mate é composto por pequenas propriedades familiares, com baixa renda, produção diversificada e com pouca mão de obra disponível (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015). Normalmente, estas propriedades estão em regiões com baixo índice de desenvolvimento econômico e social.

Embora existam tecnologias disponíveis para a obtenção de altos rendimentos em cultivos de erva-mate (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019), a produtividade média tem diminuído ao longo dos últimos 20 anos (CARMO et al., 2018). De fato, em áreas de pesquisa o rendimento médio tem sido superior a 18 t/ha, chegando a um máximo de 35 t/ha (SANTIN et al., 2013a; SANTIN et al., 2013b; SANTIN et al., 2017a), enquanto a média nacional em 2019 foi de 7,7 t/ha (IBGE, 2020a). Deste modo, a redução da produtividade média nacional concomitante com o aumento da disponibilização de tecnologias para

produção, evidencia a baixa adoção no campo que, por sua vez, explica a diferença observada entre ervais cultivados e de pesquisa.

Ainda que o negócio ervateiro brasileiro tenha importância cultural e econômica, não existem estudos que investiguem a adoção tecnológica por produtores de erva-mate. Esse conhecimento poderia ajudar as instituições de pesquisa, ensino e extensão a planejar ações mais específicas de transferência e difusão de tecnologias para os agricultores. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar os fatores determinantes para a adoção de tecnologias de produção e manejo de erva-mate no Brasil.

2.3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado neste trabalho foi baseado nos modelos de escolhas binárias logit, que estima a razão de chance de um evento acontecer (GREENE, 2018). A razão de chance (RC) indica a probabilidade de um evento acontecer, se sob as mesmas condições ele não acontecer (GREENE, 2018). A chance em questão é de o agricultor adotar uma tecnologia para a produção de erva-mate. Nesse modelo, atribui-se o valor 1 quando uma tecnologia y é adotada, ou 0 quando não é adotada. A probabilidade de y ser 0 ou 1 é função dos efeitos das variáveis explicativas x_i :

$$P(y = 0) = 1 - F(\beta' x_i)$$

$$P(y = 1) = F(\beta' x_i)$$

Onde F é a probabilidade de um produtor de erva-mate, com determinadas características x_i , adotar uma dada tecnologia y . O parâmetro β é o log da razão de chance, estimado pela função:

$$E[y|x] = P(y = 1) = F(\beta' x) = \frac{e^{\beta' x}}{1 + e^{\beta' x}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta' x}}$$

Por sua vez, a razão de chance (RC) foi calculada pela função:

$$RC = e^{\beta' x_i}$$

As tecnologias de produção utilizadas como variáveis respostas foram: a análise de solo, a adubação, o calcário, a cobertura de solo, as mudas melhoradas, o percentual remanescente de folhas após colheita, a altura de galhos reprodutivos e a renovação por decepta (Tabela 1, Apêndice 2).

Tabela 1. Descrição das variáveis tecnológicas de produção avaliadas ou variáveis dependentes do modelo.

Variáveis dependentes	Descrição
Análise de solo	Consiste na análise química do solo onde a erva-mate é cultivada, que indica os teores de nutrientes disponíveis para as plantas.
Adubação	Consiste na aplicação de fertilizantes minerais ou orgânicos, fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, visando atender a demanda nutricional das plantas.
Calcário	Consiste na aplicação de fertilizantes ricos em cálcio e magnésio visando atender a demanda nutricional das plantas.
Cobertura de solo	Utilização de plantas de cobertura de solo nas entrelinhas do plantio.
Mudas melhoradas	Plantio de mudas com algum grau de melhoramento genético.
Folhas remanescentes	Porcentagem de folhas que permanecem nas plantas após a colheita, cujo objetivo é manter a fotossíntese e favorecer a brotação pós-colheita. A recomendação atual é de 20 a 30 %.
Altura de ramos produtivos	Altura da inserção dos primeiros ramos produtivos no tronco das plantas. A recomendação atual é de 10 a 50 cm em relação ao solo.
Renovação por decepta	Técnica de poda que tem o objetivo de reduzir drasticamente a altura das plantas. Consistem em um corte a 15 cm do solo, retirando-se totalmente a parte aérea e condução da brotação.

As tecnologias de produção foram selecionadas devido a sua notável importância nos plantios de erva-mate e são consideradas críticas para o alcance do potencial produtivo da cultura (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). As variáveis explicativas foram relacionadas a três tipos de atributos: individuais, de propriedade e de capital (Tabela 2). O efeito esperado indica a relação entre a variável explicativa e a adoção da tecnologia, ou seja, quando o sinal é positivo, a adoção é estimulada pela variável explicativa.

Tabela 2. Descrição das variáveis explicativas dos produtores, da propriedade e do capital e o efeito esperado na avaliação da adoção de tecnologias de produção.

Atributo	Variáveis explicativas	Descrição	Efeito
Produtor	Idade	Idade do produtor em anos	-
	Escolaridade	Até o Ensino Fundamental - 1º grau=1, Ensino Médio - 2º grau=2, Nível técnico=3, Ensino Superior=4	+
	Internet	Possui internet no celular ou computador. Sim=1, não=0	+
	Cursos erva-mate	Não=0, 1 vez=1, 2 vezes=2, 3 vezes =3, 4 vezes =4, 5 vezes =5, mais que 5 vezes =6	+
	Tecnologia de gestão	Sim=1, não=0	+
	Família com origem erva-teira	Sim=1, não=0	+
	Associado ou cooperado	Sim=1, não=0	+
Propriedade	Tipo de erval	Extrativismo=1, Adensamento=2, Arborizado=3, Monocultivo=4	+
	Tamanho do erval	Área do erval em hectares	+
	Tamanho da propriedade	Área da propriedade em hectares	+
	Trabalhadores no erval	Número de pessoas	+
	Assistência técnica	Número de visitas anuais	+
	Produtos	Somente erva-mate=1, erva-mate e outras=0	-
	Principal produto	Produto que gera mais renda na propriedade. Erva-mate=1, Outra=0	-
Capital	Renda não agrícola	Sim=1, não=0	+
	Custo de produção	Sim=1, não=0	+
	Financiamento agrícola	Sim=1, não=0	+
	Maquinário próprio	Sim=1, não=0	+
	Valor do maquinário ¹	Soma dos valores da ordenação: Não possui=0, pulverizador costal=1, roçadeira manual=2, subsolador=3, arado=4, grade=5, roçadeira tratorizada=6, pulverizador=7, trator=8, semeadora=9.	+

¹A ordenação do maquinário agrícola foi baseada no preço dos implementos, em uma associação indireta ao potencial de capital dos produtores.

O estudo foi realizado em toda a região produtora de erva-mate do Brasil, abrangendo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul. A coleta dos dados foi realizada por meio de questionário estruturado, contendo perguntas relacionadas à adoção das tecnologias e às variáveis explicativas. As perguntas foram facultativas, o que gerou número de respostas diferentes para cada uma. Para ajuste do modelo, optou-se pela utilização dos questionários respondidos completamente. Dessa forma, foram utilizados 322 produtores para o ajuste do modelo logit. Os dados foram tabulados e posteriormente analisados utilizando Modelos Lineares Generalizados do Software R, versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019b) e os pacotes Foreign (R CORE TEAM, 2019a), Nnet (VENABLES e RIPLEY, 2002) e Stargazer (HLAVAC, 2018).

colheitas. Com respostas facultativas, o número de respondentes foi diferente entre as perguntas, sendo o máximo obtido de 462 e o mínimo 259 (Tabela 3).

Tabela 3. Análise descritiva de características referentes aos produtores de erva-mate e suas propriedades.

Variáveis Binárias	N	Média (%)	
Internet	339	94,7	
Família ervateira	335	50,3	
Cooperado ou associado	331	26,1	
Tecnologia para gestão	338	34,4	
Produtos produzidos	338	19,3	
Principal produto	259	58,1	
Renda não agrícola	339	61,2	
Custo de produção	337	51,8	
Financiamento agrícola	336	18,5	
Maquinário próprio	337	88,1	
Variáveis Multicategóricas¹	N	Moda	Desvio-padrão
Escolaridade	333	4	1,3
Tipo de erval	382	3	0,9
Variáveis Quantitativas	N	Média	Desvio-padrão
Área do erval (ha)	329	34,9	136,5
Área da propriedade (ha)	312	85,7	254,9
Capacitação em erva-mate (n°)	332	2,2	2,3
Idade (anos)	462	43,0	14,6
Trabalhadores no erval (n°)	327	3,0	6,7
Assistência técnica (visitas por ano)	331	0,6	1,6
Valor do maquinário	338	16,1	14,0
Produtividade média (t/ha)	303	7,3	4,9
Intervalo entre colheitas médio (meses)	350	23,3	7,0

¹Tipo de erval: Extrativismo=1, Adensamento=2, Arborizado=3, Monocultivo=4. Escolaridade: Até o Ensino Fundamental - 1° grau=1, Ensino Médio - 2° grau=2, Nível técnico=3, Ensino Superior=4.

A idade média dos produtores participantes foi de 43 anos, já a escolaridade de maior frequência foi o nível Superior. Em relação à capacitação em erva-mate, os produtores respondentes participaram em média de 2,2 eventos técnicos sobre a cultura. Por outro lado, apesar de 94,7 % possuir Internet, somente 34,4 % utiliza tecnologias como *tablet*, *smartphone* ou computador para auxiliar na gestão da propriedade. O tamanho médio dos ervais foi de 34,9 ha e das propriedades foi de 85,7 ha. O tipo de erval mais frequente foi o arborizado, ou seja a maior parte dos produtores cultivam a erva-mate em consórcio com outras espécies arbóreas (Tabela 3).

Em média ocorrem 0,6 visitas por ano nas propriedades atendidas pela assistência técnica, valor que pode ser considerado baixo e poderia explicar parte do desempenho insatisfatório dos ervais no Brasil. Segundo (VIEIRA FILHO, 2019), a presença efetiva da assistência técnica nas propriedades rurais brasileiras eleva a renda agrícola e total das famílias assistidas. Em relação aos aspectos financeiros, os resultados mostraram que 60 % dos produtores têm renda não agrícola, e que 50 % calculam o custo de produção, entretanto, somente 20 % utilizam financiamento agrícola (Tabela 3).

Em relação aos produtos agrícolas, somente 20 % dos produtores produzem exclusivamente erva-mate, embora a espécie seja a principal fonte de renda em 60 % das propriedades (Tabela 3). Este fato contrasta com a percepção de que a mateicultura é uma atividade secundária nas propriedades rurais no Brasil (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015).

A produtividade média apontada pelos mateicultores foi de 7,3 t/ha em um intervalo médio entre colheitas de 23,3 meses. Na mateicultura as safras são medidas em meses, devido ao caráter perene da erva-mate. O intervalo entre colheitas recomendado atualmente é de 18 meses para ervais adequadamente nutridos (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019; SANTIN et al., 2019). A produtividade média observada neste trabalho ficou ligeiramente abaixo da média nacional de 8,5 t/ha e acima da argentina de 5,8 t/ha (KURTZ et al., 2014; IBGE, 2020a). Entretanto, nos dados oficiais não constam as produtividades obtidas em ervais nativos e adensados, somente dos ervais plantados sombreados e monoculturais (IBGE, 2020a). Retirando-se os dados dos ervais nativos e adensados, a produtividade média do presente estudo sobe para 8,2 t/ha. Tais produtividades podem ser consideradas baixas em comparação com ervais tecnificados ou experimentais (SANTIN et al., 2013a; SANTIN et al., 2017a; SANTIN et al., 2019). Na Argentina, embora existam sistemas com colheita mecanizada com produtividades acima de 28 t/ha, a produtividade em ervais com manejo semelhante aos brasileiros é de 13 t/ha (KURTZ et al., 2014).

De acordo com os resultados, metade dos produtores realiza análise de solo e a maior parte deles disse aplicar a adubação em seus ervais (Tabela 4). Essas informações são relevantes, uma vez que a adubação é uma das tecnologias mais importantes para o rendimento das culturas agrícolas. Analisando conjuntamente análise de solo e adubação, observa-se que uma parte dos produtores que fazem a análise, acaba não adubando seus ervais. Isso, associado ao baixo resultado observado para assistência técnica (Tabela 3), pode levar à inferência de que a adubação praticada pelos mateicultores parece não atender a demanda nutricional da erva-mate. Nesse sentido, a aplicação de calcário foi utilizada por somente 34,1 % dos mateicultores (Tabela 4). Resultados semelhantes foram relatados por Mayol et al. (2014), que observaram a utilização errônea de fertilizantes em cultivos de erva-mate na Argentina. Além disso, a cobertura vegetal e a muda melhorada foram utilizadas por somente 37,2 e 29,3 % dos agricultores, respectivamente (Tabela 4). As recomendações de altura dos ramos produtivos, folhas remanescentes e renovação por decepa são utilizadas por quase metade dos produtores (Tabela 4).

Tabela 4. Percentual de produtores adotantes das tecnologias analisadas no estudo.

Tecnologia de produção	Respondentes	Adotantes (%)
Análise de solo	412	50,5
Adubação	379	60,4
Calcário	378	34,1
Cobertura Vegetal	379	37,2
Muda melhorada geneticamente	426	29,3
Altura dos primeiros ramos	346	48,0
Folhas remanescentes	351	42,5
Renovação por decepa	351	49,3

A produtividade é um fator importante na avaliação tecnológica de ervais cultivados e é resultado do sistema de produção empregado no cultivo, onde cada tecnologia tem sua contribuição relativa. Calculando-se a produtividade dos mateicultores que adotam as oito tecnologias analisadas, o valor obtido foi de 17,4 t/ha. Por outro lado, produtividade dos

mateicultores não adotantes foi de 5,0 t/ha. Esse resultado indica que as tecnologias selecionadas para o estudo contribuem sensivelmente para o aumento de produtividade da erva-mate.

2.4.2. Fatores que afetam a adoção

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de determinar os fatores preponderantes para adoção tecnológica em diversas culturas (GARCIA-SALAZAR et al., 2018; JEROP et al., 2018; KALIBA et al., 2018; CARRER et al., 2019; PIVOTO et al., 2019; TUFA et al., 2019). Para a erva-mate, somente o estudo conduzido na Argentina por MAYOL et al. (2014) investigou a adoção tecnológica por mateicultores. Os autores identificaram que os limitantes à adoção de tecnologias nos ervais argentinos estavam relacionados ao desconhecimento sobre tecnologias de poda e manejo do solo, costume e tradição, dificuldade em acessar o crédito agrícola, escassez de mão de obra e principalmente a falta de assistência técnica. O trabalho desenvolvido na Argentina utilizou um enfoque no método participativo, reunindo grupos de produtores. No presente trabalho, entretanto, foi usado o enfoque empírico, trabalhando com produtores individualmente.

As tecnologias de produção avaliadas aqui foram separadas em dois grupos, um contendo as tecnologias associadas ao manejo do solo e outro associado ao manejo das plantas. Os coeficientes estimados nos modelos, bem como as razões de chance (RC), estão na Tabela 5. Quando o coeficiente é positivo, o incremento em dada variável aumenta a chance de a tecnologia ser adotada. Por outro lado, quando o estimador é negativo, incrementos na variável aumentam a chance de a tecnologia não ser adotada.

Para a análise de solo, as variáveis escolaridade, capacitação em erva-mate e assistência técnica foram significativas e com relação positiva (Tabela 5). Esses resultados indicam que a prática da análise de solo depende de aspectos relacionados à capacitação do produtor. De acordo com as razões de chance encontradas, o incremento em um nível

na escolaridade de um produtor de erva-mate, aumenta 1,26 vezes a chance desse produtor fazer análise de solo (Tabela 5). Se um produtor participar de capacitações em erva-mate, a chance de fazer análise de solo em seus ervais aumenta 38 %.

A adubação apresentou sete variáveis significativas para adoção, sendo duas relacionadas negativamente e cinco positivamente (Tabela 5). Capacitação em erva-mate, tipo de erval, assistência técnica, principal produto e custo de produção foram características determinantes para a adoção da adubação dos ervais brasileiros. Entretanto, ser de família ervateira reduziu em 43 % a chance de um produtor adubar seu erval. Esse resultado coincide com o sinal esperado neste trabalho (Tabela 2).

Para alguns autores a experiência dos agricultores com as culturas favorece a adoção tecnológica (SOUZA FILHO et al., 2011; JEROP et al., 2018; TUFA et al., 2019), Entretanto, existem opiniões contrárias, trabalhos recentes com mateicultores sugerem que uma das limitações para tecnificação de cultivos de erva-mate é a manutenção de práticas de manejo extrativistas, aprendidas com as gerações anteriores (MAYOL et al., 2014; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

No presente estudo, a característica família ervateira apresentou coeficientes negativos para seis tecnologias estudadas, sendo significativa para três (Tabela 5). Esses resultados fortalecem a hipótese de que existe uma resistência à adoção tecnológica dos produtores de erva-mate cuja família tem histórico no cultivo da espécie. Ainda em relação à adubação, os resultados mostram que quando o produtor tem mais de uma cultura na propriedade, a chance de adubar a erva-mate diminui 58 %, mas se a erva-mate for a principal cultura, a chance aumenta em 82 % (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes (β) e da razão de chance (RC) relacionados às variáveis explicativas associadas à adoção de tecnologias recomendadas para produção de erva-mate.

Variáveis	Análise de solo		Adubação		Calcário		Cobertura Vegetal		Muda melhorada		Altura dos primeiros ramos		Folhas remanescentes		Renovação por decepa	
	β	RC	β	RC	β	RC	β	RC	β	RC	β	RC	β	RC	β	RC
Idade	-0,005	0,995	-0,003	0,997	0,006	1,006	-0,029**	0,971**	0,019	1,020	-0,008	0,992	-0,019	0,981	-0,001	0,999
Escolaridade	0,236*	1,266*	0,049	1,050	-0,085	0,918	-0,278*	0,757*	0,230	1,259	0,555***	1,741***	0,437***	1,548***	0,477***	1,611***
Internet	-0,124	0,883	-0,347	0,707	-1,629**	0,196**	-0,135	0,873	0,561	1,753	-0,265	0,767	-0,067	0,963	-0,951	0,386
Capacitação em erva-mate	0,325***	1,384***	0,221**	1,247**	0,246***	1,279***	0,249***	1,283***	-0,095	0,909	0,339***	1,403***	0,407***	1,503***	0,148*	1,159*
Tecnologia para gestão	0,747	2,111	-0,133	0,875	0,288	1,334	0,650	1,915	0,067	1,069	-0,323	0,724	-0,019	0,981	-0,294	0,745
Família ervateira	-0,190	0,827	-0,831**	0,436**	-0,822*	0,440*	-0,059	0,943	0,254	1,290	-0,301	0,740	-0,495	0,609	0,865**	2,374**
Cooperado ou associado	0,120	1,128	-0,023	0,977	-0,209	0,812	0,196	1,216	0,346	1,414	0,818*	2,267*	0,390	1,478	-0,127	0,881
Tipo de erval	-0,155	0,856	0,359*	1,432*	-0,161	0,852	0,429*	1,535*	0,407*	1,502*	0,537**	1,710**	-0,780***	0,458***	-0,042	0,959
Área do erval	-0,002	0,998	-0,004	0,996	0,005	1,005	0,001	1,001	-0,013	0,987	-0,003	0,997	0,027	1,028	0,001	1,000
Área da propriedade	-0,001	0,999	0,001	1,001	-0,004	0,996	-0,002	0,998	0,001	1,001	0,000	1,000	-0,010	0,990	-0,000	1,000
Trabalhadores no erval	0,004	1,004	0,061	1,063	-0,073	0,930	0,020	1,020	0,150*	1,162*	0,030	1,031	0,053	1,055	-0,017	0,983
Assistência técnica	0,816***	2,262***	0,767***	2,153***	0,496***	1,642***	0,175	1,191	0,249*	1,283*	0,192	1,211	0,315**	1,371**	0,276*	1,318*
Produtos	-0,470	0,625	-1,587**	0,205**	-0,801	0,449	-0,211	0,810	-1,672**	0,188**	-1,142	0,319	1,146	3,144	-0,865	0,421
Principal produto	0,434	1,544	0,820**	2,270**	-0,012	0,988	0,775*	2,171*	0,736*	2,087*	-0,047	0,954	0,197	1,218	0,599	1,821
Renda não agrícola	-0,421	0,656	0,460	1,584	-0,716	0,489	0,771*	2,161*	-0,672	0,511	0,958**	2,606**	-0,206	0,814	0,502	1,652
Custo de produção	0,251	1,286	1,085**	2,960**	1,555***	4,734***	0,685	1,985	1,531***	4,621***	-0,535	0,585	0,047	1,048	0,189	1,209
Financiamento agrícola	-0,067	0,935	0,130	1,139	0,184	1,201	0,091	1,095	-0,259	0,772	0,333	1,396	0,190	1,209	0,723	2,060
Maquinário próprio	0,918	2,505	-0,252	0,777	0,521	1,684	0,229	1,257	-1,140*	0,320*	-0,087	0,917	1,754**	5,778**	-0,600	0,549
Valor do maquinário	-0,016	0,984	0,022	1,022	0,011	1,011	0,011	1,011	0,045***	1,046***	0,003	1,003	-0,026	0,975	0,026*	1,026*
Constante	-1,834	0,160	-1,742	0,175	-0,553	0,575	-2,332	0,097	-3,849***	0,021***	-2,790*	0,061*	-1,416	0,243	-1,437	0,238
Critério de Akaike	241,289	251,548	221,082	245,828	249,387	238,05	218,845	269,972								

Nota: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01.

Em relação à aplicação de calcário nos ervais, as variáveis explicativas com efeito significativo na tomada de decisão em adotar ou não a tecnologia foram: a internet, a capacitação em erva-mate, a família ervateira, a assistência técnica e o custo de produção (Tabela 5). Tal como ocorreu com a adubação, a chance de um produtor aplicar calcário no erval reduz quando ele tem origem em família ervateira. Ressalta-se a influência da capacitação em erva-mate e a assistência técnica como fatores preponderantes para a aplicação de calcário nos ervais.

O uso do calcário em cultivo de erva-mate não tem o mesmo objetivo quando se compara com culturas anuais. A calagem em solos agrícolas visa o aumento do pH, com consequente redução do alumínio e fornecimento de Ca e Mg para as culturas (SANTIN et al., 2013b). Entretanto, o calcário na erva-mate tem como objetivo fornecer Ca e Mg, não sendo necessário a elevação do pH, e por isso as doses recomendadas não passam de 5 t/ha (SANTIN et al., 2013b; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Especula-se que no passado, aplicações de calcário em altas doses, e ou, plantios em áreas agrícolas corrigidas, podem ter afetado negativamente os ervais, fazendo com que se criasse uma rejeição por parte dos produtores.

De fato, o desconhecimento sobre os tipos de fertilizantes e seus efeitos na erva-mate foi relatado por MAYOL et al. (2014), como um fator limitante ao uso de calcário e adubos na cultura. Por outro lado, os resultados observados aqui indicam que a capacitação e a assistência técnica aumentam a probabilidade de o produtor aplicar calcário no erval.

Seis variáveis explicativas foram significativas para a adoção de coberturas vegetais nos ervais brasileiros (Tabela 5). Dentre essas destaca-se a capacitação em erva-mate, variável determinante nas quatro tecnologias avaliadas e relacionadas ao manejo do solo.

O tipo de erval é um fator que pode estar relacionado à disponibilidade de luz nos sistemas de produção de erva-mate. Neste estudo, os tipos de ervais foram analisados de forma ordenada, tendo os ervais extrativos seguido pelos ervais adensados, plantados

sombreados e monocultivos (Tabela 2). Dessa forma, o sinal positivo do coeficiente estimado para o tipo de erval, indica maior probabilidade de adoção das coberturas vegetais nos ervais mais antropizados (Tabela 5). Além disso, a renda não agrícola foi um fator determinante na adoção de coberturas, aumentando a probabilidade de adoção em 116 % quando o produtor tem esse tipo de renda (Tabela 5). Este fato pode ser explicado pelo alto custo de implantação das coberturas vegetais, sobretudo quando se utiliza espécies anuais, que requer plantios em todas as estações de crescimento (SNAPP et al., 2005).

A adoção de mudas melhoradas apresentou oito variáveis explicativas com efeito significativo, essas variáveis estão associadas à propriedade e aos fatores de capital (Tabela 5). As variáveis número de trabalhadores no erval, assistência técnica, custo de produção, erva-mate como principal produto e valor do maquinário da propriedade foram determinantes para a aquisição de mudas melhoradas (Tabela 5). Isso pode ser explicado pelo custo desse tipo de muda, que requer maior poder aquisitivo dos produtores. De fato, o fator econômico foi a principal limitação para adoção de variedades melhoradas de erva-mate na Argentina (MAYOL et al., 2014) e de sorgo na Tanzânia (KALIBA et al., 2018). Atualmente, as mudas de erva-mate disponíveis aos produtores podem ter origem não conhecida, ou serem selecionadas a partir de matrizes conhecidas. As variedades melhoradas podem ser seminais ou clonais (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). O custo das mudas clonais ou seminais melhoradas é maior do que as seminais não melhoradas, limitando a adoção por parte de produtores com menor capacidade de investimento (MAYOL et al., 2014).

A altura dos ramos produtivos é uma recomendação fundamental na cultura da erva-mate e está relacionada à arquitetura da planta, contribuindo para a eficiência de diversos aspectos de manejo como a poda de colheita (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Para esta prática, as variáveis relacionadas à formação dos produtores foram significativas como a escolaridade e a capacitação em erva-mate. O tipo de erval foi significativo e

positivo, indicando que os ervais em monocultivos ou plantados sombreados tem maior probabilidade de ter à altura dos primeiros ramos (Tabela 5) conforme recomendado, a 50 cm do solo (Tabela 1).

A intensidade de sombra presente no extrativismo de erva-mate e nos adensados tende a ser maior, em razão da maior quantidade de outras espécies arbóreas além da erva-mate, em comparação com ervais plantados sombreados (SIGNOR et al., 2015; MARQUES et al., 2019). A maior intensidade de sombra pode induzir a erva-mate ao estiolamento, resultando em plantas mais altas com ramos produtivos elevados em relação ao solo. Dessa forma, o conhecimento dos produtores sobre poda e manejo da arquitetura das erva-mates se torna fundamental para a adoção dessa prática.

Tal como a altura dos primeiros ramos, o percentual de folhas remanescentes após as colheitas é uma recomendação técnica importante para o manejo adequado de ervais cultivados (SANTIN et al., 2010; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). No presente estudo as variáveis escolaridade, capacitação em erva-mate, tipo de erval, assistência técnica e maquinário próprio foram determinantes para a opção em utilizar o percentual de folhas recomendado (Tabela 5). Isso indica novamente que a capacitação do produtor e a assistência técnica são fundamentais para a adoção tecnológica por produtores de erva-mate. O tipo de erval influenciou negativamente a probabilidade de adoção, cujo coeficiente foi de -0,78 (Tabela 5). Isso indica que os produtores mantêm menos folhas após colheitas em ervais extrativos, ou ainda que quanto maior a intensidade de sombra, menor a probabilidade de o produtor manter a quantidade de folhas recomendadas nas erva-mates. Esses resultados evidenciam a necessidade de capacitar produtores quanto à correta aplicação de práticas de poda, bem como os efeitos da poda excessiva, que reduzem as reservas das erva-mates, causando a redução da produtividade e até a morte de plantas (SANTIN et al., 2010; MAYOL et al., 2014; PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019).

A decepa é uma prática recomendada para a renovação de ervais em declínio produtivo, causado por doenças e pragas, excesso de altura ou idade avançada (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). As variáveis mais importantes para a adoção da decepa foram as associadas à capacitação do produtor e assistência técnica. Além disso, houve efeito significativo e sinal positivo para a variável família ervateira. Esse resultado indica que produtores cuja família já produzia erva-mate tem chance maior de adotar esta tecnologia (Tabela 5). A decepa é uma prática de manejo necessária para corrigir aspectos de manejo negligenciados durante a vida da planta (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Assim, esse resultado é complementar ao sinal negativo observado para adubação e calcário (significativos) e altura dos primeiros ramos e folhas remanescentes (não significativos) para a variável família ervateira, indicando redução da chance de adoção dessas tecnologias quando o produtor tem essa característica (Tabela 5). Dessa forma, a decepa pode ser entendida como uma forma de corrigir o resultado de um baixo aporte tecnológico nos cultivos de erva-mate.

Dentre as características que não se mostraram determinantes para a adoção das tecnologias estudadas, destaca-se o tamanho do erval e da propriedade rural. Estas variáveis não foram significativas para o conjunto de dados avaliados (Tabela 5). Entretanto, diversos trabalhos mostraram que quanto maior a propriedade rural, maior a probabilidade de os produtores optarem pelo uso de tecnologias (SOUZA FILHO et al., 2011; JEROP et al., 2018; TUFA et al., 2019). O resultado observado aqui foi semelhante aos observados na Etiópia, com variedades melhoradas geneticamente (YIRGA et al., 2015) e no México, com adubação em cultivos agrícolas (GARCIA-SALAZAR et al., 2018). Essa inconsistência pode estar relacionada com fatores intrínsecos do produtor ou classe de produtores, limitações econômicas, conservadorismo e resistência à mudança, custo e complexidade da tecnologia, e da cultura estudada (SOUZA FILHO et al., 2011; MAYOL et al., 2014; GARCIA-SALAZAR et al., 2018).

Os resultados encontrados no presente estudo demonstram que os fatores mais importantes na decisão de adotar tecnologias estão relacionados à capacitação dos mateicultores e a presença da assistência técnica e extensão rural. Por outro lado, aspectos como tamanho da propriedade e do erval, força de trabalho e financiamento agrícola não foram determinantes. Esses resultados corroboram com os observados na Argentina, principalmente em relação à capacitação dos produtores e a assistência técnica (MAYOL et al., 2014). Estes fatores limitam o desempenho do mateicultor, que não aproveita a oferta tecnológica existente, sobretudo, por uma resistência cultural e na confiança pelo conhecimento adquirido das gerações anteriores (MAYOL et al., 2014). Entretanto, a assistência técnica auxilia os produtores nas tomadas de decisão com base em conhecimento, aumentando a chance de desenvolverem sua atividade agrícola satisfatoriamente (ANDERSON e FEDER, 2007; TAKAHASHI et al., 2020). De fato, um estudo recente indicou que a presença da extensão rural elevou a renda agrícola das propriedades rurais no Brasil (VIEIRA FILHO, 2019). Isso ocorre devido ao incentivo à adoção de novas tecnologias, permitindo aos produtores acesso a fatores de produção mais eficientes, aumentando a lucratividade do negócio, seja pelo aumento da produtividade, pela redução do custo de produção ou ambos.

A oferta tecnológica para a cultura da erva-mate é relativamente recente no Brasil (PENTEADO JÚNIOR e GOULART, 2019). Por isso, a inclusão dessas tecnologias nos processos de capacitação de extensionistas rurais e na formação de profissionais de nível técnico e superior poderia ser uma estratégia de difusão das tecnologias para produção de erva-mate. Cabe salientar que o perfil dos estabelecimentos rurais produtores de erva-mate é composto por pequenas propriedades familiares, com baixa renda, produção diversificada e com pouca mão de obra disponível (OLIVEIRA e WAQUIL, 2015). Normalmente, estas propriedades estão em regiões com baixo índice de desenvolvimento econômico. Nessas condições, o desenvolvimento sustentável dos sistemas de produção de culturas como a

erva-mate deve ser estimulado, devido ao seu baixo custo de produção, associado ao aspecto ambiental favorável e bom potencial de negócios. Portanto, políticas públicas que estimulem a capacitação técnica de produtores e profissionais de ciências agrárias envolvidos com a cultura poderiam contribuir para a adoção das tecnologias e na modernização sustentável dos cultivos de erva-mate.

2.5.CONCLUSÃO

Os principais fatores que afetam a adoção de tecnologias em cultivos de erva-mate estão relacionados à capacitação do produtor, seja pela educação formal ou treinamentos sobre a cultura, à assistência técnica e à gestão do cultivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as instituições: Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, Mato Grosso do Sul; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Rio Grande do Sul; Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; Fazenda Água Viva, General Carneiro, Paraná; Inovamate Agrotecnologia e; Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, Paraná, pelo apoio na divulgação e nas entrevistas com produtores.

2.6.Referências

- ANDERSON, J.; G. FEDER. Agricultural Extension. In: R. Evenson e P. Pingali (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Amsteden: Elsevier, v.3, 2007, p.3031
- CARMO, F., N. FIEDLER, M. SILVA, S. GONÇALVES, P. GUIMARAES; D. LIRA. Efeito da área e produtividade na produção de erva-mate no brasil. **Nativa**, v.6, p.85, 2018.
- CARRER, M. J., R. L. F. D. SILVEIRA; H. M. D. SOUZA FILHO. Factors influencing hedging decision: evidence from Brazilian citrus growers. **Agricultural and Resource Economics**, v.63, n.1, p.1-19, 2019.

GARCIA-SALAZAR, J. A., M. BORJA-BRAVO; G. RODRIGUEZ-LICEA. Consumption of fertilizers in mexican agriculture: An analysis of factors affecting the rate of adoption. **Interciencia**, v.43, n.7, p.505-510, 2018.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New York: Pearson, 2018. 1176 p.

HLAVAC, M. **Stargazer: Well-Formatted Regression and Summary Statistics Tables**. R package version 5.2.1. Bratislava, Slovakia: Central European Labour Studies Institute 2018. <<https://CRAN.R-project.org/package=stargazer>>

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção Agrícola Municipal**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

JEROP, R., P. DANNENBERG, O. GEORGE, M. PATIENCE, P. KIMURTO, M. WILLKOMM; G. HARTMANN. Factors affecting the adoption of agricultural innovations on underutilized cereals: The case of finger millet among smallholder farmers in Kenya. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, p.1888-1900, 2018.

KALIBA, A. R., K. MAZVIMAVI, T. L. GREGORY, F. M. MGONJA, M. J. A. MGONJA; F. ECONOMICS. Factors affecting adoption of improved sorghum varieties in Tanzania under information and capital constraints. **Agricultural and Food Economics**, v.6, n.1, p.1-21, 2018.

KURTZ, V., D. CHIFARELLI, N. MUNARETTO; S. KORTH. Poda de rebaje en plantaciones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*): mortandad y productividad. **Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales**, n.6, p.11-17, 2014.

MARQUES, A. D. C., M. S. D. REIS; V. F. DENARDIN. As paisagens da erva-mate: Uso das florestas e conservação socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, v.22, p.1-22, 2019.

MAYOL, R. M., S. I. GIANCOLA, M. V. LAVECINI, J. F. AIASSA, S. DI GIANO, M. L. SALVADOR, M. DA RIVA, D. O. ACUÑA; M. D. RABAGLIO. **Causas que afectan la adopción de tecnología en productores de yerba mate en la provincia de Misiones: enfoque cualitativo**. Buenos Aires: INTA, 2014, p.74. (Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología 8)

OLIVEIRA, S. V. D.; P. D. WAQUIL. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.45, p.750-756, 2015.

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Erva 20: sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.

PIVOTO, D., B. BARHAM, P. D. WAQUIL, C. R. FOGUESATTO, V. F. D. CORTE, D. ZHANG; E. TALAMINI. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.22, n.4, p.571-588, 2019.

R CORE TEAM. **Foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase',** R package version 0.8-72. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2019a. <<https://CRAN.R-project.org/package=foreign>>

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2019b. <<https://www.R-project.org/>>

SANTIN, D., E. BENEDETTI, N. BARROS, I. ALMEIDA; I. WENDLING. Intervalos de colheita e adubação potássica influenciam a produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no estado do paraná. **Floresta**, v.46, p.509, 2017.

- SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, M. C. BASTOS, J. F. KASEKER, C. B. REISSMANN, G. E. BRONDANI; N. F. DE BARROS. Growth and nutritional composition of yerba mate as affected by nitrogen, phosphate and potassium fertilization. **Ciencia Florestal**, v.23, n.2, p.363-375, 2013a.
- SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, N. F. DE BARROS, I. C. DE ALMEIDA, G. F. SIMIQUELI, J. C. L. NEVES, I. WENDLING; C. B. REISSMANN. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. **Ciencia Florestal**, v.29, n.3, p.1199-1214, 2019.
- SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, J. F. KASEKER, M. C. BASTOS, C. B. REISSMANN, I. WENDLING; N. F. DE BARROS. Growth and nutrition of mate tea submitted to liming. **Ciencia Florestal**, v.23, n.1, p.55-66, 2013b.
- SANTIN, D., I. WENDLING, E. L. BENEDETTI, G. E. BRONDANI, C. B. REISSMANN, D. MORANDI; L. F. ROVEDA. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.56, p.97-104, 2010.
- SIGNOR, P., G. S. GOMES; L. F. WATZLAWICK. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.83, p.199-208, 2015.
- SNAPP, S. S., S. M. SWINTON, R. LABARTA, D. MUTCH, J. R. BLACK, R. LEEP, J. NYIRANEZA; K. O'NEIL. Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches. **Agronomy Journal**, v.97, n.1, p.322-332, 2005.
- SOUZA FILHO, H., M. BUAINAIN, J. M. F. J. SILVEIRA; M. VINHOLIS. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.28, p.223-255, 2011.
- TAKAHASHI, K., R. MURAOKA; K. OTSUKA. Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. **Agricultural Economics**, v.51, n.1, p.31-45, 2020.
- TUFA, A. H., A. D. ALENE, J. MANDA, M. G. AKINWALE, D. CHIKOYE, S. FELEKE, T. WOSSEN; V. MANYONG. The productivity and income effects of adoption of improved soybean varieties and agronomic practices in Malawi. **World Development**, v.124, p.1-10, 2019.
- VENABLES, W. N.; B. D. RIPLEY. **Modern Applied Statistics with S**. New York: Springer, 2002. 498 p. (Statistics and Computing)
- VIEIRA FILHO, J. E. R. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. 340 p.
- YIRGA, C., Y. ATNAFE; A. AWHASSAN. A Multivariate Analysis of Factors Affecting Adoption of Improved Varieties of Multiple Crops: A Case Study from Ethiopian Highlands. **Ethiopian Journal of Agricultral Sciences**, v.25, p.29-45, 2015.

3 CONCLUSÕES GERAIS

Os estabelecimentos rurais produtores de erva-mate no Brasil podem ser caracterizados como familiares de pequeno porte com produção diversificada e baixo grau de adoção tecnológica.

A maior parte dos ervais avaliados é comercial com algum nível de sombreamento, não extrativistas. O desempenho produtivo pode ser considerado baixo, em comparação com ervais tecnificados ou experimentais.

A maior proporção dos ervais avaliados encontra-se em nível tecnológico baixo, demandando, sobretudo, tecnologias de poda de formação, de colheita, adubação e calagem que podem ser consideradas críticas para cultura.

Os principais fatores que afetam a adoção de tecnologias pelos produtores estão relacionados à capacitação, seja pela educação formal ou treinamentos sobre a cultura, à assistência técnica e à gestão do cultivo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa agropecuária é pujante no Brasil a ponto de fazer do país um dos principais líderes na produção e exportação de alimentos e matéria-prima oriundos de diversas espécies vegetais e animais. Nenhuma nação conhece tanto a produção vegetal tropical e subtropical quanto a brasileira. Isso só é possível com o desenvolvimento de inovações tecnológicas capazes de superar os desafios do clima, dos solos, da escassez de área, insumos e mão de obra. Entretanto, a despeito de todo desenvolvimento tecnológico, são escassas as investigações que avaliem a adoção da oferta tecnológica pelos produtores rurais no Brasil, sendo inexistente para a cultura da erva-mate. O presente estudo colabora para o incremento de resultados com essa abordagem de pesquisa.

No âmbito da mateicultura, a tecnologia disponível aos agricultores tem sido desenvolvida desde os anos 80 por instituições públicas e privadas. Paralelamente, o setor ervateiro brasileiro se consolida como o líder na produção e na exportação de erva-mate. Seu principal mercado é o interno, mas também o uruguaio para o qual fornece mais de 80 % da erva-mate consumida naquele país.

A Argentina, o principal concorrente brasileiro no mercado mundial apresenta maior organização e investimento em marketing internacional, alcançando mercados mais distantes e diversos. Entretanto, a erva-mate produzida no Brasil tem grande potencial de negócios, pois é aqui que estão concentrados os ervais nativos e os ervais de adensamento, nos remanescentes florestais. Além disso, estes ervais estão intrinsecamente ligados à agricultura familiar, sendo fonte de renda essencial em regiões de baixo IDH. Em outras palavras, a erva-mate brasileira possui apelo social, ambiental e econômico a ser explorado, como nenhum outro país.

O presente trabalho mostrou que a maior parte dos ervais brasileiros é cultivada sob sombreamento manejado, seja por adensamento ou por arborização dos ervais monoculturais. Os resultados apresentados representam uma inovação em relação à avaliação oficial realizada pelo IBGE, na qual os ervais sombreados são considerados extrativistas, incluindo os ervais arborizados em certas situações. O que se propôs aqui foi uma classificação em função do manejo, separando os ervais cultivados (monocultural, arborizado e adensado); dos ervais extrativistas (nativo). Essa alteração poderia contribuir para a divulgação de informações mais confiáveis para o setor.

Do ponto de vista tecnológico, os resultados demonstram que os ervais carecem de tecnologia de produção, estando abaixo do potencial da cultura em termos de produtividade. Tecnologias importantes como análise de solo, adubação e calagem,

comuns a qualquer atividade agropecuária não são adotados em larga escala nos ervais, embora sejam críticas na produtividade. Ao mesmo tempo, tecnologias específicas à cultura da erva-mate como os tipos de poda, são utilizados de forma heterogênea e ineficiente.

As análises mostraram que aspectos relacionados à gestão da propriedade são importantes e estão associadas ao alcance de melhores rendimentos. Embora não afetem diretamente a produtividade, a gestão parece dar ao produtor a capacidade de tomar decisões de manejo mais acertadas.

Um dos principais resultados do trabalho foi apresentar a importância da assistência técnica para se alcançar maiores produtividades em função da maior adoção das tecnologias por parte dos produtores. O conhecimento sobre uma tecnologia e sobre seu uso é frequentemente associado à opção por sua adoção. Dessa forma, a presença da extensão rural se faz necessária para aumentar a produtividade dos ervais brasileiros. Dentre os objetivos da assistência técnica está a transferência tecnológica para os produtores rurais, contribuindo para elevar suas capacidades gerenciais, possibilitando o uso mais eficiente dos recursos disponíveis na propriedade.

Nesse sentido, os resultados obtidos aqui sugerem que assistência técnica é um fator que agrega vários aspectos tecnológicos, como a gestão, a capacitação individual do produtor e de mão de obra contratada, o que resulta em maior adoção e melhor desempenho produtivo. Por fim, uma sugestão de estratégia de desenvolvimento, baseada nesse trabalho seria a de reforçar a assistência técnica, pública ou privada, com enfoque nas tecnologias mais determinantes para o rendimento dos ervais cultivados. Iniciativas simples e viáveis podem aumentar a renda dos mateicultores e a produção nacional de erva-mate.

O método empregado nesse trabalho permitiu o alcance dos objetivos propostos. A coleta de dados quantitativos e qualitativos por meio de questionário estruturado se mostrou eficaz. O uso de meios digitais para coleta de dados, aqui empregado, pode ser destacado como um ponto positivo, uma vez que agilizou e possibilitou o alcance de produtores em mais de 100 municípios nos 4 estados produtores. Outro ponto fundamental na coleta de dados foi a articulação com parceiros de instituições de pesquisa e extensão estaduais. Essas parcerias garantiram a capilaridade e conseqüentemente, o acesso a locais distantes, ampliando a representatividade dos resultados obtidos.

Embora nesse trabalho tenha sido possível atingir uma quantidade satisfatória de produtores, obter amostras representativas pode ser considerada a principal dificuldade da

metodologia aqui empregada, visto que um pesquisador sozinho teria dificuldades em coletar os dados por limitações financeiras e ou eventualmente de tempo.

A avaliação da adoção pelo método da regressão logística, ou de decisões binárias foi eficaz, corroborando com as percepções da equipe com experiência na cultura e em trabalhos de extensão rural, assim como com resultados de outras pesquisas mesmo não restritas a erva-mate. A metodologia empregada mostrou-se eficaz na verificação das hipóteses formuladas.

Os resultados obtidos nesse trabalho sugerem a possibilidade de aplicar o método em regiões específicas, como os polos ervateiros, a fim de prospectar as necessidades locais. Os ervais gaúchos, por exemplo, têm maior proporção de monocultivos, enquanto no Paraná, predominam ervais adensados. Os ervais monoculturais do oeste de Santa Catarina são distintos dos adensados e extrativos do planalto norte do estado. O polo ervateiro sul mato-grossense apresenta características edafoclimáticas diferentes dos ervais da Região Sul do Brasil. Dessa forma, estudos regionalizados produziram detalhamentos importantes para o desenvolvimento dos respectivos polos produtores.

Para ampliar o entendimento da adoção de tecnologias, novas pesquisas poderiam incluir outras variáveis que não foram utilizadas nesse trabalho, como o nível de renda não agrícola, a renda oriunda do erval e de outras atividades agropecuárias da propriedade; variáveis que expressam as condições ambientais das propriedades e; variáveis que indicam a intensidade de uso das diferentes tecnologias, como doses de insumos, épocas de realização dos tratamentos culturais, entre outras.

Com ajustes e maiores detalhamentos, o método utilizado tem potencial de aplicação em diferentes regiões e microrregiões, contribuindo para a prospecção de demandas tecnológicas e para políticas públicas que potencializem a modernização e a profissionalização da atividade ervateira brasileira.

5 REFERÊNCIAS

- ABDULLAHI, K. A., O. I. OLADELE; O. J. YUSUF. Use of Mobile Phone Applications by Farmers in North West Nigeria. **Journal of Agricultural Extension**, v.23, n.3, p.182-195, 2019.
- ALDANA, U., J. D. FOLTZ, B. L. BARHAM; P. USECHE. Sequential Adoption of Package Technologies: The Dynamics of Stacked Trait Corn Adoption. **American Journal of Agricultural Economics**, v.93, n.1, p.130-143, 2011.
- ANDERSON, J.; G. FEDER. Agricultural Extension. In: R. Evenson e P. Pingali (Ed.). **Handbook of Agricultural Economics**. Amsteden: Elsevier, v.3, 2007, p.3031
- ARRECHE, R. A., G. M. DE OCA-VASQUEZ, J. R. VEGA-BAUDRIT; P. G. VAZQUEZ. Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extracts from Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Wastes. **Waste and Biomass Valorization**, v.11, n.1, p.245-253, 2020.
- BAGGIO, A. J., L. J. MONTOYA VILCAHUAMAN; G. CORREA. **Arborização da cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, v.161, 2008. 24 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 161)
- BALSAN, G., L. C. PELLANDA, G. SAUSEN, T. GALARRAGA, D. ZAFFARI, B. PONTIN; V. L. PORTAL. Effect of yerba mate and green tea on paraoxonase and leptin levels in patients affected by overweight or obesity and dyslipidemia: a randomized clinical trial. **Nutrition Journal**, v.18, n.1, p.5, 2019.
- BARG, M., G. T. REZIN, D. D. LEFFA, F. BALBINOT, L. M. GOMES, M. CARVALHO-SILVA, F. VUOLO, F. PETRONILHO, F. DAL-PIZZOL, E. L. STRECK; V. M. ANDRADE. Evaluation of the protective effect of *Ilex paraguariensis* and *Camellia sinensis* extracts on the prevention of oxidative damage caused by ultraviolet radiation. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.37, n.1, p.195-201, 2014.
- BARTSCH, C. R., A. ZANIN; T. F. D. CAMARGO. **Análise de viabilidade de investimento em cultura de erva-mate mensurados por meio do CPC 29**. III Congresso de Contabilidade UFRGS. Porto Alegre: UFRGS: 1-17 p, 2018. <<https://www.ufrgs.br/congressocont/index.php/IIIContUFRGS/IIIContUFRGS>>
- BENDER FILHO, R.; I. P. BAGOLIN. Determinantes da Permanência na Condição de Pobreza Crônica na cidade de Porto Alegre: Aplicação do Modelo Logit Multinomial. **Ensaio FEE**, v.35, p.1-26, 2014.
- BISOGNIN, D. A., L. V. D. LUZ, K. H. LENCINA, C. O. D. SANTOS; C. K. SAUTTER. Contents of total phenolics and flavonoids in and antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* leaves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, p.1 - 8, 2019.
- BOAVENTURA, B. C. B., P. F. DI PIETRO, G. A. KLEIN, A. STEFANUTO, E. C. DE MORAIS, F. DE ANDRADE, E. WAZLAWIK; E. L. DA SILVA. Antioxidant potential of mate

tea (*Ilex paraguariensis*) in type 2 diabetic mellitus and pre-diabetic individuals. **Journal of Functional Foods**, v.5, n.3, p.1057-1064, 2013.

BRACESCO, N., A. G. SANCHEZ, V. CONTRERAS, T. MENINI; A. GUGLIUCCI. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. **Journal of ethnopharmacology**, v.136, p.378-84, 2011.

BRASIL, M. D. E. **Comex Stat 2020**. <comexstat.mdic.gov.br>

BRASIL, M. M. A. **Erva-mate: boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico**. Brasília, DF: MMA, 2017. 72 p.

BRUNI, G. P., T. D. ACUNHA, J. P. DE OLIVEIRA, L. M. FONSECA, F. T. DA SILVA, V. M. GUIMARAES; E. D. ZAVAREZE. Electrospun protein fibers loaded with yerba mate extract for bioactive release in food packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, p.1-10, 2020.

CAMPOS, L. H. R. D., I. P. D. A. RAPOSO, T. T. D. MOURA; H. V. V. D. COSTA. O FIES Contribui Para a Atratividade das Carreiras de Licenciaturas e da Saúde? **Revista Brasileira de Economia**, v.74, p.139-153, 2020.

CARDOZO JUNIOR, E. L.; C. MORAND. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health – A review. **Journal of Functional Foods**, v.21, p.440-454, 2016.

CARMO, F., N. FIEDLER, M. SILVA, S. GONÇALVES, P. GUIMARAES; D. LIRA. Efeito da área e produtividade na produção de erva-mate no brasil. **Nativa**, v.6, p.85, 2018.

CARRER, M. J., R. L. F. D. SILVEIRA; H. M. D. SOUZA FILHO. Factors influencing hedging decision: evidence from Brazilian citrus growers. **Agricultural and Resource Economics**, v.63, n.1, p.1-19, 2019.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ/SPI, 1994

COELHO, G. C. Ecosystem services in brazilian's southern agroforestry systems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.20, n.3, p.475-492, 2017.

COLPO, A. C., M. E. DE LIMA, M. MAYA-LÓPEZ, H. ROSA, C. MÁRQUEZ-CURIEL, S. GALVÁN-ARZATE, A. SANTAMARÍA; V. FOLMER. Compounds from *Ilex paraguariensis* extracts have antioxidant effects in the brains of rats subjected to chronic immobilization stress. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, p.1-7, 2017.

COLUSSI, J.; N. PRESTES. Frugivory by birds in *Myrciaria trunciflora* (Mart) O. Berg. (*Myrtaceae*), *Eugenia uniflora* L. (*Myrtaceae*) and *Ilex paraguariensis* St. Hil. in the northern state of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.19, n.1, p.48-55, 2011.

CORDEIRO, V. D. A imigração ucraniana ao Paraná: memória, identidade e religião. **Tempo Social**, v.26, p.292-295, 2014.

CORREA, G., T. M. FONSECA, I. B. MELO, A. GRISON, A. RUFFATO, M. J. S. MEDRADO, R. L. CANSIAN, L. J. M. VILCAHUAMÁN; S. R. FELIZARI. **Cambona 4: desenvolvimento de uma progênie biclonal de erva-mate em Machadinho, RS**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011, p.28. (Embrapa Florestas, Documentos 224)

COSTA, D. E. M., A. M. C. RACANICCI; Â. P. SANTANA. Atividade antimicrobiana da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) contra microrganismos isolados da carne de frango. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, p.1 - 7, 2017.

CROGE, C. P., F. L. CUQUEL; P. T. M. PINTRO. Yerba mate: cultivation systems, processing and chemical composition. A review. **Scientia Agricola**, v.78, 2021.

CUEVAS-REYES, V. Decisive factors for the adoption of silage in livestock production units in the dry tropics of northwestern Mexico. **Revista Corpoica-Ciencia Y Tecnologia Agropecuaria**, v.20, n.3, p.479-489, 2019.

DA CROCE, D. M.; P. A. FLOSS. **Cultura da erva-mate no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999. 81 p.

DAVID, F., L. GALON, G. PERIN, G. CONCENÇO, A. CASTAMANN, C. FORTE, P. DAVID, A. MOSSI, A. ANDRES; I. SANTOS MOISINHO. Weed Interference in the Morphophysiological and Nutritional Characteristics of Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*). **American Journal of Plant Sciences**, v.09, p.435-445, 2018.

DE OLIVEIRA, J. P., G. P. BRUNI, L. M. FONSECA, F. T. DA SILVA, J. C. DA ROCHA; E. DA ROSA ZAVAREZE. Characterization of aerogels as bioactive delivery vehicles produced through the valorization of yerba-mate (*Ilex paraguariensis*). **Food Hydrocolloids**, p.105931, 2020.

DEDECEK, R. A.; H. R. RODIGHERI. Sistemas de preparo do solo em cultivos anuais intercalados em erva-mate. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.38, p.77-88, 1999.

DESPOTOVIC, J., V. RODIC; F. CARACCILO. Factors affecting farmers' adoption of integrated pest management in Serbia: An application of the theory of planned behavior. **Journal of Cleaner Production**, v.228, p.1196-1205, 2019.

FACCIN, C., L. R. VIEIRA; E. M. D. FREITAS. Application of yerba mate (*Ilex paraguariensis* a.St.-hil.) in food - a review. **Caderno pedagógico**, v.12, n.3, p.200-210, 2015.

FACHINI, C., R. FIRETTI, E. OLIVEIRA; A. FILHO. Perfil da apicultura em Capão Bonito, Estado de São Paulo: aplicação da análise multivariada. **Revista de Economia Agrícola**, v.57, n.1, p.51-63, 2010.

FAO, F. A. A. O.-. **Maté production, 2018**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 28 mar 2020.

FU, Y., R. A. W. KOK, B. DANKBAAR, P. E. M. LIGTHART; A. C. R. VAN RIEL. Factors affecting sustainable process technology adoption: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.205, p.226-251, 2018.

GAN, R. Y., D. ZHANG, M. WANG; H. CORKE. Health Benefits of Bioactive Compounds from the Genus *Ilex*, a Source of Traditional Caffeinated Beverages. **Nutrients**, v.10, n.11, p.17, 2018.

GARCIA-SALAZAR, J. A., M. BORJA-BRAVO; G. RODRIGUEZ-LICEA. Consumption of fertilizers in mexican agriculture: An analysis of factors affecting the rate of adoption. **Interciencia**, v.43, n.7, p.505-510, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**: Atlas, 2019. 248 p.

GIL, J., M. SIEBOLD; T. BERGER. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.199, p.394-406, 2015.

GODOY, R. C. B., E. CHAMBERS; G. S. YANG. Development of a preliminary sensory lexicon for mate tea. **Journal of Sensory Studies**, p.1-13, 2020.

GOULART, I. C. G. R.; J. F. PENTEADO JUNIOR. Erva 20: sistema de produção de erva-mate. In: V. Porfírio-Da-Silva, S. D. R. C. Penteado, *et al* (Ed.). **Seminário Erva-Mate XXI: Modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate**. Curitiba: Embrapa, 2016, p.44-47. (Embrapa Florestas. Documentos, 298)

GRABOWSKI, P. P., J. M. KERR, S. HAGGBLADE; S. KABWE. Determinants of adoption and disadoption of minimum tillage by cotton farmers in eastern Zambia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.231, p.54-67, 2016.

GRAYBILL-LEONARD, M., C. MEYERS, D. DOERFERT; E. IRLBECK. Using Facebook as a communication tool in agricultural-related social movements. **Journal of Applied Communications**, v.95, p.45-56, 2011.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. New York: Pearson, 2018. 1176 p.

GUERCIO, M. B., A. E. BRIOZZO, H. P. VIGIER; L. B. MARTINEZ. The financial structure of Technology-Based Firms. **Revista Contabilidade & Finanças**, v.31, p.444-457, 2020.

GULLON, B., G. EIBES, M. T. MOREIRA, R. HERRERA, J. LABIDI; P. GULLON. Yerba mate waste: A sustainable resource of antioxidant compounds. **Industrial Crops and Products**, v.113, p.398-405, 2018.

GÜNERİ, Ö. İ.; B. DURMUŞ. Dependent Dummy Variable Models: An Application of Logit, Probit and Tobit Models on Survey Data. **International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering**, v.6, n.1, p.63-74, 2020.

HAWLEY, J. L., K. HALL; A. CHOWDHURY. Agricultural communicators' use of mobile devices and social media in USA. **Rural Extension & Innovation Systems**, v.14, n.1, p.101-109, 2018.

HLAVAC, M. **Stargazer: Well-Formatted Regression and Summary Statistics Tables**. R package version 5.2.1. Bratislava, Slovakia: Central European Labour Studies Institute 2018. <<https://CRAN.R-project.org/package=stargazer>>

HOMMA, A. K. O. **Colhendo da natureza: o extrativismo vegetal na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 224 p.

HYLAND, J. J., K. HEANUE, J. MCKILLOP; E. MICHA. Factors underlying farmers' intentions to adopt best practices: The case of paddock based grazing systems. **Agricultural Systems**, v.162, p.97-106, 2018.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 02 fev 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção Agrícola Municipal**. 2020a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E E.-. **Produção do extrativismo vegetal e silvicultura**. 2020b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/documentos>>. Acesso em: 02 nov 2020.

JANDA, K., K. JAKUBCZYK, A. LUKOMSKA, I. BARANOWSKA-BOSIACKA, E. REBACZ-MARON, K. DEC, J. KOCHINAN; I. GUTOWSKA. Effect of the Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) brewing method on the content of selected elements and antioxidant potential of infusions. **Polish Journal of Chemical Technology**, v.22, n.1, p.54-60, 2020.

JEROP, R., P. DANNENBERG, O. GEORGE, M. PATIENCE, P. KIMURTO, M. WILLKOMM; G. HARTMANN. Factors affecting the adoption of agricultural innovations on underutilized cereals: The case of finger millet among smallholder farmers in Kenya. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, p.1888-1900, 2018.

KALIBA, A. R., K. MAZVIMAVI, T. L. GREGORY, F. M. MGONJA, M. J. A. MGONJA; F. ECONOMICS. Factors affecting adoption of improved sorghum varieties in Tanzania under information and capital constraints. **Agricultural and Food Economics**, v.6, n.1, p.1-21, 2018.

KAPP JR, C., F. R. ZARPELLON, L. L. DALAZEN; A. SOUZA. **A cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em sistema de cultivo convencional e orgânico como alternativa de renda ao pequeno proprietário rural**. XXIV Congresso Brasileiro de Custos. Florianópolis: 1-16 p, 2017.

KHAN, N. A., G. QIJIE, S. ALI, B. SHAHBAZ; A. A. SHAH. Farmers use of mobile phone for accessing agricultural information in Pakistan. **Ciência Rural**, v.49, n.10, 2019.

KHONJE, M. G., J. MANDA, P. MKANDAWIRE, A. H. TUFA; A. D. ALENE. Adoption and welfare impacts of multiple agricultural technologies: evidence from eastern Zambia. **Agricultural Economics**, v.49, n.5, p.599-609, 2018.

KORMANN, J. **A história da erva-mate e sua região, o mercosul (num enfoque: geográfico, histórico, econômico, social, político e psicológico)**. (Tese). Departamento de História, Universidad de León, León, 2001. 573 p.

KUMMER, L., V. L. C. A. DIZ; R. M. F. SOARES. **Metodologia participativa no meio rural: Uma visão interdisciplinar. Conceitos, ferramentas e vivências**. Salvador: GTZ, 2007. 155 p.

KURTZ, V., D. CHIFARELLI, N. MUNARETTO; S. KORTH. Poda de rebaje en plantaciones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*): mortandad y productividad. **Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales**, n.6, p.11-17, 2014.

LANDINI, F. P. Problemas enfrentados por extensionistas rurais brasileiros e sua relação com suas concepções de extensão rural. **Ciência Rural**, v.45, p.371-377, 2015.

MARQUES, A. D. C., M. S. D. REIS; V. F. DENARDIN. As paisagens da erva-mate: Uso das florestas e conservação socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, v.22, p.1-22, 2019.

MASLOFF, V. M. A. **Yerba Mate: Compendio de experiencias en la recuperación de agroecosistemas yerbateros**. Encarnación: MR Producciones, 2013. 93 p.

MATTOS, A. G. **Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. Sant. Hil) nativa em exploração no planalto norte catarinense**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. 176 p.

MAYOL, R. M., S. I. GIANCOLA, M. V. LAVECINI, J. F. AIASSA, S. DI GIANO, M. L. SALVADOR, M. DA RIVA, D. O. ACUÑA; M. D. RABAGLIO. **Causas que afectan la adopción de tecnología en productores de yerba mate en la provincia de Misiones: enfoque cualitativo**. Buenos Aires: INTA, 2014, p.74. (Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología 8)

MAZUR, M., A. ZWYRZYKOWSKA-WODZINSKA, E. WOJTAS, A. ZACHWIEJA; A. M. SALEJDA. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) supplementation on oxidative stress in ruminants. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.79, n.2, p.316-322, 2019.

MELO, W. V.; C. S. BIANCHI. Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, p.43-59, 2015.

MISSIO, F. J.; R. M. R. RIVAS. Aspectos da Formação Econômica de Mato Grosso do Sul. **Estudos Econômicos**, v.49, p.601-632, 2019.

MOTTA, A. C. V., J. Z. BARBOSA, E. MAGRI, G. Q. PEDREIRA, D. SANTIN, S. A. PRIOR, R. CONSALTER, S. D. YOUNG, M. R. BROADLEY; E. L. BENEDETTI. Elemental composition of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) under low input systems of southern Brazil. **Science of The Total Environment**, v.736, p.139637, 2020.

MOURA, J. F. P. D., E. C. PIMENTA FILHO, S. GONZAGA NETO; E. P. CÂNDIDO. Avaliação tecnológica dos sistemas de produção de leite bovino no Cariri da Paraíba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.121-131, 2013.

O'DONOGHUE, C.; K. HEANUE. The impact of formal agricultural education on farm level innovation and management practices. **The Journal of Technology Transfer**, v.43, n.4, p.844-863, 2018.

OLIVEIRA, M. D. A sociologia da imigração no Brasil entre as décadas de 1940 e 1970. **Sociologias**, v.20, p.198-228, 2018.

OLIVEIRA, S. V. D.; P. D. WAQUIL. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.45, p.750-756, 2015.

OLIVEIRA, Y. M. M.; E. ROTTA. **Área de Distribuição natural da erva-mate**. Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais. Curitiba: Embrapa Florestas: 17-36 p, 1985.

PATHAK, H. S., P. BROWN; T. BEST. A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. **Precision Agriculture**, v.20, n.6, p.1292-1316, 2019.

PEDRASSANI, D., M. L. KNOP; J. PERCIAK. Análise comparativa de lucratividade das culturas de erva-mate em relação a soja no Planalto Norte Catarinense. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v.10, n.0, p.269-282, 2020.

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Poda em erva-mate plantada**. Colombo: Embrapa Florestas, v.313, 2017. 28 p. (Embrapa Florestas, Documentos 313)

PENTEADO JÚNIOR, J. F.; I. C. G. R. GOULART. **Erva 20: sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.

PINO, F. A. Modelos de decisão binários: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, v.54, n.1, p.43-57, 2007.

PINTO, H., M. FERREIRA; S. TEIXEIRA. Adoção de Tecnologias em Agricultura de Precisão por Produtores de Soja em Goiás e Distrito Federal. **Espacios**, v.38, p.33, 2017.

PIRES, E. Z., L. I. B. STEDILLE, S. MACHADO, A. MANTOVANI; R. L. D. C. BORTOLUZZI. Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista Altomontana. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.13, n.2, p.171-180, 2014.

PIVOTO, D., B. BARHAM, P. D. WAQUIL, C. R. FOGUESATTO, V. F. D. CORTE, D. ZHANG; E. TALAMINI. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.22, n.4, p.571-588, 2019.

POSWAL, F. S., G. RUSSELL, M. MACKONOCHE, E. MACLENNAN, E. C. ADUKWU; V. ROLFE. Herbal Teas and their Health Benefits: A Scoping Review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.74, n.3, p.266-276, 2019.

QUEIROZ, P. R. C. A Companhia Mate Laranja, 1891-1902: contribuição à história da empresa concessionária dos ervais do antigo sul de Mato Grosso. **Territórios e Fronteiras**, v.8, n.1, p.204-228, 2015.

R CORE TEAM. **Foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase',** R package version 0.8-72. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2019a. <<https://CRAN.R-project.org/package=foreign>>

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2019b. <<https://www.R-project.org/>>

RIACHI, L. G.; C. A. B. DE MARIA. Yerba mate: An overview of physiological effects in humans. **Journal of Functional Foods**, v.38, p.308-320, 2017.

ROSSET, C. **Apuração do custo de produção no cultivo de erva mate em uma propriedade familiar no interior de Ilópolis/RS**. Curso de Administração, Universidade de Passo Fundo, SOLEDADE 2017. 82 p.

SAIDELLES, A. P. F., R. M. KIRCHNER, É. M. D. M. FLORES, N. R. Z. D. SANTOS, J. K. BENEDETTI; L. C. D. CRUZ. Determinação de Cu, Ni e Zn por ICP-MS em infusões da erva-mate comercializadas nas regiões do sul do Brasil. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.24, n.3, p.283-290, 2013.

SANCHEZ-TOLEDANO, B. I., Z. KALLAS, O. P. ROJAS; J. M. GIL. Determinant Factors of the Adoption of Improved Maize Seeds in Southern Mexico: A Survival Analysis Approach. **Sustainability**, v.10, n.10, p.22, 2018.

SANTIN, D., E. BENEDETTI, N. BARROS, I. ALMEIDA; I. WENDLING. Intervalos de colheita e adubação potássica influenciam a produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no estado do paraná. **Floresta**, v.46, p.509, 2017a.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, M. C. BASTOS, J. F. KASEKER, C. B. REISSMANN, G. E. BRONDANI; N. F. DE BARROS. Growth and nutritional composition of yerba mate as affected by nitrogen, phosphate and potassium fertilization. **Ciencia Florestal**, v.23, n.2, p.363-375, 2013a.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, N. F. DE BARROS, I. C. DE ALMEIDA, G. F. SIMIQUELI, J. C. L. NEVES, I. WENDLING; C. B. REISSMANN. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. **Ciencia Florestal**, v.29, n.3, p.1199-1214, 2019.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, N. F. DE BARROS, L. L. FONTES, I. C. DE ALMEIDA, J. C. LIMA NEVES; I. WENDLING. Harvest handling and phosphate nutrition in yerba-mate (*Ilex paraguariensis*) culture during production stage. **Ciencia Florestal**, v.27, n.3, p.783-797, 2017b.

SANTIN, D., E. L. BENEDETTI, J. F. KASEKER, M. C. BASTOS, C. B. REISSMANN, I. WENDLING; N. F. DE BARROS. Growth and nutrition of mate tea submitted to liming. **Ciencia Florestal**, v.23, n.1, p.55-66, 2013b.

SANTIN, D., C. B. REISSMANN; E. L. BENEDETTI. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. In: I. Wendling e D. Santin (Ed.). **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p.99-195

SANTIN, D., I. WENDLING, E. L. BENEDETTI, G. E. BRONDANI, C. B. REISSMANN, D. MORANDI; L. F. ROVEDA. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.56, p.97-104, 2010.

SANTOS, E. C. S., M. A. BICCA, C. H. BLUM-SILVA, A. P. R. COSTA, A. A. DOS SANTOS, E. P. SCHENKEL, M. FARINA, F. H. REGINATTO; T. C. M. DE LIMA. Anxiolytic-like, stimulant and neuroprotective effects of *Ilex paraguariensis* extracts in mice. **Neuroscience**, v.292, p.13-21, 2015.

SANTOS, L. M. G. D., S. A. VICENTINI NETO, G. IOZZI; S. D. C. JACOB. Arsenic, cadmium and lead concentrations in Yerba mate commercialized in Southern Brazil by inductively coupled plasma mass spectrometry. **Ciência Rural**, v.47, p.1-6, 2017.

SCHIMMELPFENNIG, D.; R. EBEL. Sequential Adoption and Cost Savings from Precision Agriculture. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v.41, n.1, p.97-115, 2016.

SCHIRIGATTI, E. L., J. C. G. L. D. SILVA, A. N. D. ALMEIDA, A. J. D. SANTOS; N. D. A. RUCKER. Vantagem comparativa e matriz de competitividade do mate brasileiro e argentino, no período de 1997-2011. **Ciencia Florestal**, v.28, p.1807-1822, 2018.

SIGNOR, P., G. S. GOMES; L. F. WATZLAWICK. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.83, p.199-208, 2015.

SNAPP, S. S., S. M. SWINTON, R. LABARTA, D. MUTCH, J. R. BLACK, R. LEEP, J. NYIRANEZA; K. O'NEIL. Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches. **Agronomy Journal**, v.97, n.1, p.322-332, 2005.

SOUSA, V. A. D., A. V. D. AGUIAR; J. SPOLADORE. Metodologia para a polinização controlada em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. - *Aquifoliaceae*. **Revista Árvore**, v.39, n.2, p.315-323, 2015.

SOUZA FILHO, H., M. BUAINAIN, J. M. F. J. SILVEIRA; M. VINHOLIS. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.28, p.223-255, 2011.

STEDILLE, L. I. B., E. Z. PIRES, J. P. GOMES, N. C. F. D. COSTA, A. P. BERNARDI; A. MANTOVANI. Cattle influence on the population structure of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) in Araucaria Forest. **Ciência Rural**, v.49, 2019.

STURION, J. A., C. A. STUEPP; I. WENDLING. Genetic parameters estimates and visual selection for leaves production in *Ilex paraguariensis*. **Bragantia**, v.76, p.492-500, 2017.

TAKAHASHI, K., R. MURAOKA; K. OTSUKA. Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. **Agricultural Economics**, v.51, n.1, p.31-45, 2020.

TOMA, L., A. P. BARNES, L.-A. SUTHERLAND, S. THOMSON, F. BURNETT; K. MATHEWS. Impact of information transfer on farmers' uptake of innovative crop technologies: a structural equation model applied to survey data. **The Journal of Technology Transfer**, v.43, n.4, p.864-881, 2018.

TUFA, A. H., A. D. ALENE, J. MANDA, M. G. AKINWALE, D. CHIKOYE, S. FELEKE, T. WOSSEN; V. MANYONG. The productivity and income effects of adoption of improved soybean varieties and agronomic practices in Malawi. **World Development**, v.124, p.1-10, 2019.

VENABLES, W. N.; B. D. RIPLEY. **Modern Applied Statistics with S**. New York: Springer, 2002. 498 p. (Statistics and Computing)

VIANA, G., V. A. HOEFLICH, A. J. D. SANTOS, A. SCHWANS; J. D. J. MACEDO. A contribuição dos produtos florestais não-madeireiros - Erva-mate e Pinhão - ao setor florestal e agropecuário do Paraná. **Brazilian Journal of Wood Science**, v.9, n.3, p.181-190, 2018.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2019. 340 p.

VINHOLIS, M. D. M. B., M. J. CARRER; H. M. D. SOUZA FILHO. Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. **Ciência Rural**, v.47, 2017.

VOGT, G. A., G. NEPPEL; A. M. D. SOUZA. A atividade ervateira no Planalto Norte Catarinense: a Indicação Geográfica como alternativa para a (re)valorização do produto erva-mate. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v.6, n.2, p.64-87, 2016.

YIRGA, C., Y. ATNAFE; A. AWHASSAN. A Multivariate Analysis of Factors Affecting Adoption of Improved Varieties of Multiple Crops: A Case Study from Ethiopian Highlands. **Ethiopian Journal of Agricultural Sciences**, v.25, p.29-45, 2015.

ZANCHETT, C. S., M. L. MIGNONI, N. P. R. BARRO; C. D. ROSA. Desenvolvimento de chocolate branco com extrato de erva-mate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.19, p.1 - 8, 2016.

ZANIN, V.; L. MEYER. Evolução da margem de comercialização da erva mate no Rio Grande do Sul. **Revista IPecege**, v.4, p.7-18, 2018.

ZAPATA, F. J., M. REBOLLO-HERNANZ, J. E. NOVAKOFSKI, M. T. NAKAMURA; E. G. DE MEJIA. Caffeine, but not other phytochemicals, in mate tea (*Ilex paraguariensis* St. Hilaire) attenuates high-fat-high-sucrose-diet-driven lipogenesis and body fat accumulation. **Journal of Functional Foods**, v.64, p.13, 2020.

6 APÊNDICE

APÊNDICE 1. Questionário aplicado aos produtores de erva-mate.

Você é? Homem Mulher

Qual sua idade? _____

Onde fica seu erval? Município: _____ Estado: _____

Usa mudas comuns ou melhoradas? Comuns Melhoradas

As mudas são compradas em viveiros registrados? Sim Não

Você faz análise de solo? Sim Não. Por que não? _____

Você prepara o solo quando planta erva-mate? Sim Não

Qual o tipo de preparo? Marque mais de uma, caso utilize.

Preparo na linha de plantio. Em área total. Preparo de covas.

Qual o espaçamento das erveiras que você utiliza? Caso utilize mais de um espaçamento, escreva o valor médio. Escreva o valor em metros (m). Exemplo: 1,5m

Entre plantas: _____ Entre fileiras: _____

Qual a densidade de plantas? Marque uma unidade de área e escreva o número de plantas.

Por hectare Por alqueire Número de plantas: _____ (pode ser um valor médio)

Faz proteção das mudas com placas de madeira ou outro material após o plantio?

Sim Não

Você faz controle de plantas daninhas?

Não

Roçada na entrelinha

Capina na linha

Controle com herbicida.

Capina ao redor da planta

Qual? _____

Quantas vezes por ano você faz controle de plantas daninhas? _____

Você aplica adubação no seu erval? Qual o seu principal fertilizante?

Não aplico adubo Adubos químicos Adubos Orgânicos

Você aplica calcário no erval? Sim Não

Você utiliza espécies de cobertura de solo, conhecidas também como adubação verde?

Não uso Uso espécies anuais (planto todo ano) Uso espécies perenes (planto um vez)

Como é seu erval? Nativo: 100 % das erveiras são nativas. Nativo adensado: parte das erveiras foram introduzidas na área. Pleno sol: erval em monocultivo, erval solteiro. Plantio sombreado: erval em consórcio com outras espécies arbóreas, que tem função de sombrear as erveiras.

Pleno sol Nativo adensado
 Nativo Plantado sombreado

Você tem problemas com doenças no seu erval?

Não Podridão das raízes
 Fuligem Podridão do tronco
 Fumagina Queda de folhas
 Pinta-preta tombamento
 Outra. Escreva qual: _____

Você aplica fungicida? Não Sim. Escreva o nome do produto: _____

Você elimina galhos ou ramos doentes da erveiras? Sim Não

Você tem problemas com pragas no seu erval? Com quais?

Não tenho problemas. Cochonilha de cera
 Ampola Lagarta da erva-mate
 Broca de erva-mate/corintiano Lagarta do cartucho
 Broca dos ponteiros Outra: _____

Você aplica inseticidas no erval?

Não aplico inseticidas Aplico Bowemax Aplico outro: _____

Em quais meses do ano você aplica o Bowemax?

Janeiro Maio Setembro
 Fevereiro Junho Outubro

() Março () Julho () Novembro
 () Abril () Agosto () Dezembro

Realiza poda de formação, também conhecida como desponte? () Sim () Não

Indique qual a idade e qual a altura dessa poda em relação ao solo:

Idade das erveiras na poda de formação: _____ cm

Altura da poda de formação em relação ao solo: _____ cm

Realiza a poda de limpeza, conhecida como “puxe”? () Sim () Não

Na poda de colheita, qual a porcentagem de folhas que ficam nas erveiras? Ficam _____% de folhas.

Qual é o intervalo de tempo entre as podas de colheita? _____ Meses

Você realiza decepa para renovação do erval? () Sim () Não

Você realiza rebaixamento de copa para reduzir a altura das erveiras? () Sim () Não

Em relação ao solo, qual a altura dos primeiros galhos produtivos das suas erveiras?

Os primeiros galhos produtivos estão a _____ cm do solo.

Qual é sua principal ferramenta de poda?

() Facão () Tesoura de poda () Motosserra () outra: _____
 () Serrote () Tesoura Elétrica () Foice

Você contrata mão de obra para realizar a poda?

() Não contrato() Sim. Podadores treinados() Sim. Podadores não treinados

Qual a porcentagem de erveiras improdutivoas? Aquelas que estão brocadas, doentes, muito altas, etc. Erveiras improdutivoas _____%

Qual é o tamanho do seu erval? Marque a unidade e escreva o valor numérico.

() Alqueire() HectareEscreva o tamanho do seu erval: _____.

Qual é o tamanho da sua propriedade? Marque a unidade e escreva o valor numérico.

() Alqueire() HectareEscreva o tamanho da sua propriedade: _____.

Qual a idade das erveiras no seu erval? Pode ser um valor médio. _____ Anos.

Qual foi a produtividade média que você obteve no seu erval na última colheita? Marque a unidade que você usa e escreve o valor.

() Arroba/Hectare () Arroba/Alqueire () Toneladas/Alqueire () Toneladas/Hectare

Escreva a sua produtividade média: _____.

Qual é sua escolaridade?

Marque seu nível máximo de escolaridade, caso não tenha frequentado a escola, marque a primeira opção. Marque técnico agropecuário se fez curso técnico de qualquer natureza da área agropecuária.

() Até o Ensino fundamental - 1º grau () Nível Técnico

() Ensino Médio – 2º grau () Nível Técnico agropecuário ou afins

() Ensino Superior. Qual curso? _____

Tem internet em casa ou no celular? () Sim () Não

Já participou de cursos, palestras ou dias de campo sobre produção e manejo de erva-Mate?

() Não () Sim. Quantas Vezes? _____

Sobre as pessoas que vivem na propriedade e trabalham no erval.

Quantas vivem na propriedade? _____

Quantas trabalham no erval? _____

Você usa computador, tablete ou celular para administrar ou gerenciar propriedade?

Marque sim, se usa aplicativos ou programas que o auxiliem a tomar decisões de manejo comercialização da erva-mate. () Sim () Não

Possui assistência técnica?

Se você tem auxílio da assistência técnica, escreva quantas vezes por ano recebe as orientações.

() Não () Sim. Recebe quantas visitas por ano? _____

Sua assistência técnica é pública ou privada? () Pública () Privada/contratada

Faz parte de alguma associação ou cooperativa? () Não () Sim. De qual? _____

Você é de família ervateira? Indicar há quanto tempo sua família produz erva-mate, desde a primeira geração que iniciou na atividade.

Não. Eu sou o primeiro a produzir erva-mate na família.

Sim. Escreva há quantos anos sua família produz erva-mate.

Tem fonte de renda não agrícola? Sim Não

Essa renda não agrícola, é maior ou menor que a renda obtida com erva-mate?

maior menor Não possuo renda não-agrícola

Faz controle de custos de produção? Sim Não

Você utiliza financiamento agrícola? Sim Não

Quais dos produtos abaixo você produz na propriedade?

Erva-Mate

Ovos

Soja

Aves

Milho

Carne

Trigo

Leite

frutas

Madeira

Hortaliças Feijão

Desses, qual é o que dá mais renda? _____

Você possui maquinário próprio? Marque quais desses listados abaixo.

Não possui

Semeadora/Plantadeira

Trator

Subsolador

Roçadeira manual

Arado

Roçadeira tratorizada

Grade

Pulverizador

Pulverizador costal

APÊNDICE 2. Descrição das variáveis tecnológicas avaliadas no trabalho.

Tecnologias de produção	Descrição*
Mudas melhoradas	Uso de mudas com algum grau de melhoramento genético. Atualmente estão disponíveis aos produtores mudas clonais, mudas seminais de pais selecionados e mudas seminais de pais desconhecidos.
Preparo de solo	Adoção de técnicas de preparo de solo no pré-plantio de erva-mate.
Densidade de plantas	Número de plantas em um hectare
Controle de plantas daninhas	Adoção de práticas de controle de plantas daninhas.
Análise de solo	Consiste na análise química do solo onde a erva-mate é cultivada, que indica os teores de nutrientes disponíveis para as plantas.
Adubação	Consiste na aplicação de fertilizantes minerais ou orgânicos, fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, visando atender a demanda nutricional das plantas.
Calcário	Consiste na aplicação de fertilizantes ricos em cálcio e magnésio visando atender a demanda nutricional das plantas.
Cobertura vegetal	Utilização de plantas de cobertura de solo nas entrelinhas dos plantios.
Controle de pragas	Controle das principais pragas da erva-mate: Ampola-da-erva-mate; Broca-da-erva-mate; Broca-dos-ponteiros-da-erva-mate; Cochonilha-de-cera; Lagarta-da-erva-mate, Lagarta-do-cartucho-da-erva-mate; Ácaros.
Idade na poda de formação	Idade das plantas na época da poda de formação, em relação à data de plantio.
Altura da poda de formação	Altura em que é realizada a poda de formação. A recomendação atual é de 20 cm em relação a superfície do solo.
Poda de limpeza	Adoção da prática poda de limpeza, conhecida como puxe ou baixeiro. Consiste na retirada de galhos finos do interior da copa cujo crescimento causa abafamento excessivo, criando microclima favorável a doenças, além de dificultar a manutenção adequada da arquitetura das erva-mates.

Folhas remanescentes	Percentagem de folhas que permanece nas plantas após a colheita, cujo objetivo é manter a fotossíntese e favorecer a brotação pós-colheita. A recomendação atual é de 20 a 30 %.
Intervalo entre colheitas	Intervalo de tempo entre colheitas, safra. Na recomendação atual, os intervalos indicados são 18 meses para ervais monoculturais e de 24 meses para ervais com sombra maior que 30 %.
Renovação por decepa	Técnica de poda que tem o objetivo de reduzir drasticamente a altura das plantas. Consistem em um corte a 15 cm do solo, retirando-se totalmente a parte aérea e condução da brotação.
Rebaixamento	Adoção da prática rebaixamento de copa. Consiste em rebaixar a copa das erveiras em produção para uma altura de no máximo um metro. A poda é realizada nos galhos grossos, que aumentam de estatura após sucessivas colheitas. Diferente da decepa, o rebaixamento é aplicado para reduzir a altura, mesmo em erveiras produtivas, visando reduzir custos com a colheita e canalizar a produção de fotoassimilados para galhos finos e folhas.
Altura dos galhos produtivos	Altura da inserção dos primeiros ramos produtivos no tronco das plantas. A recomendação atual é de 10 a 50 cm em relação ao solo.
Ferramenta de poda	Uso de ferramentas adequadas e recomendadas para poda de colheita.
Erveiras improdutivas	Percentual de plantas improdutivas nos plantios. As plantas improdutivas são aquelas doentes, brocadas, com altura excessiva e baixo volume de copa.

*Fonte: Penteadó Jr. e Goulart, 2019.