Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Risco de produção agrícola no Sul do Brasil: aspectos de sistemas produtivos e rentabilidade

Gabriel Diniz Faleiros

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Administração.

Piracicaba
2020

Gabriel Diniz Faleiros
Engenheiro Agrônomo

Risco de produção agrícola no Sul do Brasil: aspectos de sistemas produtivos e rentabilidade

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **LUCILIO ROGERIO APARECIDO ALVES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Administração.

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Faleiros, Gabriel Diniz

Risco de produção agrícola no Sul do Brasil: aspectos de sistemas produtivos e rentabilidade / Gabriel Diniz Faleiros. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2020.

136 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Monte Carlo 2. Portfólio 3. Otimização 4. Retorno 5. Probabilidade L. .
I. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por se constituir em força maior, fonte de fortaleza, esclarecimento e saúde. Em seguida, à minha mãe Dri, meu pai Davi e minha irmã Lala, por se mostrarem compreensivos em todos os momentos. Devo a eles minha formação, antes de tudo como ser humano, e carrego em mim um pouco de cada um. Agradeço também à minha namorada Thaís, pela compreensão ao longo de todo o mestrado, por seu amor e fidelidade, e pela presença dia após dia, mesmo a quilômetros de distância. Agradeço à minha família em maior amplitude, avós, tios e primos, companheiros naturais do ser humano, ainda que por encontros eventuais, estando sempre em meus pensamentos.

Serei eternamente grato ao meu orientador e professor Lucílio R. A. Alves, por me acolher e proporcionar a oportunidade de conviver em um ambiente de excelência em pesquisa, além de seus esforços dispendidos em ensinamentos e análises minuciosas. Sem dúvida tem sido um momento de grande desenvolvimento pessoal e profissional, e levarei para a vida o conceito de que devemos sempre nos esforçar para atingirmos nosso melhor desempenho, com seriedade, ética e perseverança.

Agradeço à Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), ao Departamento de Economia, Administração e Sociologia (LES), e em especial ao Programa de Pós-Graduação em Administração e todo o seu quadro de funcionários, que proporcionaram condições para meu crescimento pessoal e acadêmico, oferecendo ensino de qualidade e gratuito. Não poderia esquecer meus colegas de mestrado, Danilo Andretta e Vinícius R. Castro, pelos momentos prazerosos e de suporte durante as disciplinas. Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao longo de todo o mestrado.

Agradeço ao Centro de Estudo Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ-USP) pelo fornecimento de dados e estrutura para o desenvolvimento do trabalho, ao professor e pesquisador Mauro Osaki pelas conversas eventuais e sugestões, e outros colegas que me ajudaram em assuntos diversos. Agradeço imensamente aos meus amigos Renato G. Ribeiro e André Sanches pelo convívio frequente, grandes aprendizados, e momentos de harmonia. Em especial, ao Fábio F. Lima, que me incentivou e ajudou efetivamente em todos os momentos de necessidade, transpareceu tranquilidade em tempos de dificuldade, e me recebeu e acolheu de forma singular na cidade de Piracicaba, constituindo fonte de inspiração. Guardo com ele uma dívida pelo auxílio prestado, e uma amizade que levarei para toda a vida, com espírito de confiança e colaboração.

Agradeço a todos os meus amigos de longa data, que sempre estiveram ao meu lado, em específico ao Atílio K. Bercht e Wagner M. Júnior, os quais tenho a certeza de poder contar para todas as ocasiões. Por fim, agradeço aos diversos colegas e amigos que tenho convivido durante esses últimos anos, os quais proporcionaram encontros únicos, contribuindo tal qual da sua maneira.

EPÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	13
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. A EMPRESA RURAL E O SISTEMA PRODUTIVO	17
2.1.1. <i>As Funções da Administração</i>	17
2.1.2. <i>Caracterização de sistema produtivo</i>	18
2.1.3. <i>Contribuições da literatura sobre a escolha de sistemas produtivos</i>	20
2.2. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE RETORNO E RISCO	22
2.2.1. <i>Retorno econômico</i>	22
2.2.2. <i>Risco</i>	24
2.2.3. <i>Diversificação</i>	27
3. CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA, DEMANDA E ÁREA SEMEADA PARA AS CULTURAS DA SOJA, DO MILHO E DO TRIGO NO BRASIL.....	29
3.1. BALANÇO NACIONAL DE OFERTA E DEMANDA PARA SOJA, MILHO E TRIGO EM GRÃOS	29
3.2. ÁREA SEMEADA DE LAVOURAS TEMPORÁRIAS NO SUL DO BRASIL	31
3.3. A EVOLUÇÃO DA ÁREA SEMEADA DO SUL DO BRASIL PARA AS CULTURAS DA SOJA, MILHO E TRIGO, EM COMPARAÇÃO ÀS OUTRAS GRANDES REGIÕES BRASILEIRAS	32
3.4. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ÁREA SEMEADA COM SOJA, MILHO E TRIGO NO SUL DO BRASIL	34
3.5. PRODUTIVIDADES DAS CULTURAS DE SOJA, MILHO E TRIGO NO SUL DO BRASIL	41
4. METODOLOGIA	43
4.1. DADOS DO ESTUDO	43
4.2. RECEITA, CUSTO DE PRODUÇÃO E INDICADORES DE RENTABILIDADE.....	45
4.3. SIMULAÇÃO ESTOCÁSTICA OU DE MONTE CARLO	46
4.4. TEORIA DO PORTFÓLIO E FRONTEIRA EFICIENTE	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1. CARACTERIZAÇÕES DAS PROPRIEDADES TÍPICAS REGIONAIS NO SUL DO BRASIL	51
5.1.1. <i>Identificação dos Principais Sistemas Produtivos</i>	51
5.1.2. <i>Custo Operacional Efetivo e Custo Fixo das Propriedades Típicas</i>	58
5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES DAS VARIÁVEIS DE RISCO	58
5.3. ANÁLISES DOS CUSTOS OPERACIONAIS EFETIVOS, RECEITA BRUTA E MARGEM BRUTA	74
5.3.1. <i>Análises para a Cultura da Soja</i>	74
5.3.2. <i>Análises para a Cultura do Milho Primeira Safra</i>	80
5.3.3. <i>Análises para a Cultura do Milho Segunda Safra</i>	84
5.3.4. <i>Análises para a Cultura do Trigo</i>	86
5.3.5. <i>Análises para a Cultura do Feijão Primeira Safra</i>	91
5.3.6. <i>Análises para a Cultura do Feijão Segunda Safra</i>	93
5.3.7. <i>Análises para a Cultura da Cevada</i>	96
5.3.8. <i>Análises para a Cultura da Aveia Branca</i>	97
5.4. OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS POR RETORNO E RISCO	98
5.4.1. <i>Análises para a Região de Londrina/PR</i>	99
5.4.2. <i>Análises para a Região de Cascavel/PR</i>	101
5.4.3. <i>Análises para a Região de Castro/PR</i>	103
5.4.4. <i>Análises para a Região de Guarapuava/PR</i>	105
5.4.5. <i>Análises para a Região de Campos Novos/SC</i>	107
5.4.6. <i>Análises para a Região de Xanxerê/SC</i>	109

5.4.7. Análises para a Região de Carazinho/RS	111
5.4.8. Análises para a Região de Tupanciretã/RS.....	111
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS.....	121

RESUMO

Risco de produção agrícola no Sul do Brasil: aspectos de sistemas produtivos e rentabilidade

Na agropecuária, as ações dos produtores rurais se traduzem em padrões agregados de comportamento, que definem a dinâmica da produção de determinada região. Este agente detém à sua disposição diferentes possibilidades de composição do sistema produtivo, devendo avaliá-las em termos de riscos e retornos associados. Dadas as condições de atuação do produtor rural nos últimos anos, bem como as relações entre os diversos agentes da cadeia agroindustrial, questiona-se: como se tem apresentado os níveis de risco e rentabilidade para os produtores de grãos? O risco, por se apresentar relativamente complexo tanto em sua definição, quanto em sua medição, fica muitas vezes relegado ao segundo plano. Entretanto, a partir dele, pode-se explicar padrões de comportamento não captados por outros indicadores. Não obstante, a gestão sustentável do empreendimento envolve a tomada de decisão baseada em dados, com base em análise minuciosa das alternativas disponíveis. O objetivo principal deste estudo é quantificar e analisar a relação de risco e taxa de retorno de sistemas produtivos de grãos no Sul do Brasil. Por risco, entende-se o risco de mercado ou de preços, e o risco de produção. Explora-se ainda os efeitos da diversificação de sistemas produtivos sobre o risco e retorno. Adotou-se a metodologia de Monte Carlo a partir de 16 variáveis de risco, que incorporam área de cultivo, itens de custo de produção e receita bruta. Em seguida, encontrou-se a melhor composição de sistemas produtivos de cada região, em um processo de otimização da propriedade como um todo, buscando definir a fronteira eficiente pela relação entre taxa de retorno e risco. Os dados utilizados foram coletados e disponibilizados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo, compreendendo as safras de 2012/13 a 2018/19, abrangendo oito regiões: Londrina/PR, Cascavel/PR, Castro/PR, Guarapuava/PR, Campos Novos/SC, Xanxerê/SC, Carazinho/RS e Tupanciretã/RS. Os resultados apontam que a soja e o feijão primeira e segunda safras contribuem efetivamente para a redução do risco e aumento do retorno, uma vez que apresentam margens brutas relativamente elevadas, retratando baixa probabilidade de ocorrer valores negativos. O milho de primeira safra não se constituiu em opção atrativa na composição de sistemas, haja vista que sua margem é inferior à da soja, cultura que compete diretamente por área. A despeito do trigo, para a maioria das regiões seu cultivo tende ao aumento do risco e redução do retorno, sendo preferível a adoção de cobertura verde, apesar de esta não proporcionar receita. Considerando os sistemas produtivos mais eficientes a partir da otimização, o menor risco é obtido na região de Campos Novos/SC, retratando risco de 24,47% (coeficiente de variação), referente ao sistema composto por soja na primeira safra, seguido por trigo cultivado em 3% da área de segunda safra, e 97% de cobertura verde. Neste sistema, se torna evidente que o cultivo de cultura não comercial na segunda safra, mostrou-se melhor opção em relação a culturas comerciais, notadamente o trigo. Este fato decorre da ocorrência de margens brutas negativas em menor intensidade pelo cultivo de cobertura verde, em comparação à outras opções de segunda safra. Ao se observar a propriedade típica regional, na maioria das regiões também se verifica elevada adoção de cobertura verde na segunda safra, cujo cultivo supera 50% em Castro/PR, Guarapuava/PR, Carazinho/RS e Tupanciretã/RS. O maior risco dos sistemas otimizados se encontra em Cascavel/PR, com valor de 51,26% para o sistema composto por soja na primeira safra, seguido por milho segunda safra em 27% da área, e trigo em 73%. Em termos de retorno monetário, a região de Castro/PR proporcionou a maior margem líquida média da propriedade como um todo, contudo, ao se dividir esse número pela área total de cultivo, Campos Novos/SC se sobressai. Ao se observar a propriedade típica regional, as regiões de Londrina/PR, Cascavel/PR, Carazinho/RS e Tupanciretã/RS foram as que mais se aproximaram dos sistemas otimizados. Para as demais, há necessidade de redução da área de milho primeira safra e aumento de soja, além de ajuste da área de segunda safra, buscando ao aumento da margem líquida e redução do risco. A diversificação de atividades em uma mesma propriedade é condizente com um menor risco. A diversificação geográfica é observada neste estudo, de forma que culturas adotadas em regiões geograficamente distantes geram padrões de risco e retorno diferentes. Este trabalho contribui, pela perspectiva científica, em quantificar o risco de culturas individuais e de sistemas produtivos no Sul do Brasil, suprimindo sua carência na literatura. Pela perspectiva de mercado, pode-se selecionar sistemas produtivos e regiões mais atrativas do ponto de vista de risco e retorno, segundo preferências individuais do tomador de decisão.

Palavras-chave: Monte Carlo; Portfólio; Otimização; Retorno; Probabilidade

ABSTRACT

Agricultural production risk in Southern Brazil: aspects of production systems and profitability

In agriculture, the actions of rural producers translate into aggregate patterns of behavior, which define the dynamics of production in a given region. This agent has at its disposal different possibilities of composition of the productive system, and must evaluate them in terms of risks and associated returns. Given the working conditions of the rural producer in recent years, as well as the relationships between the various agents in the agro-industrial chain, the question arises: how have the levels of risk and profitability been presented to grain producers? The risk, being relatively complex both in its definition and in its measurement, is often relegated to the background. However, from it, one can explain patterns of behavior not captured by other indicators. Nevertheless, the sustainable management of the enterprise involves rational decision-making, based on a thorough analysis of the available alternatives. The main objective of this study is to quantify and analyze the risk ratio and rate of return of grain production systems in southern Brazil. Risk means market or price risk and production risk. It also explores the effects of diversification of production systems on risk and return. The Monte Carlo methodology was adopted based on 16 risk variables, which include the area under cultivation, production cost items and gross revenue. Then, the best composition of productive systems in each region was found, in a process of optimization of the property as a whole, seeking to define the efficient frontier by the relationship between rate of return and risk. The data used were collected and made available by the Center for Advanced Studies in Applied Economics at the University of São Paulo, comprising the 2012/13 to 2018/19 seasons, covering eight regions: Londrina/PR, Cascavel/PR, Castro/PR, Guarapuava/PR, Campos Novos/SC, Xanxerê/SC, Carazinho/RS and Tupanciretã/RS. The results show that soybeans and beans first and second crops effectively contribute to the reduction of risk and increased return, since they have relatively high gross margins, portraying a low probability of negative values. First-crop corn was not an attractive option in the composition of systems, given that its margin is lower than that of soybeans, a crop that competes directly by area. In terms of wheat, for most regions its cultivation tends to increase the risk and reduce the return, being preferable the adoption of cover crop, although this does not provide revenue. Considering the most efficient production systems from optimization, the lowest risk is obtained in the Campos Novos/SC region, portraying a 24.47% of risk (variation coefficient), referring to the system composed of soybeans as the first crop, followed by wheat grown in 3% of the second crop area, and 97% of cover crop. In this system, it becomes evident that the cultivation of non-commercial crops in the second season, proved to be the best option in relation to commercial crops, notably wheat. This fact is due to the occurrence of negative gross margins to a lesser extent due to the cultivation of cover crop, compared to other second crop options. When observing the typical regional property, in most regions there is also a high adoption of cover crop in the second season, whose cultivation exceeds 50% in Castro/PR, Guarapuava/PR, Carazinho/RS and Tupanciretã/RS. The greatest risk of optimized systems is found in Cascavel/PR, with a value of 51.26% for the system consisting of soy in the first crop, followed by corn as the second crop in 27% of the area, and wheat in 73%. In terms of monetary return, the Castro/PR region provided the highest average net margin of the property as a whole, however, by dividing this number by the total cultivation area, Campos Novos/SC stands out. When observing the typical regional property, the regions of Londrina/PR, Cascavel/PR, Carazinho/RS and Tupanciretã/RS were the ones that came closest to the optimized systems. For the others, there is a need to reduce the first crop corn area and increase soybeans, in addition to adjusting the second crop area, seeking to increase the net margin and reduce the risk. The diversification of crops in the same property is consistent with a lower risk. Geographic diversification is observed in this study, so that crops adopted in geographically distant regions generate different risk and return patterns. This work contributes, from a scientific perspective, to quantify the risk of individual crops and production systems in Southern Brazil, filling its shortage in the literature. From the market perspective, you can select productive systems and more attractive regions from the point of view of risk and return, according to individual preferences of the decision maker.

Keywords: Monte Carlo; Portfolio; Optimization; Return; Probability

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. BALANÇO NACIONAL DE OFERTA E DEMANDA DE SOJA EM GRÃOS NO BRASIL, EM 1.000 TONELADAS, ENTRE AS SAFRAS 1999/2000 E 2018/19.	30
FIGURA 2. BALANÇO NACIONAL DE OFERTA E DEMANDA TOTAL DO MILHO EM GRÃOS NO BRASIL, EM 1.000 TONELADAS, ENTRE AS SAFRAS 1999/2000 E 2018/19.....	30
FIGURA 3. BALANÇO NACIONAL DE OFERTA E DEMANDA DE TRIGO EM GRÃOS NO BRASIL, EM 1.000 TONELADAS, ENTRE OS ANOS DE 2008/09 E 2018/19.	31
FIGURA 4. SUBDIVISÃO DOS ESTADOS DO SUL DO BRASIL E RESPECTIVAS MESORREGIÕES.	35
FIGURA 5. ÁREA SEMEADA (HECTARES) COM SOJA, POR MESORREGIÕES DOS ESTADOS DO SUL DO BRASIL, NOS ANOS DE 2003, 2010 E 2017.	35
FIGURA 6. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ÁREA SEMEADA COM SOJA, NAS SEIS SUBDIVISÕES DELIMITADAS, NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL, EM ANOS SELECIONADOS.	36
FIGURA 7. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ÁREA SEMEADA COM MILHO PRIMEIRA SAFRA, NAS SEIS SUBDIVISÕES DELIMITADAS, NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL, EM ANOS SELECIONADOS.	36
FIGURA 8. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ÁREA SEMEADA COM MILHO SEGUNDA SAFRA, NAS SEIS SUBDIVISÕES DELIMITADAS, NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL, EM ANOS SELECIONADOS.	37
FIGURA 9. ÁREA SEMEADA (HECTARES) DE MILHO PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRAS, POR MESORREGIÕES DO SUL DO BRASIL, NOS ANOS DE 2003, 2010 E 2017.	38
FIGURA 10. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ÁREA SEMEADA COM TRIGO, NAS SEIS SUBDIVISÕES DELIMITADAS, NOS ESTADOS DO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL.	39
FIGURA 11. ÁREA PLANTADA (HECTARES) DE TRIGO, POR MESORREGIÕES DO SUL DO BRASIL, NOS ANOS DE 2003, 2010 E 2017.	40
FIGURA 12. EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE (KG/HA), EM TERMOS DE MÉDIA MÓVEL DE TRÊS ANOS, PARA MILHO PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRAS, SOJA E TRIGO, ENTRE OS ANOS DE 1990 E 2018, NOS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL.	42
FIGURA 13. REPRESENTATIVIDADES DOS PAINÉIS EM NÍVEL REGIONAL CONTEMPLADOS NO ESTUDO.	44
FIGURA 14. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM LONDRINA/PR, EM R\$/HA.	76
FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM CASCAVEL/PR, EM R\$/HA.	76
FIGURA 16. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM CASTRO/PR, EM R\$/HA.	77
FIGURA 17. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM GUARAPUAVA/PR, EM R\$/HA.	77
FIGURA 18. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM CAMPOS NOVOS/SC, EM R\$/HA.	78
FIGURA 19. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM XANXERÊ/SC, EM R\$/HA.	78

FIGURA 20. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM CARAZINHO/RS, EM R\$/HA.	79
FIGURA 21. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA EM TUPANCIRETÃ/RS, EM R\$/HA.	79
FIGURA 22. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA EM CASTRO/PR, EM R\$/HA.	81
FIGURA 23. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA EM GUARAPUAVA/PR, EM R\$/HA.	82
FIGURA 24. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA EM CAMPOS NOVOS/SC, EM R\$/HA.	82
FIGURA 25. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA EM XANXERÊ/SC, EM R\$/HA.	83
FIGURA 26. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA EM CARAZINHO/RS, EM R\$/HA.	83
FIGURA 27. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA EM LONDRINA, EM R\$/HA.	85
FIGURA 28. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA EM CASCAVEL, EM R\$/HA.	85
FIGURA 29. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM LONDRINA/PR, EM R\$/HA.	87
FIGURA 30. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM CASCAVEL/PR, EM R\$/HA.	88
FIGURA 31. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM CASTRO/PR, EM R\$/HA.	88
FIGURA 32. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM GUARAPUAVA/PR, EM R\$/HA.	89
FIGURA 33. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM CAMPOS NOVOS/SC, EM R\$/HA.	89
FIGURA 34. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM XANXERÊ/SC, EM R\$/HA.	90
FIGURA 35. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM CARAZINHO/RS, EM R\$/HA.	90
FIGURA 36. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO EM TUPANCIRETÃ/RS, EM R\$/HA.	91

FIGURA 37. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO PRIMEIRA SAFRA EM CASTRO/PR, EM R\$/HA.	93
FIGURA 38. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO PRIMEIRA SAFRA EM CAMPOS NOVOS/SC, EM R\$/HA.	93
FIGURA 39. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO SEGUNDA SAFRA EM CASTRO/PR, EM R\$/HA.	95
FIGURA 40. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO SEGUNDA SAFRA EM GUARAPUAVA/PR, EM R\$/HA.	95
FIGURA 41. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO SEGUNDA SAFRA EM XANXERÊ/SC, EM R\$/HA.	96
FIGURA 42. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA CEVADA EM GUARAPUAVA/PR, EM R\$/HA.	97
FIGURA 43. DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA RECEITA BRUTA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA AVEIA BRANCA EM TUPANCIRETÁ/RS, EM R\$/HA.	98
FIGURA 44. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA A REGIÃO DE LONDRINA/PR.	100
FIGURA 45. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE LONDRINA/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	100
FIGURA 46. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE LONDRINA/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	101
FIGURA 47. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA A REGIÃO CASCAVEL/PR.	102
FIGURA 48. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CASCAVEL/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	102
FIGURA 49. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CASCAVEL/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	103
FIGURA 50. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA A REGIÃO DE CASTRO/PR.	104
FIGURA 51. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CASTRO/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	104
FIGURA 52. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CASTRO/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	105
FIGURA 53. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA A REGIÃO DE GUARAPUAVA/PR.	106
FIGURA 54. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE GUARAPUAVA/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	106

FIGURA 55. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE GUARAPUAVA/PR, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	107
FIGURA 56. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA A REGIÃO DE CAMPOS NOVOS/SC.	107
FIGURA 57. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CAMPOS NOVOS/SC, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	108
FIGURA 58. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CAMPOS NOVOS/SC, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	108
FIGURA 59. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA A REGIÃO DE XANXERÊ/SC.	109
FIGURA 60. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE XANXERÊ/SC, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	110
FIGURA 61. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE XANXERÊ/SC, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	110
FIGURA 62. FRONTEIRA EFICIENTE RESULTANTE DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO PARA TUPANCIRETÃ.	111
FIGURA 63. CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁREA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CAMPOS NOVOS, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	112
FIGURA 64. MARGEM LÍQUIDA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E TAXA DE RETORNO SOBRE O CUSTO TOTAL PARA A REGIÃO DE CASTRO, COM BASE NOS SISTEMAS PRODUTIVOS OTIMIZADOS.	113

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COMPONENTES CONSIDERADOS PARA A OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO DINÂMICO.	19
TABELA 2. ÁREA COLHIDA DAS CULTURAS TEMPORÁRIAS NO PARANÁ, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL, EXPRESSA PELA PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO TOTAL, RETRATANDO A MÉDIA DE CINCO ANOS CONSECUTIVOS, EM PERÍODOS SELECIONADOS.	32
TABELA 3. ÁREA SEMEADA E PRODUÇÃO TOTAL POR MESORREGIÃO BRASILEIRA, EM TERMOS PERCENTUAIS, PARA AS CULTURAS DA SOJA, MILHO PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRAS, E TRIGO, PARA OS ANOS AGRÍCOLAS DE 1990/91, 2000/01, 2010/11 E 2018/19.	33
TABELA 4. SUBDIVISÃO DOS ESTADOS DO SUL DO BRASIL E RESPECTIVAS MESORREGIÕES PERTENCENTES.	34
TABELA 5. ÁREA E REPRESENTATIVA DOS CULTIVOS DE MILHO DE PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRAS NO ESTADO DO PARANÁ, EM ANOS SELECIONADOS.	39
TABELA 6. DETALHAMENTO DOS DADOS DISPONÍVEIS PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES ECONÔMICAS	44
TABELA 7. ESTRUTURA DE CUSTOS DE PRODUÇÃO, RECEITA E MARGEM.	46
TABELA 8. SISTEMAS PRODUTIVOS DAS PROPRIEDADES TÍPICAS DO ESTADO DO PARANÁ, ENTRE OS ANOS AGRÍCOLAS DE 2012/13 E 2018/19.	53
TABELA 9. SISTEMAS PRODUTIVOS DAS PROPRIEDADES TÍPICAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA, ENTRE OS ANOS AGRÍCOLAS DE 2013/14 E 2018/19.	56
TABELA 10. SISTEMAS PRODUTIVOS DAS PROPRIEDADES TÍPICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, ENTRE OS ANOS AGRÍCOLAS DE 2012/13 E 2018/19.	57
TABELA 11. CUSTO FIXO DAS PROPRIEDADES TÍPICAS REGIONAIS E RECURSO FINANCEIRO DISPONIBILIZADO.	58
TABELA 12. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DA SOJA, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	60
TABELA 13. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	64
TABELA 14. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	66
TABELA 15. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DO TRIGO, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	68
TABELA 16. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DO FEIJÃO PRIMEIRA SAFRA, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	71
TABELA 17. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DO FEIJÃO SEGUNDA SAFRA, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	72
TABELA 18. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE CUSTO E DE RECEITA PARA A CULTURA DA AVEIA BRANCA, EM CADA REGIÃO ANALISADA.	73
TABELA 19. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO PARA A CULTURA DA SOJA.	74
TABELA 20. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À RECEITA BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA.	75
TABELA 21. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA SOJA.	75

TABELA 22. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA.....	80
TABELA 23. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À RECEITA BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA.....	80
TABELA 24. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO PRIMEIRA SAFRA.....	81
TABELA 25. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E À RECEITA BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA.....	84
TABELA 26. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA.....	84
TABELA 27. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO PARA A CULTURA DO TRIGO.....	86
TABELA 28. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À RECEITA BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO.....	86
TABELA 29. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO TRIGO.....	87
TABELA 30. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E À RECEITA BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO PRIMEIRA SAFRA.....	92
TABELA 31. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO PRIMEIRA SAFRA.....	92
TABELA 32. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E À RECEITA BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO SEGUNDA SAFRA.....	94
TABELA 33. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DO FEIJÃO SEGUNDA SAFRA.....	94
TABELA 34. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO, À RECEITA BRUTA E À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA CEVADA.....	96
TABELA 35. RESULTADOS ESTATÍSTICOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES AO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO, À RECEITA BRUTA E À MARGEM BRUTA PARA A CULTURA DA AVEIA BRANCA.....	98
TABELA 36. ÁREA TOTAL DE CULTIVO (EM HECTARES) MÁXIMA PERMITIDA AO FEIJÃO DE PRIMEIRA E SEGUNDA SAFRAS POR REGIÃO.....	99

1. INTRODUÇÃO

É consenso de que o segmento agropecuário representa papel relevante para a economia do Brasil. Este setor detém características singulares em seu modo de produção e enfrenta diversos tipos de riscos, não observados em outras atividades (KAY, EDWARDS E DUFFY, 2014).

O setor agropecuário pode se mostrar estratégico para determinada nação, seja pelo fornecimento de alimentos à sua população, seja pela expressiva participação no produto interno bruto do país. A tecnologia adotada durante o processo produtivo determinará a produtividade do sistema como um todo e, em consequente, a capacidade da nação em se mostrar competitiva perante as demais (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

Partindo de uma perspectiva de caráter micro, afirma-se que as ações dos agentes – neste caso, agricultores – se traduzem em padrões agregados de comportamento, que definem o suprimento de alimentos de determinada região, com destino final o consumo humano ou animal, nos mercados interno ou externo. Considera-se que o produtor rural detém à sua disposição diferentes possibilidades de composição do sistema produtivo, devendo avaliar quais são suas possibilidades de produção, bem como de seus riscos e retornos associados.

O conceito de curva de possibilidade de produção, explorado em Pinho, Vasconcellos e Toneto Jr. (2017), está intrinsicamente relacionado à decisão de produção pelo produtor rural, o qual deve ser tratado como um administrador rural. Em uma determinada área rural, existem possibilidades de produção de culturas agrícolas que competem entre si por espaço, isto é, o aumento da área de uma primeira opção resulta na redução da área disponível para o cultivo de uma segunda opção. Não obstante, em um sistema de livre mercado, o preço se apresenta como um elemento-chave, o qual determinará o que produzir (BISHOP; TOUSSAINT, 1958). Em relação ao outro lado da cadeia agroindustrial, os mesmos autores afirmam que as características da demanda exercem influência sobre como os recursos são alocados nas diversas indústrias.

Partindo-se desta perspectiva, dadas as condições de atuação do produtor rural nos últimos anos, englobando a conjuntura econômica e financeira, bem como as relações entre os diversos agentes da cadeia agroindustrial, como se tem apresentado os níveis de risco e rentabilidade para os produtores de grãos? Os produtores estão alocando da maneira mais eficiente seus recursos? Como mudanças na conjuntura podem afetar esses produtores?

Assim, a análise de risco se constitui em uma peça do quebra-cabeça, auxiliando na identificação dos resultados, embora outros fatores práticos também exerçam influência na atividade rural (BARRY, 1984). O risco, por se apresentar relativamente complexo tanto em sua definição, quanto em sua medição, fica muitas vezes relegado ao segundo plano. Entretanto, a partir dele, pode-se de fato explicar padrões de comportamento não captados por outros indicadores.

A relação entre retorno e risco se constitui no objetivo principal deste trabalho. Para a gestão sustentável do empreendimento, o retorno deve ser suficiente para arcar com os custos e despesas de produção, e ser capaz de remunerar o administrador rural, gerando aumento de riqueza envolvendo um nível de risco aceitável e conhecido pelo agente.

Os Estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul respondem, juntos, por aproximadamente um terço da produção total de soja do Brasil, 40% de milho primeira safra, e 85% de trigo (CONAB, 2019b). Outras culturas menos representativas também são cultivadas, notadamente feijão de primeira e segunda safras, cevada e aveia branca (CEPEA; CNA, 2019).

Soja, milho e trigo, são, portanto, as principais culturas temporárias do Sul do Brasil. Em anos recentes, observaram-se incrementos expressivos de cultivo de soja em primeira safra, em detrimento do cultivo de milho na

primeira safra. Ao mesmo tempo, houve uma intensificação do cultivo de milho em segunda safra, especialmente após a colheita de soja. Porém, o trigo, importante cultura de inverno e que concorre com o cultivo de milho de segunda safra em algumas regiões, apresentou alterações de áreas ao longo dos anos, sem uma tendência clara de aumentos ou reduções, apesar de o Brasil ser um dos maiores importadores mundiais de trigo do mundo. Outro ponto de destaque, é que há cultivos de culturas não comerciais, denominadas de cobertura verde, no Sul do Brasil, o que indica aparente alto risco das culturas disponíveis. Desta forma, análises sobre sistemas de produção e riscos de rentabilidade negativas em fazendas do Sul do Brasil se constituem os alvos deste estudo.

1.1. Objetivo e Justificativa

O objetivo principal deste estudo é quantificar e analisar a relação de risco e taxa de retorno de sistemas produtivos de grãos no Sul do Brasil, considerando o período de 2012 a 2019. Por risco, entende-se o de mercado ou de preços, e o de produção. Os objetivos específicos são:

- a. Compreender a dinâmica produtiva do cultivo de grãos no Sul do Brasil, com o intuito de destacar suas inter-relações, influenciando no planejamento do sistema produtivo como um todo;
- b. Caracterizar a produção agrícola da região Sul do Brasil, visando identificar quais os sistemas produtivos predominantes, por meio da propriedade típica e representativa em cada Estado;
- c. Identificar, quantificar e analisar os riscos de margens negativas de cada cultura de forma isolada, bem como comparar riscos de uma mesma cultura em diferentes regiões;
- d. Comparar sistemas produtivos de diferentes regiões, abordando a relação entre taxa de retorno e risco.
- e. Identificar como e se a diversificação de culturas contribui para a redução do risco, inserindo o contexto de fronteira eficiente de produção.

Verifica-se uma ausência na literatura, de modo geral, de estudos que identificam, quantificam e analisam o risco de culturas e sistemas produtivos no Sul do Brasil. A ausência de dados em quantidade suficiente constitui-se de um dos fatores que inviabilizam a realização deste tipo de estudo.

Pela perspectiva científica, apresenta-se uma nova faceta sobre a escolha de sistemas produtivos, na qual o componente risco é incorporado. Buscar-se-á quantificar o risco de culturas isoladas e de sistemas, possibilitando avaliar se os padrões reais de cultivo caminham em direção à otimização da taxa de retorno e minimização do risco, mesmo que de forma intuitiva ou não racional.

Pela ótica empresarial, os resultados permitem a escolha da região de cultivo que maximiza a taxa de retorno para um dado nível de risco, considerando culturas isoladas ou inseridas em sistemas produtivos. Em detrimento do perfil de risco do investidor, bem como do retorno esperado, pode-se escolher em qual região atuar, e qual cultura ou sistema priorizar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo será subdividido em duas subseções. A primeira aborda os fundamentos e a importância da administração e gestão de um empreendimento, dentro do contexto agropecuário. Em seguida, caracteriza-se sistemas produtivos e a contribuição da literatura neste tópico. Na segunda parte, traz-se os conceitos de retorno econômico e risco, os quais serão aplicados nas análises posteriores sobre a propriedade rural.

2.1. A Empresa Rural e o Sistema Produtivo

2.1.1. As Funções da Administração

O que é uma organização? Para Selznick (1948), organizações são sistemas coordenados, compostos por indivíduos, podendo ser pensados como uma economia, no sentido de alocar eficientemente recursos escassos. Uma organização deve buscar ofertar e prover o mercado com seus produtos e serviços (função de produção), comunicar seus produtos ou serviços ao mercado e vice-versa (função marketing), e buscar desenvolver ou alterar produtos ou serviços para atender a demandas futuras (função desenvolvimento) (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). Os autores incluem também funções de apoio, sendo nesta obra tratada essencialmente a função contábil-financeira, no âmbito de fornecer informações adequadas para a tomada de decisão. É fato de que as atividades desenvolvidas pela organização afetam sua lucratividade (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Em virtude da complexidade e dinamismo de uma organização, bem como da escassez de recursos, a presença de administradores ou gestores se mostra necessária. O administrador deve gerir sua organização com eficácia e eficiência, envolvendo pessoas e recursos, visando à obtenção de um objetivo (BATEMAN; SNELL, 1998). As atividades dos administradores podem ser enquadradas em quatro funções: planejamento, organização, liderança e controle (CASSIDY; VANHUSS; KREITNET, 2015; DAFT, 2017).

A etapa de planejamento, enfatizada nesta obra, é a mais fundamental dentre todas, uma vez que as etapas seguintes decorrem dele. Por planejamento, entende-se a definição dos objetivos, metas e missão, escolhendo os recursos a serem utilizados, o levantamento e decisão das alternativas de produção do negócio, podendo ser considerado um processo contínuo dadas as mudanças eventuais no ambiente atuante. Nesta etapa, deve-se buscar a antecipação do futuro, definindo a área de atuação e as atividades a serem desenvolvidas (BATEMAN; SNELL, 1998; CASSIDY; VANHUSS; KREITNET, 2015; DAFT, 2017).

O plano a ser perseguido envolve o estratégico, desempenhado pelo executivo sênior, identificando metas e direções gerais e como alcança-los, num horizonte de tempo entre dois e cinco anos (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). A estratégia pode ser voltada para o mercado consumidor, ou seja, ajustando o processo produtivo com base na demanda e preferência do mercado, ou pode ainda ser estruturada com base nos recursos disponíveis da organização, comumente abordada na visão baseada em recursos (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Tem-se também o plano tático, desempenhado por gerentes intermediários, com prazo entre seis meses e dois anos, consistindo na realização de atividades para atingir o plano estratégico. Por fim, tem-se o plano operacional, com prazo de um a seis meses, desempenhado por gerentes de primeira linha ou líderes de grupos, buscando explicar como objetivos específicos serão atingidos, a nível maior de detalhamento (CASSIDY; VANHUSS; KREITNET, 2015).

A fase da organização é a criação da estrutura organizacional, incluindo atribuição de tarefas e papéis, departamentalização, estabelecimento de uma hierarquia. É crucial que haja uma integração do plano a ser implementado com outros sistemas dentro da organização, como o financeiro, certificando que a organização detenha todos os requisitos para a ação (BATEMAN; SNELL, 1998; KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014; CASSIDY; VANHUSS; KREITNET, 2015; DAFT, 2017).

A liderança tem como função acompanhar e motivar os funcionários na consecução das metas, e incluem diversas atividades como treinamento de pessoal, organização dos horários de trabalho, planejamento dos recursos necessários às atividades, controlar e auferir a qualidade e desempenho, recrutamento de novos talentos, dentre outras atividades (CASSIDY; VANHUSS; KREITNET, 2015; DAFT, 2017).

Na última etapa do ciclo, tem-se o controle, consistindo em avaliar as atividades desenvolvidas e verificar se são consonantes com os planos estipulados. Por ocasião de desvios em relação ao planejado, a fase de ajustes consiste em realinhar as atividades executadas a fim de atingir os resultados propostos, em comparação à um padrão previamente definido. A medida corretiva pode envolver alteração de processos e atividades, ou inclusive na estrutura da organização, e deve ser realizada mais rapidamente frente a variações significativas (BATEMAN; SNELL, 1998; KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014). Incertezas são fontes de variação, tanto pelo lado da oferta de suprimentos como pela demanda dos produtos finais (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). O controle está diretamente relacionado ao planejamento, uma vez que a confecção do plano se baseia em formalidades sobre a execução de atividades no futuro, as quais nem sempre são realizadas conforme o esperado (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

É evidente que as funções descritas são válidas no contexto rural, sendo o produtor ou administrador rural responsável por executar as referidas atividades internamente à sua organização ou propriedade rural. O mesmo ainda deve tomar conhecimento dos fatores externos ao negócio, tanto aqueles que o influenciam diretamente, por exemplo os clientes, concorrentes e fornecedores, quanto aqueles indiretos, notadamente os mercados globais ou internacionais, os componentes tecnológicos, socioculturais, econômicos, jurídicos e políticos (HENDRICKSON et al., 2008; DAFT, 2017).

O ambiente externo é importante pois se constitui em fonte de incerteza, acarretando em mudanças inesperadas que afetam diretamente a organização (DAFT, 2017). Assim, o autor comenta que uma maior quantidade de informações sobre o ambiente externo contribui para o sucesso da organização, em sua tentativa de se adaptar as mudanças. Não será considerado aqui a prática de empresas influenciarem o ambiente externo, dada a característica da organização rural.

Não obstante, tem-se particularidades da empresa rural não observadas em outros setores que dificultam a gestão, em detrimento de ser um ambiente não controlado de produção, ou por outras palavras, uma fábrica a céu aberto. O ciclo biológico das plantas cultivadas não pode ser integralmente influenciado, de forma que não se consegue adiantar ou adiar em grande medida, sem prejuízos, a época de colheita a partir do semeio (KAY, EDWARDS E DUFFY, 2014), embora técnicas agrônômicas e avanços tecnológicos possibilitam a alteração do ciclo biológico das culturas. Os autores adicionam ainda o ambiente de concorrência perfeita, a imprevisibilidade das condições climáticas, e a oferta fixa de terras como dificuldades para a gestão da empresa rural.

2.1.2. Caracterização de sistema produtivo

Neste tópico, introduz-se o conceito de sistema produtivo, intrinsecamente relacionado à função de planejamento da propriedade rural, haja vista que se pode perceber uma diversidade de denominações similares entre

si na literatura, para designar o sistema produtivo agrícola, ao mesmo tempo em que se verifica uma ausência de consenso. O ponto importante é a noção central de todas estas definições, a qual converge para o termo sistema produtivo enfatizado neste estudo, que consiste em uma das etapas de tomada de decisão do gestor e se baseia na definição de sequência de semeio de culturas, da tecnologia a ser adotada e da escolha e coeficientes técnicos de cada insumo utilizado.

Tanaka et al. (2002) conseguem integrar os fatores internos e externos em um conceito só, denominado de Sistema de Cultivo Dinâmico (Tabela 1), caracterizado como sustentável. O Sistema de Cultivo Dinâmico foi desenvolvido com o intuito de auxiliar os administradores rurais a resolver problemas, abordando, em especial, estratégias de longo prazo, de forma que se otimize a sequência de possíveis culturas e seus resultados (TANAKA et al., 2002). Este conceito é de particular interesse neste trabalho, no sentido de se explorar diferentes culturas anuais em sucessão ou rotação, tratando a propriedade como um todo. Explora-se mais adiante nesta obra outros fatores também importante descritos em Tanaka et al. (2002): (i) aumento da diversidade de culturas, a fim de reduzir o risco econômico pela atuação em diferentes mercados; (ii) redução dos custos com *inputs*; e (iii) acompanhamento das informações, com precisão, para a manutenção da competitividade.

Outra designação correlata a sistemas produtivos é o termo sistemas agrícolas utilizado por Jones et al. (2016). De acordo com os autores, compreende uma área de estudo interdisciplinar das ciências, a qual propõe a compreensão da dinâmica do comportamento dos sistemas agrícolas, levando em consideração a interdependência entre a produção agrícola, os recursos naturais, e o componente humano.

Sabe-se que os insumos para a produção agrícola podem ser classificados em: (i) terra: concentração de minerais, condições edafoclimáticas, quantidade de água subterrânea, proporção de florestas, etc.; (ii) trabalho: operações mecânicas realizadas na produção agrícola como plantio e colheita; (iii) capital: itens que são utilizados e consumidos na produção, por exemplo sementes, fertilizantes, defensivos, máquinas e construções, e que geram produtos finais com valor para o consumidor final; e (iv) gestão: tomada de decisão pelo responsável (PENSON et al., 2014). A modelagem é uma etapa crucial para incorporação da complexidade e interação entre os fatores apontados, contribuindo para a sustentabilidade da gestão da terra, auxiliando no processo de tomada de decisão e na formulação de políticas (JONES et al., 2016).

Tabela 1. Componentes considerados para a otimização do Sistema de Cultivo Dinâmico.

Externalidades	Metas do Gestor
Tempo/Clima	Produção
Condições de Mercado	Econômico
Programas Governamentais	Social
Nova Tecnologia/Informação	Ambiental
Parâmetros de Gestão	
Produtividade da Cultura e Qualidade	
Receita Líquida	
Controle de Pragas	
Qualidade do Solo, do Ar e da Água	
Conservação de Recursos	

Fonte: Adaptado de Tanaka et al. (2002).

Têm-se na produção de um dado produto uma sequência ordenada e lógica de várias etapas interdependentes, constituídas pela entrada de um ou mais insumos e saída de produtos, realizado por métodos específicos, englobando desde a entrada da matéria-prima na primeira etapa, até a saída do último produto ao término do processo produtivo. Assim, ocorrem transformações ao longo do tempo, visando atingir um determinado resultado ao término do processo, condizente com o planejado previamente. Destaca-se aqui novamente a magnitude do planejamento da propriedade rural, com reflexos no longo prazo.

Tanto a sucessão quanto a rotação de culturas devem ser consideradas na composição do sistema produtivo, realizada durante o momento de planejamento da safra, pois a escolha das culturas a ser cultivadas não se dá de maneira independente. A sucessão de culturas se refere ao cultivo de duas ou mais culturas em período inferior a um ano, isto é, há cultivo de duas safras em um único ano agrícola, de forma sequencial (EMYGDIO; ROSA; OLIVEIRA, 2017). A época de semeadura da cultura de primeira safra influencia o seu momento de colheita e, consequentemente, a época de semeadura da segunda safra, repercutindo no potencial produtivo de ambas.

Já para a rotação de culturas, considera-se o cultivo de duas ou mais culturas em período de tempo superior a um ano (EMYGDIO; ROSA; OLIVEIRA, 2017). Por outras palavras, tem-se o cultivo de uma sequência ordenada de culturas, numa mesma porção de terra, de maneira a alternar sua composição entre um ano e outro (BULLOCK, 1992), em contraste à monocultura, na qual cultiva-se a mesma cultura repetidamente, ano após ano, com ausência de diversidade (POWER, 1990).

2.1.3. Contribuições da literatura sobre a escolha de sistemas produtivos

A combinação de insumos é variável em função da escolha do sistema produtivo. Métodos experimentais possibilitam a definição da melhor escolha de combinações e de níveis de aplicação, em função de seu impacto no produto final e de fatores econômicos. A consideração dos *trade-offs* entre as culturas e os insumos consistem em etapas importantes na escolha do que produzir, e como produzir, podendo ser utilizada para auxílio a função de produção, a qual delimita a quantidade final produzida em detrimento dos insumos utilizados, ou a curva de produto físico total, que demonstra a variação no uso de um único insumo e seu reflexo no produto final, mantendo os demais constantes, ou ainda uma isoquanta que relaciona a combinação entre dois insumos para um mesmo nível de produção final, identificando a taxa de substituição (PENSON et al., 2014). Como exemplo, a compra de uma máquina e equipamento pode reduzir a necessidade de mão de obra, ou o incremento na adubação pode levar ao aumento da produtividade (IBARROLA-RIVAS; NONHEBEL, 2016).

Walters et al. (2016) identificaram através de modelagens quais os fatores que influenciam na escolha de sistemas produtivos agrícolas e como eles interagem entre si, incorporando o conceito de sustentabilidade. A utilização de modelagens matemáticas auxiliadas por computadores consiste em um campo bastante vasto (GALÁN-MARTÍN et al., 2015; RIDIER; CHAIB; ROUSSY, 2016; FILIPPI; MANSINI; STEVANATO, 2017), o qual não se almeja explorar aqui. Por hora, é importante tomar conhecimento de uma das várias vertentes da ciência que auxilia na escolha de sistemas agrícolas sustentáveis.

O trabalho de Ibarrolas-Rivas e Nonhebel (2016) é interessante no sentido de incorporar padrões do consumo alimentar humano de produtos agropecuários, considerando dois extremos: baixo consumo de produtos de origem animal (pecuária) e alto consumo dos mesmos. Em detrimento desta dinâmica, têm-se uma demanda maior de grãos ora para alimentação animal, ora para alimentação humana, alterando toda a cadeia produtiva de determinada região. Neste artigo em particular, as culturas abordadas são destinadas para usos diversos: consumo humano (trigo, soja e milho), produção de biodiesel (soja e milho), e ração animal (soja, milho e trigo).

A melhoria agronômica do sistema como um todo foi analisada por King e Hofmockel (2017), em função das práticas e técnicas adotadas. Os autores afirmam que a incorporação de restos orgânicos provenientes da cultura anterior manejada, por meio da aração, promove maior retenção de carbono e nitrogênio, potencializando a atividade microbiana. O estudo confirma que a rotação de culturas e o manejo do solo impactam diretamente no sistema produtivo agrícola.

Brum e Muller (2008) mencionam que o trigo tem sido semeado com finalidade de compor a rotação soja-trigo ou para diluir os custos fixos da propriedade, mesmo com o cenário econômico desfavorável para o trigo. Esta afirmação é de crucial relevância neste estudo, pois atesta que a escolha de culturas agrícolas não necessariamente perpassa pela análise econômica, ou seja, o administrador rural não baseia seu julgamento apenas sobre a rentabilidade das diferentes opções disponíveis para cultivo. A viabilidade agronômica sofre influência de fatores como condições edafoclimáticas, épocas de semeadura e ciclo das cultivares, o que delimita as possíveis combinações de produção de uma região.

Além da análise agronômica acerca da decisão do sistema produtivo, a análise econômica é crucial para a manutenção do negócio no longo prazo. Segundo Dijk et al. (2017), a integração entre a abordagem agronômica e a econômica promove uma perspicácia incremental, essencial para tratar os sistemas produtivos.

O orçamento inicial do negócio, realizado durante a etapa de planejamento, incorpora projeções de receitas e gastos para cada empreendimento ou cultura individual. Em um momento posterior, a partir das informações obtidas no orçamento de cada empreendimento, realiza-se a análise completa, abordando a propriedade como um todo (KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014). Regan et al. (2015) afirmam que os métodos tradicionais de análise de investimento – Valor Presente Líquido, a partir do Fluxo de Caixa Descontado – são comumente adotados a fim de verificar a viabilidade econômica do empreendimento, apesar de suas limitações sobre a flexibilidade gerencial. Ainda segundo os mesmos autores, a análise de investimento retrata a capacidade do empreendimento em gerar fluxos de caixa positivos.

Deve-se atentar para a repercussão da rotação ou sucessão de culturas sobre a geração de caixa da propriedade, uma vez que a receita bruta é contabilizada multiplicando-se a produtividade pelo preço, observadas as mesmas unidades de medida. O sistema de produção adotado, bem como a sequência estabelecida da rotação das culturas, influencia na produtividade obtida (ST-MARTIN et al., 2017).

A fim de definir a melhor combinação entre produtos e maximizar a receita de uma organização, pode-se relacionar a linha de iso-receita entre estes produtos, incorporando aqui o preço de comercialização, além da taxa marginal de transformação do produto (PENSON et al., 2014). Por outras palavras, dado às restrições de recursos, a produção de um produto leva à redução da produção de outro, portanto, deve-se identificar qual a melhor combinação de produção entre ambos, levando em conta a receita obtida de cada um deles, definida pelo seu preço de comercialização e pela quantidade produzida.

Akinbile, Akinwale e Ashimolowo (2006) avaliaram o desempenho econômico de produtores de arroz utilizando um parâmetro mais simples de análise, retratando a relação entre a receita total e o custo total dos insumos, sendo que quanto maior o índice, mais eficiente se mostra a propriedade e melhor se dá a alocação de recursos. Os autores ainda relacionaram esta eficiência com o nível de escolaridade, o tamanho da propriedade, o conhecimento sobre práticas melhoradas de manejo e a quantidade de trabalho utilizada.

Adeoye, Fashogbon e Idris (2014), utilizando uma função de produção estocástica, avaliaram a eficiência técnica da produção de pimenta, com o intuito de demonstrar a eficiência na alocação de recursos. Identificaram que insumos, como semente, trabalho e fertilizante, contribuem positivamente na produtividade, enquanto o baixo preço

de comercialização da pimenta e o acesso inadequado a fontes de captação de recursos prejudica o desempenho dos produtores.

A diversificação do sistema produtivo promove o aumento na produtividade das culturas, contribuindo com a manutenção de altas produtividades ao longo do tempo (ST-MARTIN et al., 2017). Contudo, apesar de muitos estudos demonstrarem os efeitos da rotação de culturas e do sistema de cultivo sobre as produtividades, não há consenso e convergência de resultados (FRANCHINI et al., 2012). Desta forma, é tarefa do administrador rural experimentar diferentes práticas e técnicas em sua propriedade rural, realizando análises posteriores para identificação do manejo que vai ao encontro de seu planejamento e preferência.

Outro componente que exerce pressão sobre a rentabilidade da propriedade rural, e consequente decisão de cultivo, são as políticas públicas voltadas ao agronegócio. Brum, Heck e Lemes (2004) confeccionam a linha histórica das políticas agrícolas voltadas à triticultura, e demonstram a grande perda de competitividade do trigo brasileiro após a desregulamentação do setor e redução do apoio governamental a partir da década de 1990. Além do contexto de cadeias produtivas, Grisa e Schneider (2014) apresentaram as políticas agrícolas voltadas à agricultura familiar, alavancadas a partir de 1990.

Uma vez explicitados os componentes agronômicos e econômicos que exercem influência na definição do sistema produtivo, é essencial analisar a convergência de ambos, incorporados por meio da relação entre retorno e risco. O trabalho de Favero (2015) insere esta relação no contexto de sistemas produtivos, apresentando-se alinhado ao que se propõe neste trabalho.

2.2. Definição e Caracterização de Retorno e Risco

2.2.1. Retorno econômico

De acordo com Kay, Edwards e Duffy (2014), a receita é definida como o valor, monetário ou não, dos produtos originados pelo negócio, em um determinado período contábil. Barros et al. (2019) preferem utilizar o termo renda total em detrimento de receita, pois a primeira se equivale ao valor bruto da produção, que contabiliza o preço de mercado da produção total, enquanto no segundo termo é desconsiderada a parte estocada (não comercializada) e a porção utilizada para consumo próprio.

Busca-se salientar o cálculo da receita, com importância para o rendimento das culturas, haja vista que a produtividade reflete a tecnologia adotada pelos administradores rurais, no sentido de transformar os fatores de produção em produto final (PINHO; VASCONCELLOS; TONETO JR., 2017). Ao longo do tempo, a eficiência da firma – neste caso, a propriedade rural – pode ser abordada, parcialmente, pelos incrementos em produtividade, resultantes de avanços tecnológicos no processo produtivo como um todo como, por exemplo, no manejo do solo, na produção de sementes, no tipo e quantidade de insumos utilizados.

Evidentemente que não se pode desconsiderar a influência dos fatores edafoclimáticos sobre a produtividade, pois a produção rural detém particularidades não observadas em outros setores. O aumento da produtividade é determinado pela combinação do ambiente com as tecnologias e insumos utilizados (ANDREA et al., 2018). A determinação da produtividade (Y), a partir de Dijk et al. (2017), é dada pelos fatores de crescimento (D), fatores limitantes (L), e os fatores de redução (R), como:

$$Y = f(D, L, R) \quad (1)$$

No Brasil, assim como em outros países do hemisfério Sul, como a Argentina, o cultivo de duas safras ao ano, seja pela semeadura sequencial de uma segunda cultura após a colheita da primeira, seja pelo cultivo consorciado

de duas culturas no mesmo período de tempo e espaço, é limitado por fatores ambientais como a umidade do solo e a temperatura (MONZON et al., 2014). O regime pluviométrico deve ser abrangente de tal maneira que permita o pleno desenvolvimento das duas culturas (ABRAHÃO; COSTA, 2018). Ainda segundo os autores, aliado à temporada de chuva, o fotoperíodo é decisivo para definição do período de plantio de duas culturas sequenciais. Apesar do semeio da segunda safra enfrentar maiores restrições climáticas em relação à primeira safra, a sucessão soja-milho tem retornado resultados satisfatórios, com aumento em área e produtividade (ANDREA et al., 2018).

Por outro lado, a obtenção de receita gera gastos pela realização de operações. Marion (2015) define despesa como um gasto que não se associa diretamente à transformação dos fatores de produção em produto durante o processo, e define custo como o gasto de um bem ou serviço diretamente relacionado com o ambiente de produção, sendo ambos para o mesmo período contábil da receita, seguindo o princípio da confrontação entre despesas e receitas. Os custos podem ser ainda segregados em diretos, alocados facilmente pelo seu consumo ou gasto durante a produção, e os indiretos, os quais apresentam maior dificuldades de rateio por não serem explícitos, requerendo critério de alocação adequado à atividade desenvolvida (MARION, 2015; MARTINS, 2018; NACHILUK; OLIVEIRA, 2012).

A metodologia desenvolvida pelo Instituto de Economia Agrícola (MATSUNAGA et al., 1976; NACHILUK; OLIVEIRA, 2012) utiliza a noção de custo operacional, sendo o custo operacional efetivo (COE) constituído pelos desembolsos realizados durante a operacionalização da atividade (mão de obra, encargos, defensivos, fertilizantes, sementes, combustível, óleo, dentre outros), e o custo operacional total composto pelo COE somado da depreciação de máquinas e implementos, juros de custeio e contribuição sobre a seguridade social rural. Na mesma linha de raciocínio, Barros et al. (2019) consideram custos operacionais os gastos (monetários ou não) com insumos, mão de obra, arrendamento e com outros fatores produtivos, que são incorridos durante o processo de produção. Contabilmente, a compra de insumos e outros fatores de produção que incorrem um gasto também podem ser considerados como investimentos, uma vez que são gastos visando um benefício futuro (MARTINS, 2018).

Para a contabilização do retorno ou lucro operacional da empresa, pode-se considerar o indicador apresentado por Kay, Edwards e Duffy (2014) denominado renda rural líquida, que se refere às receitas deduzidas das despesas (desconsiderando aqui os ganhos de capital), ou o lucro operacional apresentado em Martins (2018), consistindo em deduzir da receita o custo dos produtos vendidos e as despesas, ou ainda a renda líquida operacional (RLO) descrita em Barros et al. (2019), apresentada na seguinte equação, onde p_i é o preço dos produtos (n), y_i as quantidades produzidas, v_i o preço dos insumos (m), e x_i as quantidades de insumo utilizadas:

$$RLO = \sum_{i=1}^n p_i y_i - \sum_{i=1}^m v_i x_i \quad (2)$$

Ao se considerar o conceito de firma proposto em Pinho, Vasconcellos e Toneto Jr. (2017), pressupõe-se que o administrador rural é racional, e tem por objetivo maximizar seus resultados de produção ou de lucro. Dijk et al. (2017) demonstram a maximização da produção, pela perspectiva econômica, onde p é o preço esperado do produto final, w é o preço esperado do insumo, Y é a produtividade, e X são os insumos variáveis (considera-se no longo prazo que todos os insumos são variáveis):

$$\text{Max } pY - wX \quad (3)$$

Neste ponto, apontam-se as diferenças entre lucro financeiro, contábil e econômico, recorrendo à literatura (ASSAF NETO, 2014; MARION, 2015; MARTINS, 2018; WARREN et al., 2010). Na Demonstração do Resultado do Exercício (DRE) são apresentados medidores de eficiência de uma empresa em um dado período. Na DRE, inicialmente subtrai-se das receitas de vendas (já descontados impostos e outras deduções sobre a venda) o custo das

mercadorias ou produtos vendidos, obtendo o lucro bruto. Daí, subtrai-se as despesas operacionais e provisões de impostos, chegando ao lucro líquido. Este lucro, resultante das operações, é considerado contábil.

O lucro financeiro da empresa em determinado período pode ser obtido na Demonstração do Fluxo de Caixa (DFC). A variação de caixa nulo ou positivo em determinado período está atrelado à capacidade da empresa de deter caixa suficiente para efetuar desembolsos nos momentos requeridos.

Deve-se discorrer ainda sobre o lucro econômico, descrito por Assaf Neto (2014), trazendo a inclusão da remuneração do capital próprio ou de terceiros sobre os dados contábeis. Ao considerar apenas o capital próprio, o investimento deve ter um retorno suficiente para remunerar a escolha de ter deixado de investir na próxima melhor opção, isto é, da remuneração que deixou de ganhar na opção alternativa, referido comumente como custo de oportunidade. Este custo deve ser incluso, pois a decisão presente tem reflexos futuros na rentabilidade do negócio (PENSON et al., 2014). No caso de capital de terceiros, deve haver remuneração suficiente para arcar com o financiamento das fontes captadas. Desta forma, pode-se calcular o lucro econômico.

A relação entre a produção e os custos de produção, relatado por Pinho, Vasconcellos e Toneto Jr. (2017), tem reflexos diretos na lucratividade da propriedade, em consonância com a Eq. 3. À medida que um determinado fator de produção é demandado pelas firmas, o preço de tal fator tende a alterar em função de sua escassez, como é o caso típico dos fertilizantes no setor agrícola. A partir do movimento nos preços dos insumos agrícolas, o administrador rural se depara com a tomada de decisão sobre quais insumos utilizar – incluindo substitutos – e em quais quantidades aplicar, que repercutirá na produtividade da cultura.

Não obstante, a utilidade do produto final originado da produção agrícola, isto é, a disposição de pagamento dos consumidores pelo produto, influenciará o preço de venda – o preço pago ao produtor – e, por conseguinte, a decisão do administrador rural em diminuir, manter ou aumentar seu nível de produção, impactando a quantidade dos insumos a serem utilizados, e a tecnologia adotada para transformá-los em produto final (BISHOP; TOUSSAINT, 1958). A relação de preço entre *commodities* que competem por área agrícola é um fator determinante para a contabilização do retorno econômico (MONZON et al., 2014), com variação anual decorrente das oscilações do mercado.

2.2.2. Risco

Neste ponto, é conveniente inserir o risco do empreendimento, para além do escopo de receita e retorno. Segundo Assaf Neto (2014), o retorno de um investimento deve remunerar o seu risco inerente, uma vez que há sempre que levar em conta a relação entre risco e retorno para uma tomada de decisão racional.

A primeira consideração que se deve fazer é a distinção entre risco e incerteza. Por incerteza, define-se aquilo que não é perfeitamente conhecido (HARDAKER et al., 2015), ou, por outras palavras, é a impossibilidade de se conhecer as consequências de um evento (AVEN, 2015). Por risco, o mesmo autor afirma que há atribuição de valores ao desconhecido, isto é, há o conhecimento acerca da probabilidade de ocorrência de cada um dos possíveis resultados de um evento (KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014). Embora o risco tenha o enfoque nos possíveis resultados não favoráveis ao tomador de decisão (HARDAKER et al., 2015), a sua definição não implica necessariamente na distinção entre resultados positivos ou negativos (AVEN, 2015).

Kay, Edwards e Duffy (2014) sugerem cinco fontes distintas de risco: (i) de produção e técnico, representado na agropecuária pelo ciclo biológico ou pela adoção de novas tecnologias; (ii) de preço e de mercado, por ocasião da variação dos preços dos insumos e dos produtos, e do acesso a mercados; (iii) financeiro, a partir da tomada de crédito de terceiros; (iv) jurídico, pela observação das regulamentações e legislações; e (v) pessoal, em detrimento

dos funcionários e da mão de obra. Em consonância com esses autores, Barry (1984) também descreve cinco fontes de risco: (i) de produção ou técnico; (ii) de mercado ou de preço; (iii) tecnológico; (iv) legal e social; e (v) humano.

O risco de produção na agropecuária difere do observado em outros setores, haja vista que não se tem controle total sobre os fatores que influenciam na produção. A produção gerada pelo uso de insumos só vai ser observada no final, após impactos de pragas e doenças, do clima e do ciclo biológico de desenvolvimento do vegetal, por exemplo (KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014). Em relação ao risco de preço dos insumos, além das condições de oferta e demanda interna, a necessidade de importações de grande parte deles faz com que os preços internacionais e a taxa de câmbio também sejam fatores de influências (SAAB; PAULA, 2008). Adicionalmente, consideram-se os riscos de preço dos produtos agrícolas, os quais usualmente refletem a oferta e demanda interna e dos principais países produtores e consumidores mundiais.

Conforme evidenciado por Melo e Moro (2013), as *commodities* agrícolas enfrentam incertezas e riscos decorrentes de fatores ambientais, de condições do mercado e de políticas, que detém força suficiente para alterar a dinâmica de produção e de preço. Não obstante, Favero (2015) afirma que a dinâmica atual do agronegócio brasileiro resulta em desafios para o produtor no momento de definição de seu modelo produtivo, haja vista que o risco de preço de insumos e dos produtos finais geram incertezas mercadológicas.

O risco financeiro, também importante no contexto estudado, se apresenta na capacidade de arcar com as dívidas adquiridas, provenientes de financiamentos captados junto a bancos (a taxas subsidiadas ou a juros livres de mercado), cooperativas, fornecedores, dentre outros. Este risco incorpora, de certa forma, o risco de produção que influenciará na produtividade obtida, e o risco de preço, o qual incide sobre os custos de produção e do valor obtido pela venda do produto agrícola. A margem líquida captada pelo produtor, ou seja, a quantia monetária resultante da comercialização da produção subtraída dos custos de produção, deve ser suficiente para arcar com as dívidas contraídas, incluindo o principal e os juros.

A identificação das fontes de risco é fundamental para a correta análise de risco, uma vez que elas influenciam diretamente na ocorrência de eventos indesejados (AVEN, 2015). Osaki et al. (2019) consideram diversos itens do custo de produção de grãos como fontes de risco: fertilizantes, sementes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, operações mecânicas, mão de obra, custos gerais, dentre outros. Em se tratando da cultura do trigo, Ahmad, Afzal e Rauf (2019) consideram como os principais fatores de risco o ambiente (chuvas fortes) e outros incidentes sobre a produção (doenças e altos preços dos insumos). Melo, Silva e Esperancini (2012) identificaram que o preço é a principal fonte de riscos, em se tratando de soja e milho, seguido pelos custos variáveis de produção.

Duong et al. (2019) analisaram quase 200 estudos e identificaram que os principais riscos percebidos pelos agricultores são aqueles relacionados ao clima, biossegurança (pragas e doenças) e humano. Tanto os fatores climáticos quanto os de biossegurança são inseridos no risco de produção. Ortmann et al. (1992) identificaram a variabilidade do preço de comercialização e da produtividade como os principais riscos percebidos por produtores norte-americanos no cinturão do milho.

Segundo FAO (2017), os riscos relacionados à investimentos realizados na agricultura são em sua maioria provenientes de fatores externos ou exógenos, ou seja, sistemáticos, os quais incluem aqueles relacionados à natureza (clima, pragas e doenças), ao mercado (variações nos preços de compra e venda, e disponibilidade dos fatores de produção), à ausência de instituições que regulem transações de mercadorias via contrato, e ao ambiente político-institucional especialmente de países de baixa renda.

A etapa seguinte à definição das variáveis de risco, é a avaliação ou gestão propriamente dita do risco (AVEN, 2015). Segundo o mesmo autor, deve-se buscar ferramentas que conduzam a uma análise de risco, ou seja, que estabeleça uma figura e descrição quantitativa do risco.

Na mensuração do risco, os diferentes tipos apresentados estão intrinsecamente relacionados, no sentido de que todos eles influenciarão no resultado final do empreendimento, de modo que se alcance a gestão sustentável. Pode-se quantificar o risco por meio de diversos indicadores, que detém características, aptidões e embasamento teórico diferentes.

A análise de risco dependerá da maneira de como é medido (CAPITANI; MATTOS, 2017), podendo partir de duas abordagens distintas: (i) *ex-post*, ocupando-se em analisar o risco já realizado, calculado usualmente a partir de séries de dados extensas, citando como exemplo o desvio padrão e o coeficiente de variação; e (ii) voltado ao futuro, com o intuito de prever preços e volatilidade futura com base no histórico, citando a modelagem GARCH (heteroscedasticidade condicional auto-regressiva generalizada, em português) e a volatilidade implícita (KALKUHL; BRAUN; TORERO, 2016).

Barry (1984) apresenta vários métodos diferentes de análise de risco, sendo alguns comentados a seguir. O modelo da utilidade esperada define que a escolha do ponto ótimo de risco se dá na maximização da utilidade esperada do tomador de decisão, gerando um índice capaz de ranquear as diferentes alternativas à disposição, de acordo com suas preferências, utilizando funções de densidade probabilística (distribuição discreta) para expressar o grau de incerteza.

O modelo da média-variância ou programação quadrática, baseado na teoria do portfólio, utiliza distribuições de probabilidade, e considera o quadrado da variância na decisão sobre risco, ocorrendo uma penalização maior para desvios maiores. Por outro lado, o modelo da variância absoluta ou Motad (*Minimization of Total Absolute Deviation*, na sigla em inglês), se constitui em solução linear que busca minimizar os desvios absolutos totais a partir da rentabilidade esperada, podendo gerar uma fronteira eficiente. O modelo de média-semivariância enfatiza o risco negativo, isto é, a probabilidade de resultados inferiores a zero, indo ao encontro da decisão com base em uma condição de segurança, a qual deve ser primariamente satisfeita (BARRY, 1984).

Capitani e Mattos (2017) fornecem duas considerações importantes para esta discussão. A primeira delas é a afirmativa de que não há uma definição singular de risco, de modo que indivíduos percebem diferentemente o risco em função das condições de mercado; por exemplo, um indivíduo *A* pode considerar a volatilidade de preços como medida de risco, e o indivíduo *B* pode considerar a magnitude de perda, resultando em medidas diferentes e não necessariamente alinhadas. A segunda contribuição dos autores se refere ao padrão considerado sobre o qual será mensurado o risco, ou seja, qual é o valor base que será utilizado para mensurar o risco e desvio. Os resultados serão divergentes em detrimento do valor padrão considerado.

Embora diversos métodos possibilitem a análise do risco, comumente se utiliza a probabilidade (AVEN, 2015). Por probabilidade, duas definições são apresentadas por Hardaker et al. (2015). A primeira delas se refere à frequência relativa de ocorrência de um determinado resultado, a partir de uma grande quantidade de observações. A segunda, muitas vezes relegada a segundo plano, concerne à visão subjetiva da probabilidade, e surge a partir de uma falha da primeira.

Uma vez que não se consegue obter quantidade suficiente de dados para afirmar com precisão a probabilidade de ocorrência de determinado evento, além desse evento sofrer influência de outras variáveis nem sempre incorporadas na análise, parte-se de proposições que permitam atingir um nível de confiança. Assim, um indivíduo racional busca ao máximo atribuir objetividade na sua avaliação, coletando a maior quantidade possível de

informações que são relevantes para atribuição do risco, o que explica a diferença na percepção e atitude de diferentes indivíduos em relação ao risco, indo ao encontro da afirmação de Winsen et al. (2016).

No intuito de expandir a quantidade de informações para tomada de decisão, frequentemente se utiliza simulações de Monte Carlo, como nos estudos de Melo, Silva e Esperancini (2012), Miguel, Esperancini e Grizotto (2014), Liu et al. (2017), Martins et al. (2016) e Stott et al. (2018). Este método, desenvolvido por Hertz (1964), considera que o padrão de ocorrência de um evento segue distribuição de probabilidade. Em posse de observações deste evento, identifica-se a distribuição que mais se adequa aos dados, de forma a conhecer a totalidade de observações prováveis de ocorrência.

Yaari (1969) também discute sobre a percepção de risco por indivíduos. O autor menciona que um indivíduo A é mais avesso ao risco que um indivíduo B se todas as decisões aceitáveis por A também o são por B , de forma que a fronteira de aceitação do risco pelo indivíduo B seja mais ampla em relação ao indivíduo A . Não obstante, o mesmo autor atesta que a aversão e o cálculo do risco se apresenta pontual, em um momento no tempo, dependente das condições em que a decisão é tomada – por exemplo em função de seu nível de riqueza.

Buscando a redução ou mitigação integral ou parcial dos riscos, algumas ferramentas estão à disposição do agente, como, por exemplo, a diversificação da produção, programas governamentais voltados à garantia de renda, a adoção de reservas financeiras de alta liquidez (ADAMI, 2010), a realização de contratos para compra de insumos e para venda da produção (incluindo o *hedge*), dentre outros (KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014).

Métodos de otimização também auxiliam na tomada de decisão. A obtenção da fronteira eficiente, por exemplo, possibilita identificar atividades que possuem um mesmo nível de retorno, para diferentes variâncias, devendo selecionar aquelas que minimizam o risco, como realizado por Favero (2015).

Najafabadi et al. (2019) utilizaram modelagem matemática para otimizar padrões de cultivo em diferentes regiões, por meio da inserção de funções objetivas, bem como de algumas restrições, permitindo delinear múltiplos objetivos na tomada de decisão. Osaki e Batalha (2014) adotaram o modelo Motad para planejamento da primeira e segunda safras dentro do ano agrícola, incorporando épocas de semeadura e colheita, fluxos de caixa, e outras restrições para cada cultura, buscando alocar os recursos de maneira mais eficiente possível. O diferencial deste trabalho foi a incorporação do risco, não observado em outros estudos que utilizam a programação linear.

Rosa et al. (2019) também utilizaram a programação linear quadrática de risco para se aproximar à fronteira eficiente quadrática, com base na variação da renda bruta total, e concluíram que de fato o risco afeta a tomada de decisão. Os autores comentaram que análises utilizando fronteira eficiente, Motad e outros são comuns na literatura, visando análises do processo decisório.

Segundo os princípios da teoria do portfólio de Markowitz (1952), abordado no tópico seguinte, a diversificação de ativos consiste em uma estratégia efetiva para redução do risco, especialmente para ativos inversamente correlacionados, o que é condizente com o princípio da rotação ou sucessão de culturas. Rosa et al. (2019) confirmam que a diversificação de culturas constitui em estratégia adequada para a mitigação do risco.

2.2.3. Diversificação

O risco de um ativo pode ser mensurado individualmente ou em composição juntamente com outros ativos (MANGRAM, 2013). A teoria do portfólio pressupõe que um conjunto de ativos diferentes possibilita a redução do risco quando comparado com uma carteira não diversificada, em decorrência da correlação dos ativos ser diferente de zero (MARKOWITZ, 1952). De acordo com Assaf Neto (2014), ao selecionar uma carteira com ativos negativamente

correlacionados, tem-se uma eliminação do risco diversificável. Contudo, o autor salienta o desafio em se obter uma correlação perfeitamente negativa entre dois ativos.

A diversificação pode ocorrer de forma intraespecífica, envolvendo diferenciações genéticas em plantas de uma mesma espécie, ou interespecífica, envolvendo a diversificação de diferentes espécies (RATNADASS et al., 2012). Partindo-se da diversificação interespecífica, destaca-se a diversificação espacial, no sentido de que o maior número de espécies diferentes dentro de uma única propriedade pode se dar de forma isolada e em locais diferentes, sem interação biológica, ou, no segundo caso, de forma consorciada, intercaladas no mesmo local (PAUT; SABATIER; TCHAMITCHIAN, 2020). Segundo os mesmos autores, a estratégia de diversificação espacial enfatiza a diminuição do risco, enquanto o cultivo de espécies diferentes em um mesmo local enfatiza interações biológicas.

Paut, Sabatier e Tchamitchian (2019) aplicaram a teoria do portfólio de Markowitz (1952) para a avaliação do retorno e risco de frutas, legumes e vegetais, tomando pares de duas culturas diferentes cultivadas em locais diferentes, e calcularam o risco pelo desvio padrão em relação à produtividade, não abordando aqui o componente econômico. Dentre as duas opções elencadas pelos autores para redução do risco – de escolher espécies com menor variabilidade em termos de produtividade, ou de escolher combinações específicas de espécies diferentes –, a associação entre culturas realizada de forma assertiva, pode reduzir o risco consideravelmente.

Não obstante, St-Martin et al. (2017) avaliaram o desempenho produtivo do trigo em três sistemas de rotação de culturas e pecuária diferentes, utilizando dados de um experimento estabelecido há mais de 50 anos. Os resultados mostraram que a posição do trigo dentro do sistema de rotação influencia na produtividade.

Ainda que a literatura demonstre os efeitos da diversificação espacial no risco de sistemas produtivos, a complexidade e diversidade de ambientes, *habitats*, manejo adotado, bem como suas inter-relações, alteram as características do sistema, como a composição de pragas, doenças, ervas daninhas, inimigos naturais, ciclagem de nutrientes, dentre outros (HATT et al., 2018). Assim, eventos climáticos que podem se constituir em fontes de risco são variáveis em função da localização geográfica (FAO, 2017).

Davis et al. (1997) atestam que propriedades suficientemente extensas permitem dividir a produção em diferentes localidades, sendo uma estratégia para redução da variabilidade total de produção e obter sua sustentabilidade. Haja vista que os produtores estão sujeitos ao risco sistemático, a diversificação geográfica pode se constituir em estratégia para redução de riscos, pois está ao alcance do produtor. Como exemplo, Larsen, Leatham e Sukcharoen (2015) avaliaram a efetividade da diversificação geográfica da produção de trigo nos Estados Unidos, e concluíram que a divisão da produção em locais distantes entre si (três Estados diferentes) gerou rentabilidade superior, para um mesmo nível de risco.

3. CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA, DEMANDA E ÁREA SEMEADA PARA AS CULTURAS DA SOJA, DO MILHO E DO TRIGO NO BRASIL

Este tópico utilizará dados de fontes públicas de informação agrícola, com o intuito de caracterizar inicialmente as culturas da soja, milho e trigo no Brasil. Uma discussão é realizada juntamente com a apresentação dos dados, a fim de enriquecer o estudo e explicar a dinâmica produtiva.

Em um primeiro momento, discorre-se sobre a produção, a importação, o consumo, e a exportação, tomando como referência dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019a), considerando as safras entre 1999/2000 e 2018/19 para soja e milho, e a partir de 2008/09 para trigo, em função da ausência de dados anteriores. Na segunda etapa, são demonstrados valores da área semeada sobre as principais lavouras temporárias no Sul do Brasil, destacando a relevância e representatividade das lavouras de grãos consideradas no estudo, notadamente soja, milho e trigo. Em seguida, caracterizam-se as grandes regiões do Brasil, em termos de área semeada com soja, milho e trigo, para os anos agrícolas de 1990/91, 2000/01, 2010/11 e 2018/19, com o intuito de delimitar a representatividade do Sul em relação ao país como um todo.

Em um quarto momento, identifica-se a tendência de cultivo da soja, milho e trigo em nível de mesorregiões, uma vez que em um mesmo Estado observam-se características produtivas diferentes. Por fim, serão apresentados os dados de produtividade das culturas aqui consideradas para o Sul do Brasil, uma vez que tem influência direta sobre a escolha do sistema produtivo pelo administrador rural.

3.1. Balanço nacional de oferta e demanda para soja, milho e trigo em grãos

Para soja em grão (Figura 1), os dados mostram que a produção vem aumentando ao longo do tempo, alavancando em consequência as exportações, haja vista que o consumo interno não tem aumentado em mesma proporção. Há um descolamento nítido entre a produção e o consumo, sendo que este último representou, em média, 42,0% do total produzido entre as safras 2012/13 e 2018/19, com tendência de perda da participação (CONAB, 2019a).

A safra 2012/13 representou uma inversão da relação entre consumo e exportação, no sentido de que as exportações superaram pela primeira vez o consumo doméstico, aumentando gradativamente sua importância. Na década de 2010, a cada dois anos, aproximadamente, o Brasil aumentou seu patamar de exportação em 10 milhões de toneladas. As importações, por outro lado, são inexpressivas.

De acordo com Oliveira Neto (2017), o grande avanço da produção de soja nacional dos últimos 20 anos resultou mais de aumentos em área semeada do que de aumento de produtividade. Segundo o mesmo autor, a área com soja no Brasil aumentou em 11,5 milhões de hectares nos últimos sete anos.

Assim como a soja, a produção de milho vem aumentando ao longo do tempo (Figura 2), atingindo o máximo de 97 milhões de toneladas em 2016/17 (CONAB, 2019a). Como a oferta superou a demanda interna a partir da safra 2005/06, o excedente deu sustentação às exportações, que apresentaram em média 25,7 milhões de toneladas anuais entre as safras 2011/12 e 2018/19, representando 31,4% da produção. Um salto nas exportações ocorreu na safra 2011/12, elevando o patamar de transações físicas no mercado externo, coincidente com um aumento da produção. A safra de 2011/12 representou um marco importante na produção de milho no Brasil, por ocasião do aumento de seu cultivo na segunda safra, que passou a ser a mais representativa na composição da oferta total.

O consumo doméstico detém um maior peso sobre a produção, representando média de 69,2% do total produzido entre as safras 2011/12 e 2018/19. As importações não são expressivas, com exceção da safra 2015/16, em que fatores climáticos reduziram a produção interna e houve necessidade de se recorrer ao mercado externo para suprir a demanda nacional.

Figura 1. Balanço nacional de oferta e demanda de soja em grãos no Brasil, em 1.000 toneladas, entre as safras 1999/2000 e 2018/19.

Fonte: Conab (2019a).

Figura 2. Balanço nacional de oferta e demanda total do milho em grãos no Brasil, em 1.000 toneladas, entre as safras 1999/2000 e 2018/19.

Fonte: Conab (2019a).

Em contraste com a soja e o milho, para a cultura do trigo o país se apresenta como importador líquido (Figura 3). Para os anos analisados, a produção atingiu seu maior volume na safra 2016/17, representando 58,4% do consumo doméstico (CONAB, 2019a). De modo geral, o Brasil necessita importar mais de 50% do total consumido. A produção oscila a cada ano, a depender especialmente das condições climáticas e, em menor intensidade, da atratividade dos preços no período que antecede o cultivo. Já o consumo apresenta tendência ligeiramente crescente ao longo dos últimos oito anos.

As exportações do trigo foram mais expressivas nas safras de 2009/10 a 2010/11, e de 2014/15 a 2015/16, chegando a 2,5 milhões de toneladas na safra 2010/11. Este fato é explicado pelas diferenças de qualidade e aptidão para usos alimentícios humanos e animais diversos, assim como por incentivos governamentais para a comercialização, em que agentes vendedores aproveitaram a oportunidade para escoamento ao mercado externo.

Figura 3. Balanço nacional de oferta e demanda de trigo em grãos no Brasil, em 1.000 toneladas, entre os anos de 2008/09 e 2018/19.

Fonte: Conab (2019a).

3.2. Área semeada de lavouras temporárias no Sul do Brasil

Busca-se, na Tabela 2, apresentar as culturas temporárias cultivadas no Sul do Brasil, as quais compõem sistemas produtivos e se constituem em concorrentes por área, seja de primeira ou de segunda safras, além de identificar aquelas mais representativas. No Paraná, observa-se cultivo crescente de soja, atingindo mais da metade da área de lavoura temporária do Estado, caracterizada pelo cultivo em primeira safra. Em sequência, tem-se o milho total, composto pela primeira e segunda safras. A proporção de milho primeira e segunda safras será explorado em seções posteriores. O trigo aparece em terceiro lugar, cultivado em segunda safra. Segue-se então a cana-de-açúcar, e o feijão.

Em Santa Catarina, ainda se observa expressividade do cultivo de soja, que representa pouco menos da metade da área destinada a lavouras temporárias. Na sequência, tem-se milho, com tendência de redução, sendo cultivado apenas em primeira safra neste Estado, em virtude das condições edafoclimáticas. Este aspecto será esclarecido em momento posterior, haja vista que nesta subseção busca-se apenas apresentar as principais culturas temporárias cultivadas no Sul do Brasil. Em terceiro lugar, o arroz ocupa praticamente 10% da área, seguido pelo fumo e feijão.

Por fim, nota-se no Rio Grande do Sul maior proporção de cultivo da soja, ultrapassando metade de área do Estado. Em segunda colocação, com proporção de cultivo bastante inferior à soja, tem-se o arroz, cultivado em pouco mais de 10% da área, especialmente na metade sul do Estado e em sistemas que envolvem o alagamento, caracterizando como cultivo de arroz irrigado, o que não faz parte das fazendas típicas focos deste estudo. Segue-se então o milho, o trigo e a aveia.

Tabela 2. Área colhida das culturas temporárias no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, expressa pela porcentagem em relação ao total, retratando a média de cinco anos consecutivos, em períodos selecionados.

Estado	Paraná				Santa Catarina				Rio Grande do Sul			
Período	2001-05	2006-10	2011-15	2016-18	2001-05	2006-10	2011-15	2016-18	2001-05	2006-10	2011-15	2016-18
Arroz (em casca)	0,8%	0,5%	0,3%	0,2%	8,6%	9,2%	9,8%	9,9%	13,3%	13,4%	13,2%	12,2%
Aveia (em grão)	2,5%	0,9%	0,6%	0,7%	1,1%	0,6%	0,9%	1,2%	0,7%	1,0%	1,6%	2,9%
Cana-de-açúcar	4,2%	5,9%	6,4%	6,0%	1,0%	1,0%	0,7%	0,4%	0,4%	0,5%	0,3%	0,2%
Cevada (em grão)	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	1,1%	0,5%	0,5%	0,6%
Feijão (em grão)	5,5%	5,9%	4,7%	3,9%	8,2%	7,3%	5,7%	4,7%	1,9%	1,4%	0,9%	0,7%
Fumo (em folha)	0,6%	0,8%	0,7%	0,7%	7,4%	7,7%	8,0%	6,9%	2,6%	2,9%	2,5%	2,1%
Mandioca	1,7%	1,7%	1,6%	1,4%	1,9%	1,9%	1,7%	1,4%	1,2%	1,1%	0,9%	0,7%
Milho (em grão)	28,5%	27,9%	26,4%	24,9%	48,7%	40,9%	31,4%	23,9%	17,9%	17,0%	11,7%	8,6%
Soja (em grão)	40,6%	43,6%	47,4%	51,2%	16,3%	23,2%	34,2%	45,3%	47,1%	49,9%	55,3%	62,9%
Trigo (em grão)	13,5%	11,0%	10,6%	10,0%	3,9%	5,7%	5,1%	3,8%	11,9%	10,5%	11,9%	8,2%
Outros *	1,4%	1,1%	0,7%	0,6%	2,6%	2,5%	2,3%	2,4%	1,9%	1,9%	1,3%	1,0%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: IBGE (2018).

Nota: * Outras culturas incluem: abacaxi, alfafa, algodão herbáceo, alho, amendoim, batata, cebola, centeio, ervilha, girassol, mamona, melancia, melão, rami, sorgo, tomate e tritcale.

3.3. A evolução da área semeada do Sul do Brasil para as culturas da soja, milho e trigo, em comparação às outras grandes regiões brasileiras

Nesta subseção, será enfatizada a importância da região do Sul do Brasil em termos de porcentagem da área semeada e da produção total nacional, para as culturas da soja, milho e trigo. Os Estados do Sul do Brasil detinham a maior área semeada com soja do país durante a década de 1990 (Tabela 3). Entre os anos de 2000 e 2005, o estado de Mato Grosso duplicou a área com a cultura e passou a ser o maior Estado em área semeada com soja, atingindo 9,7 milhões de hectares (ha) em 2018/19 (CONAB, 2019b). Ainda na safra 2018/19, a área semeada com soja no Rio Grande do Sul foi de 5,8 milhões de ha, segundo Estado em termos de área semeada, seguido pelo Paraná com 5,4 milhões de ha.

Apesar de porcentagens representativas no Sul do país, a mesorregião do Centro-Oeste representou 44,9% da área total soja na safra 2018/19, ocupando a primeira posição em nível nacional. Não obstante, apesar da oferta crescente, a porcentagem da produção de soja no Sul do país vem sendo reduzida desde 1990/91, devido ao cultivo em novas fronteiras agrícolas, mostrando-se 26,2% inferior ao Centro-Oeste na safra 2018/19.

Em relação ao milho primeira safra, os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul apresentaram as maiores porcentagens da década de 1990 até a safra 2008/09. Contudo, na safra 2009/10 Minas Gerais ultrapassou ambos, detendo 15,1% da área semeada do país – o maior dentre os Estados, enquanto Rio Grande do Sul deteve 14,9%, e o Paraná 11,6% (Conab, 2019b). Este fato se deve à redução nas áreas destinadas ao cereal nos Estados do Sul, e não de um aumento em Minas Gerais. De modo geral, a área do milho primeira safra tem sido reduzida desde 2005/06 nos três Estados do Sul, com reversão da tendência apenas em 2017/18. Em 2018/19, o Paraná representou 7,8% da área nacional de milho primeira safra, Santa Catarina, 7,3%, e Rio Grande do Sul, 16,3%.

Apesar da alta representatividade do milho primeira safra na região Sul, o Nordeste ocupou a primeira posição em relação à área total do país nos últimos anos-safras, alavancado pelo cultivo nos Estados do Piauí e Bahia, ambos considerados de fronteira agrícola. Entretanto, quando se observam os dados de produção, o Sul do país

representou 43,9% do total produzido no Brasil na safra 2018/19, representando mais do dobro em relação ao Nordeste (18,7%), sustentado pelas maiores produtividades agrícolas.

Tabela 3. Área semeada e produção total por mesorregião brasileira, em termos percentuais, para as culturas da soja, milho primeira e segunda safras, e trigo, para os anos agrícolas de 1990/91, 2000/01, 2010/11 e 2018/19.

Cultura	Grande região	1990/91	2000/01	2010/11	2018/19	1990/91	2000/01	2010/11	2018/19
		Área (ha)				Produção (mil t)			
Soja	Norte	0,1%	0,7%	2,7%	5,5%	0,1%	0,6%	2,6%	5,2%
	Nordeste	2,9%	6,9%	8,0%	9,3%	3,7%	5,4%	8,3%	9,2%
	Centro-Oeste	30,2%	41,2%	44,7%	44,9%	43,3%	44,2%	45,1%	45,8%
	Sudeste	10,0%	8,4%	6,8%	7,2%	12,5%	7,5%	6,1%	7,0%
	Sul	56,8%	42,8%	37,8%	33,1%	40,4%	42,3%	37,9%	32,9%
Milho primeira safra	Norte	3,4%	5,3%	5,7%	5,6%	2,7%	2,6%	3,2%	3,2%
	Nordeste	21,4%	21,8%	32,8%	31,5%	8,2%	5,2%	13,7%	18,7%
	Centro-Oeste	12,0%	11,4%	6,9%	7,5%	19,2%	16,0%	11,4%	9,8%
	Sudeste	23,3%	19,7%	22,9%	24,1%	33,5%	21,5%	27,6%	24,5%
	Sul	40,0%	41,8%	31,6%	31,3%	36,3%	54,8%	44,1%	43,9%
Milho segunda safra	Norte	0,0%	0,0%	1,4%	3,7%	0,0%	0,0%	1,3%	3,0%
	Nordeste	36,9%	11,6%	10,4%	8,2%	12,6%	1,9%	6,0%	2,3%
	Centro-Oeste	5,6%	33,9%	53,9%	63,5%	7,2%	38,7%	59,3%	68,6%
	Sudeste	28,3%	15,6%	6,4%	7,1%	45,3%	14,0%	5,8%	7,6%
	Sul	29,1%	38,9%	27,8%	17,5%	34,9%	45,4%	27,6%	18,4%
Trigo	Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Nordeste	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
	Centro-Oeste	6,4%	4,9%	2,6%	2,1%	5,8%	5,1%	2,6%	2,6%
	Sudeste	6,3%	1,6%	3,1%	7,7%	6,7%	3,0%	3,3%	7,4%
	Sul	87,4%	93,4%	94,3%	90,0%	87,6%	91,9%	94,1%	89,4%

Fonte: Conab (2019b).

Já para o milho segunda safra, apesar de ter havido um crescimento de 864,8% na área da cultura no Sul do país entre 1990/91 e 2018/19, atingindo 2,2 milhões de ha na safra 2018/19, a região teve redução da participação sobre a área da cultura em nível nacional, sendo responsável por 17,5% do total semeado do Brasil. A região Centro-Oeste, com destaque para Mato Grosso (37,8%), é a principal região produtora em nível nacional (Conab, 2019b). Apenas o Paraná cultiva milho segunda safra no Sul, segundo a Conab (2019b), ocupando a segunda posição em termos de área semeada, perdendo para o Mato Grosso. Quando se observam os dados de produção, o Sul do país manteve a primeira posição até a safra 2000/2001, sendo superado pelo Centro-Oeste no ano-safra 2001/02, de forma que na safra 2018/19, a diferença de produção entre ambos chegou à 36,7 milhões de toneladas, equivalente a 271,8%.

Em relação ao trigo, o estado do Paraná representou, na safra 2018/19, 53,8% da área total semeada no Brasil, Santa Catarina, 2,8%, e Rio Grande do Sul, 33,4%, compondo a grande região com a maior área no país, seguido com grande folga pelo Sudeste (Conab, 2019b). Este fato se origina das condições climáticas do Sul do país, que favorece o cultivo de trigo em detrimento de culturas concorrentes em área, como o milho, a partir da porção Sul do Paraná. A área destinada ao trigo tem aumentado no Sudeste, atingindo 7,7% na safra 2018/19, contrariamente ao observado no Centro-Oeste, cuja área em 2018/19 representou 2,1% em relação ao total. Em relação à produção, o

Sul detém por volta de 90% do total nacional desde a década de 1990. A participação do Sudeste na produção total vem aumentando ao longo da década de 2010, atingindo 7,4% na safra 2018/19.

3.4. Evolução histórica da área semeada com soja, milho e trigo no Sul do Brasil

Para apresentar a evolução histórica de cada cultura temporária de interesse, cada Estado do Sul foi segregado em duas regiões principais, conforme Tabela 4 e Figura 4. Não obstante, a divisão proposta considera características similares sobre a área plantada das principais culturas produtoras de grãos, mantendo um grau de homogeneidade entre as mesorregiões de uma mesma região, como se verá adiante.

Tabela 4. Subdivisão dos Estados do Sul do Brasil e respectivas mesorregiões pertencentes.

Centro-Norte Ocidental do Paraná	Centro-Oeste de Santa Catarina	Centro-Norte do Rio Grande do Sul
Noroeste Paranaense	Oeste Catarinense	Noroeste Rio-grandense
Centro Ocidental Paranaense	Norte Catarinense	Nordeste Rio-grandense
Norte Central Paranaense	Serrana	Centro Ocidental Rio-grandense
Norte Pioneiro Paranaense		Centro Oriental Rio-grandense
Oeste Paranaense		
Centro-Sul Oriental do Paraná	Costa-Leste de Santa Catarina	Sul do Rio Grande do Sul
Centro Oriental Paranaense	Vale do Itajaí	Metropolitana de Porto Alegre
Sudoeste Paranaense	Grande Florianópolis	Sudoeste Rio-grandense
Centro-Sul Paranaense	Sul Catarinense	Sudeste Rio-grandense
Sudeste Paranaense		
Metropolitana de Curitiba		

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 5 e na Figura 6, são representadas as evoluções históricas da área semeada com soja, segundo dados da Produção Agrícola Municipal disponibilizados pelo IBGE (2018). Verifica-se um aumento da área com soja no Sul do Brasil como um todo, com maior expressão entre os anos 2000 e 2005, e entre os anos 2010 e 2015. De modo geral, houve um acréscimo de área de 136,7% no Paraná entre 1990 e 2018, 82,5% em Santa Catarina, e 62,2% no Rio Grande do Sul. O cultivo saltou de um total de 6,2 milhões de hectares (ha) em 1990 no Sul do Brasil, para 11,8 milhões de ha em 2018.

Ao comparar estes números com dados estruturais do IBGE (2017) sobre o uso da terra, verifica-se que nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul a área destinada a lavouras temporárias vem aumentando desde 1995, enquanto que a área em Santa Catarina reduziu entre 2006 e 2017, ou seja, há concorrência por área com culturas não temporárias e atividades em Santa Catarina. Segundo Emygdio, Rosa e Oliveira (2017), o cultivo de soja no Rio Grande do Sul vem tomando o espaço do arroz, principalmente em sistema de rotação de culturas, com o intuito de controlar infestação do arroz vermelho – a principal planta daninha responsável pela queda de produtividade. Outro dado interessante sobre a soja se refere à expressividade de seu semeio no Rio Grande do Sul, representando quase 50% da área total de soja do Sul do país, seguido de perto pelo Paraná, com 46%, sendo apenas 4% cultivados em Santa Catarina (IBGE, 2018).

Figura 4. Subdivisão dos Estados do Sul do Brasil e respectivas mesorregiões.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 5. Área semeada (hectares) com soja, por mesorregiões dos estados do Sul do Brasil, nos anos de 2003, 2010 e 2017.

Fonte: IBGE (2018).

Figura 6. Evolução histórica da área semeada com soja, nas seis subdivisões delimitadas, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em anos selecionados.

Fonte: IBGE (2018).

Os dados relacionados ao milho cultivado na primeira e na segunda safras são dispostos na Figura 7, Figura 8 e Figura 9. Na área semeada com milho primeira safra, verifica-se uma tendência de queda de 2003 para 2018 em todos os estados da região Sul. De 3,7 milhões de ha cultivados em 2003 no Sul do Brasil como um todo, restou 1,4 milhão de ha em 2018, ou seja, menos da metade. No período, houve redução de área com a cultura em todos os estados, sendo no Paraná de 76,0%, em Santa Catarina, de 61,4%, e no Rio Grande do Sul, de 50,2%. A área de milho primeira safra do Rio Grande do Sul representou quase metade da área total destinada à essa cultura no Sul do país em 2018, restando um quarto para o Paraná e outro quarto para Santa Catarina.

Figura 7. Evolução histórica da área semeada com milho primeira safra, nas seis subdivisões delimitadas, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em anos selecionados.

Fonte: IBGE (2018).

Figura 8. Evolução histórica da área semeada com milho segunda safra, nas seis subdivisões delimitadas, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em anos selecionados.

Fonte: IBGE (2018).

Figura 9. Área semeada (hectares) de milho primeira e segunda safras, por mesorregiões do Sul do Brasil, nos anos de 2003, 2010 e 2017.

Fonte: IBGE (2018).

O milho segunda safra é cultivado apenas no estado do Paraná, favorecido pela antecipação do cultivo de soja e pelas condições climáticas que viabilizam o cultivo em sucessão. Conforme demonstrado na Tabela 5, mais de três quartos do milho total cultivado nesse Estado é referente à segunda safra. Apesar de uma redução de 13,7% no cultivo de milho segunda safra no Centro-Sul Oriental do Paraná, tem-se um aumento de 56,4% no Centro-Norte Ocidental, entre os anos de 2003 e 2018.

Tabela 5. Área e representativa dos cultivos de milho de primeira e segunda safras no Estado do Paraná, em anos selecionados.

Safra	Tipo de dados	2003	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Milho	Valor absoluto (ha)	1.471.316	1.288.373	897.280	548.097	422.686	550.113	353.666
primeira safra	%	51,7%	59,5%	39,8%	22,5%	16,4%	19,7%	14,7%
Milho	Valor absoluto (ha)	1.374.738	878.620	1.359.751	1.891.303	2.150.567	2.249.115	2.050.631
segunda safra	%	48,3%	40,5%	60,2%	77,5%	83,6%	80,3%	85,3%

Fonte: IBGE (2018).

Nota: * em relação ao milho total cultivado no Sul do Brasil.

O ano de 1990 retratou o maior patamar do cultivo de trigo no Sul do Brasil, com destaque para a região Centro-Norte Ocidental do Paraná (Figura 10). Em 1995, houve uma queda brusca de área semeada, com posterior tendência de recuperação até 2015. Entre 1990 e 2018, a área com trigo reduziu 40,4% no Paraná, 49,3% em Santa Catarina, e 28,2% no Rio Grande do Sul. De quase três milhões de ha cultivados em 1990 no Sul do país, restou 1,8 milhão de ha em 2018 (Figura 11).

Figura 10. Evolução histórica da área semeada com trigo, nas seis subdivisões delimitadas, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Fonte: IBGE (2018).

Área semeada (ha) de trigo em 2003

Área semeada (ha) de trigo em 2010

Área semeada (ha) de trigo em 2017

Figura 11. Área plantada (hectares) de trigo, por mesorregiões do Sul do Brasil, nos anos de 2003, 2010 e 2017.

Fonte: IBGE (2018).

3.5. Produtividades das culturas de soja, milho e trigo no Sul do Brasil

Uma vez que foi caracterizada a área e a produção em termos de representatividade, julgou-se necessário discorrer brevemente sobre a produtividade, uma vez que a produção é produto da área pela produtividade. Além do mais, a produtividade foi essencial para o aumento da produção nacional de grãos e sofre considerável variabilidade ao longo dos anos, constituindo-se assim em fonte de risco.

Em termos de produtividade (Figura 12), são nítidos os ganhos obtidos para a soja, o milho e o trigo desde a década de 1990. Tomando como referência produtividades médias de três anos-safras, dentre os três estados da região Sul do Brasil, em Santa Catarina a produtividade da soja foi a maior, com 3.522 Kg/ha na média entre 2016/17 e 2018/19, sendo o Estado com o maior aumento percentual no período todo analisado (de 1990/91 a 2018/19). Contudo, os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul apresentaram produtividades próximas, atingindo 3.409 Kg/ha e 3.231 Kg/ha, respectivamente, na média de 2016/17 a 2018/19.

Interessante observar que, para o Sul do Brasil, o potencial para grandes aumentos de produtividade na soja não é esperado, pois o cultivo já se mostra consolidado. Os solos apresentam alta fertilidade natural e elevada retenção de nutrientes (argilosos), de modo que o manejo (correção do solo, adubação, etc.) não se constitui em restrição, tornando a produtividade uma função predominantemente do clima (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

Em relação ao milho primeira safra, a produtividade média da região Sul saltou de 2.508 Kg/ha na média entre os anos de 1990/91 e 1992/93, para 8.149 Kg/ha médios entre 2016/17 e 2018/19. Em função das condições edafoclimáticas requeridas pela cultura do milho (principalmente temperatura), a localização do Paraná em latitudes inferiores condiz com sua maior produtividade, seguido por Santa Catarina, deixando o Rio Grande do Sul com a menor produtividade da região Sul (FANCELLI, 2017).

Já no milho segunda safra, apesar de a produtividade se mostrar inferior ao do milho primeira safra, houve um salto de 1.933 Kg/ha entre 1990/91 e 1992/93, para 5.243 Kg/ha entre 2016/17 e 2018/19, acréscimo de 171,3%. Vale lembrar que são contabilizados cultivos de milho segunda safra somente no Estado do Paraná.

Da mesma maneira que ocorreu nas demais culturas, o trigo mais que dobrou sua produtividade entre 1990 e 2018, passando de 1.369 Kg/ha na média de 1990/91 a 1992/93, para 2.764 Kg/ha na média de 2016/17 a 2018/19, representando um aumento de 101,2%. Nos anos em que a produtividade reduz, pode-se afirmar que a queda ocorre em detrimento das condições climáticas desfavoráveis (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

Apesar dos expressivos ganhos de produtividade advindos do manejo e novas tecnologias, o clima ainda desempenha influência considerável. Dito isto, o administrador rural está sujeito a enfrentar anos de receita baixa, principalmente em culturas com elevado risco climático.

Figura 12. Evolução da produtividade (Kg/ha), em termos de média móvel de três anos, para milho primeira e segunda safras, soja e trigo, entre os anos de 1990 e 2018, nos Estados da região Sul do Brasil.

Fonte: Conab (2019b).

4. METODOLOGIA

Nesta seção, apresentam-se em um primeiro momento os dados disponibilizados para as análises, as regiões e as safras consideradas. Em seguida, apresentam-se as metodologias adotadas para calcular a receita bruta, os custos de produção e os indicadores de rentabilidade.

Na terceira parte, descreve-se efetivamente o método aplicado, o qual consiste em simulações de Monte Carlo. Por fim, incluem-se os princípios da teoria do portfólio, dentro do contexto de retorno e risco, de forma a permitir a obtenção da fronteira eficiente. Os trabalhos de Esperancini (2006), Lima (2018) e Osaki et al. (2019) foram tomados como referência para a confecção metodológica.

4.1. Dados do estudo

Os dados utilizados neste estudo foram coletados e disponibilizados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, sediado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, no âmbito do Projeto Campo Futuro, refletindo a dinâmica real da produção de grãos nas regiões em estudo (CEPEA; CNA, 2019). A coleta se deu por meio de metodologia painel com periodicidade anual, nas diversas regiões de estudo, buscando-se a definição de uma propriedade típica de cada região.

Por propriedade típica entende-se a característica modal de produção em cada região (FEUZ; SKOLD, 1991), que neste estudo teve como foco as culturas temporárias. Desta forma, busca-se definir a propriedade modal com base no sistema produtivo regional, descrevendo todos os itens de ativos imobilizados e de atividades operacionais, de forma que represente as características produtivas em cada região (ELLIOTT, 1928).

As safras disponíveis para as análises englobam aquelas entre 2012/13 e 2018/19 para as regiões de Cascavel/PR, Londrina/PR, Castro/PR, Guarapuava/PR, Carazinho/RS e Tupanciretã/RS, e entre 2013/14 e 2018/19 para as regiões de Campos Novos/SC e Xanxerê/SC (CEPEA; CNA, 2019). Todos os dados foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) com base em agosto de 2019. Como os valores dos custos representam uma safra específica e cada cultura tem diferentes momentos de compra de insumos, estipulou-se distintos períodos para deflacionar o custo da soja, milho e algodão de cada safra. Para culturas de primeira safra, o deflator compreendeu o período entre julho de um ano e junho do ano seguinte, enquanto para culturas de segunda safra considerou-se o período entre outubro de um ano e setembro do ano posterior. Somente para o trigo, apesar de ser cultura de segunda safra, optou-se por considerar o período de janeiro a dezembro de cada ano, pois é nesse período que ocorrem as compras de insumos e a venda da maior parte da produção.

Para o Cepea (2020), a coleta dos dados de painéis envolve a característica de toda uma microrregião produtora, representada pelos municípios citados. Pela classificação, os municípios estarão enquadrados nas microrregiões apresentadas na Figura 13. Assim, Cascavel/PR representará a região Oeste/PR; Londrina/PR, a Norte/PR; Castro/PR, a região denominada de Ponta Grossa; Guarapuava/PR, o Centro-Sul/PR; Carazinho/RS, a de Passo Fundo/RS; Tupanciretã/RS, Ijuí/RS; Campos Novos/SC é o nome da própria região; e, Xanxerê/SC, representará a região de Chapecó/SC.

Os dados que podem ser extraídos das informações disponibilizadas são detalhados na Tabela 6. Os itens efetivamente utilizados para a análise de risco serão contemplados no tópico seguinte. Todos os dados utilizados foram padronizados, de forma a permitir comparações entre anos e regiões diferentes.

Figura 13. Representatividades dos painéis em nível regional contemplados no estudo.

Fonte: Cepea (2020).

Tabela 6. Detalhamento dos dados disponíveis para realização das análises econômicas

Descrição	Dados
Propriedade rural	Área (agrícola, arrendada, área de cultivo total), valor da terra e do arrendamento, culturas semeadas (área e produtividade).
Financiamento e impostos	Fontes de captação de recursos financeiros, prazos para pagamento e taxa de juros, custo do capital próprio, impostos incidentes.
Inventário	Máquinas, equipamentos, benfeitorias, utilitários (preço novo, valor residual, depreciação, custos operacionais, gasto com combustível, manutenção, seguro) e mão de obra.
Despesas gerais	Contabilidade/escritório, assistência técnica, sindicato rural, viagens técnicas, alimentação, bonificação, deslocamento, luz, telefone.
Comercialização	Preço comercializado, período do ano, tipo de contrato (a vista, venda futura, <i>barter</i>), custos com beneficiamento e armazenamento.
Manejo das culturas	Operações mecânicas realizadas (conjunto de maquinário utilizado, rendimento operacional, mão de obra requerida, serviços terceirizados, repetições) e tratos culturais (dose e preço do fertilizante, semente, inoculante, herbicida, inseticida, fungicida, adubação foliar, adjuvante), frete agrícola, beneficiamento e armazenamento.

Fonte: CEPEA; CNA (2019).

As culturas temporárias consideradas no estudo envolvem aquelas comumente cultivadas nas respectivas regiões, nos anos selecionados, conforme CEPEA; CNA (2019), constituídas basicamente por soja, milho, trigo, feijão,

cevada, aveia branca e canola. As composições dos sistemas produtivos de cada propriedade típica regional serão discutidos nos resultados, elencando possibilidades de semeio tanto na primeira quanto segunda safra. Um aspecto importante se refere à distinção entre tecnologias dos cultivares para realização das análises, de forma que em uma mesma safra as culturas da soja e do milho podem apresentar mais de uma tecnologia, como de sementes convencionais e geneticamente modificadas.

4.2. Receita, Custo de Produção e Indicadores de Rentabilidade

Para a contabilização da receita bruta, multiplicou-se o preço de comercialização do produto, ou preço efetivamente recebido pelo produtor, pela sua produtividade, observadas as mesmas unidades. Quanto à produtividade, foram utilizados os valores coletados em painel pelo Cepea/CNA (2019), representando a média regional da safra em questão, condizentes com a condição das lavouras ao longo da safra.

Em termos de preços, para as culturas da soja e milho foram utilizados os valores médios mensais recebidos pelo produtor do Cepea (2019), para o período de janeiro de 2012 e agosto de 2019, para cada região específica. Para o trigo, utilizou-se preços médios mensais também do Cepea (2019) para todas regiões, exceto para Xanxerê/SC, cujos preços foram obtidos no Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CEPA/EPAGRI, 2019). Para o feijão, nas regiões do Paraná utilizou-se os preços médios mensais da série histórica da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB/DERAL, 2019), e do Cepa/Epagri (2019) para Santa Catarina. Para a cevada e aveia branca, obteve-se as médias mensais do Paraná proveniente da Conab (2019c), disponíveis com início em janeiro de 2014 para a cevada e em outubro de 2015 para a aveia branca.

A metodologia de custo de produção adotada nas planilhas de dados, para registro, cálculo e demonstração, é baseada em duas fontes: (i) na estrutura disposta em Alves, Barros e Osaki (2015) para a composição do custo operacional; e (ii) na estrutura desenvolvida pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, inicialmente desenvolvida por Matsunaga et al. (1976), abordada mais recentemente por Nachiluk e Oliveira (2012), para composição do custo total. A estrutura de custos, receita e margens é apresentada na Tabela 7.

Adota-se neste trabalho a nomenclatura de Custo Operacional Efetivo (COE), como descrito em Nachiluk e Oliveira (2012), similar ao custo operacional descrito em Alves, Barros e Osaki (2015). O COE, portanto, é composto pelos gastos desembolsados no ano agrícola, necessários para a operacionalização dos ativos, segregados nos seguintes itens de custos de produção: (i) fertilizantes+corretivos+foliar, (ii) sementes+tratamento, (iii) herbicida, (iv) inseticida, (v) fungicida, (vi) adjuvante, (vii) operações mecânicas, (viii) transporte da produção+comercialização e armazenamento+impostos, (ix) mão de obra, (x) custo geral+seguro+assistência técnica, (xi) financiamento de capital de giro.

Na contabilização do gasto unitário para cada item, o CEPEA; CNA (2019) multiplica o preço unitário pela quantidade de insumo utilizada, observadas as mesmas unidades de medida. O financiamento de capital de giro é importante no sentido de que há uma diferença de tempo entre os gastos incorridos e a obtenção da receita, sendo realizado ponderando-se a taxa de juros pelo prazo ou tempo para pagamento do montante utilizado, com base na proporção de cada fonte de recurso captado (bancos, cooperativas, revendas agrícolas, *traders*, barter e outras), a partir das informações coletadas em painel.

A composição do Custo Total (CT) é dada pela adição da depreciação de máquinas, equipamento, benfeitorias e utilitários e juros sobre capital investido, constituindo custos necessários para a manutenção da atividade no longo prazo. A depreciação é calculada com base no método linear. O CEPEA; CNA (2019) calcula o juro sobre o

capital investido utilizando a taxa para recompra do maquinário, com base na fonte de financiamento denominada Moderfrota, provida pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), cuja finalidade é financiar aquisições de máquinas e equipamentos relacionados à atividade agrícola.

Tabela 7. Estrutura de custos de produção, receita e margem.

Composição	Item	Classificação
(A)	Fertilizantes e Corretivos	<i>Input</i>
(B)	Sementes e Tratamento	<i>Input</i>
(C)	Herbicida	<i>Input</i>
(D)	Inseticidas	<i>Input</i>
(E)	Fungicidas	<i>Input</i>
(F)	Adjuvante	<i>Input</i>
(G)	Operações Mecânicas	<i>Input</i>
(H)	Transporte, Comercialização/Armazenamento e Impostos	<i>Input</i>
(I)	Mão de obra	<i>Input</i>
(J)	Custo Geral, Seguro e Assistência Técnica	<i>Input</i>
(K)	Financ. Capital de Giro	<i>Input</i>
(L)=SOMA(A;K)	Custo Operacional Efetivo (COE)	<i>Output</i>
(M)	Depreciação	<i>Input</i>
(N)	Juros Capital Investido	<i>Input</i>
(O)=SOMA(L;N)	Custo Total (CT)	<i>Output</i>
(P)	Preço Médio	<i>Input</i>
(Q)	Produtividade	<i>Input</i>
(R)=(P)*(Q)	Receita Bruta (RB)	<i>Output</i>
(S)=(R)-(L)	Margem Bruta (MB)	<i>Output</i>
(T)=(R)-(O)	Margem Líquida (ML)	<i>Output</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a composição do resultado operacional, subtraem-se os custos operacionais da receita bruta obtida pela comercialização do produto. Este resultado será nomeado como Margem Bruta (MARTIN et al., 1998). Já para a definição do resultado líquido (Margem Líquida), subtraem-se da Receita Bruta o Custo Total. A diferença entre o COE e o CT será denominado nesta obra de custo fixo, uma vez que neste item inclui-se a depreciação e o custo de remuneração do capital investido, ambos considerados independentes do nível de produção, caracterizados como fixos.

Neste trabalho, foram desconsiderados os custos de compra e/ou de oportunidade da terra. Optou-se por seguir os passos e estrutura já apresentados em Lima (2018).

4.3. Simulação Estocástica ou de Monte Carlo

Em virtude da deficiência de métodos para a seleção da melhor opção dentre possibilidades de investimento, Hertz (1964) desenvolveu o método de Monte Carlo capaz de abranger toda a variabilidade presente nas principais variáveis consideradas na análise, possibilitando identificar probabilidades de ocorrência de cada um dos possíveis

resultados. Segundo o autor, métodos anteriores consideravam para o cálculo variáveis com alto grau de incerteza, sem incorporar tal variabilidade no modelo.

Os passos para a realização do método são (HERTZ, 1964; NORONHA, 1987):

- (i) Selecionar as distribuições de probabilidades para cada variável de interesse;
- (ii) Selecionar aleatoriamente um valor para cada variável a partir das respectivas distribuições de probabilidades;
- (iii) Calcular o resultado, a partir dos valores aleatórios gerados na etapa anterior;
- (iv) Refazer os dois passos anteriores até obter o máximo de resultados possíveis de ocorrência.

Em posse de todos os resultados, têm-se a probabilidade ou chance de ocorrência de cada um deles.

A noção de se aumentar o número de dados ou observações por meio das simulações, possibilitando a quantificação da incerteza, é justamente o que confere valor ao método utilizado, permitindo identificar comportamentos e padrões de variáveis que são aparentes apenas em grandes grupos, e não individualmente (KNIGHT, 1964). Não obstante, o mesmo autor afirma que, conhecendo-se todos os possíveis resultados de uma decisão presente, bem como suas respectivas probabilidades de ocorrência, pode permitir uma tomada de decisão mais assertiva sobre o futuro. A geração de milhares de resultados possíveis de ocorrência a partir das simulações, associado à frequência com que ocorrem, com base em suas características, permite inferir sobre o futuro.

Utilizou-se o software @Risk, desenvolvido pela Palisade, complemento do Excel, para identificar as distribuições de probabilidades e aplicar o método de Monte Carlo. O critério Akaike (AIC) foi tomado como base estatística para a seleção das distribuições de probabilidades, para cada uma das 16 variáveis de interesse, as quais se referem a área agrícola cultivada, aos 13 itens de custos e ao preço e quantidade produzida.

Para cada variável considerada neste trabalho, as quais possuem valores observados de anos-safras anteriores, busca-se definir a distribuição mais adequada. O critério AIC utiliza a função de log-probabilidade para indicar quão bem o modelo se adequa às observações (KURATA; HAMADA, 2019), e se baseia no método de máxima verossimilhança, originado no método de discrepância de *Kullback-Leibler*, de forma a selecionar a distribuição com o menor valor para o AIC (KLAUER, 2001).

Para determinar a função de distribuição de probabilidade que melhor representa os dados originais de custos com fertilizantes+corretivos+foliar na soja, por exemplo, foram considerados os desembolsos com este item na região em análise para cada ano-safra, separado por tecnologia da semente (OGM e NOGM). Este procedimento foi empregado para cada item de custo, em cada cultura, na respectiva região

Somente no caso de desembolsos com cobertura verde, os valores foram agregados para a lavoura, sem desagregar por sementes e máquinas, por exemplo, devido aos baixos valores envolvidos. Com o descritivo de valor por ano-safra, definiu-se a função de distribuição de probabilidade. Optou-se, também, por definir uma função de distribuição para a área ocupada pela cultura ao longo do período analisado, de forma a permitir a correlação com os valores de custos.

Como já descrito em Lima (2018) e em Barros et al. (2019), para se definir as funções de distribuição, considerou-se:

$$df_{ic} = f(inp_{ics}) \quad (4)$$

em que:

df = função de distribuição;

inp = valor do custo de produção de um insumo, ou preço de venda ou produtividade;

i = item de custo de produção ou de análise;

c = cultura sob análise;

s = ano-safra.

Dois procedimentos adicionais foram realizados anteriormente às simulações. Um deles concerne ao truncamento das funções de distribuição a fim de evitar a ocorrência de valores negativos para todas as 16 variáveis de interesse. O outro procedimento se refere à inserção de uma matriz de correlações entre todas as funções de distribuição. A correlação evita que variáveis diretamente ou inversamente relacionadas na prática, resultem em movimentos diferentes durante a geração de valores aleatórios. O cálculo da correlação entre as variáveis foi realizado com base nos dados originais considerados na amostra.

A partir daí, realizaram-se 10.000 interações aleatórias de cada fator de risco (inputs) para formar o custo de produção e receita (outputs) de cada cultura em análise, representados por:

$$Alinp_{jic} = f(df_{ic}) \quad (5)$$

em que:

$Alinp$ = Distribuição de frequência relativa de cada "i";

j = cada valor simulado, de 1 a 10.000.

As rodadas de simulação "j" para cada item de custo (inputs) permitem que sua soma formem um novo custo ou nova receita, que são matematicamente escritos por:

$$OCR_{jc} = \sum_{j=1}^n Alinp_{jic} \quad n = [1; 10.000] \quad (6)$$

em que:

OCR_{jc} = Frequência cumulativa da distribuição do custo operacional, para a cultura sob análise.

Assim, os cinco *outputs* foram calculados derivadas das 10.000 simulações, conforme apresentado na Tabela 11: custo operacional efetivo, custo total, receita bruta, margem bruta e margem líquida. O *output* de interesse se refere à margem bruta, permitindo identificar as probabilidades de ocorrência de cada resultado, plotados em gráfico na forma de histogramas, gerando efetivamente o risco, representado pela quantidade de valores inferiores a zero.

4.4. Teoria do Portfólio e Fronteira Eficiente

A partir dos fundamentos de Markowitz (1952), no sentido de encontrar a composição de ativos que resulte na carteira de mínima variância, além de outras alternativas racionalmente adequadas dentro do contexto de risco e retorno, explora-se o efeito da diversificação de culturas em um ano-safra, inserido no conceito de sistemas produtivos. Considera-se como ativo o cultivo de culturas em um mesmo ano-safra, não necessariamente cultivadas em um mesmo espaço de tempo, isto é, no ano-safra inclui-se culturas de primeira e segunda safras.

No âmbito de se encontrar o sistema produtivo mais eficiente, a otimização se mostra adequada, e tem sido bastante utilizada na literatura. Com auxílio da ferramenta *Risk Optimizer* do software @Risk da Palisade, o modelo é desenhado, inserindo-se as restrições e as culturas disponíveis. Em seguida, são realizadas simulações contendo todas as variáveis inseridas no modelo, abrangendo grande parte das possibilidades de composição existentes, sendo que são selecionadas apenas aquelas que maximizem a Margem Bruta.

As simulações são incorporadas nesta ferramenta pois se lida com funções de distribuição, ou seja, tem-se para cada variável de risco várias possibilidades de valores que podem ocorrer, dentro dos limites da distribuição selecionada. Assim, consegue-se incorporar a complexidade do mundo real, não se restringindo em um único valor estático.

O modelo é constituído pelas funções de distribuição para cada cultura disponível em determinada fazenda típica, abrangendo seu Custo Operacional Efetivo (COE), a Receita Bruta (RB) e a Margem Bruta (MB). Assim, lida-se com aqueles custos que são efetivamente desembolsados pelo produtor, ou seja, necessários para a operacionalização do patrimônio. Com isso, a soma dos produtos das margens brutas individuais com as respectivas áreas de cultivo de cada cultura, resulta na margem bruta total da propriedade como um todo, que será considerada como alvo na otimização, buscando maximizá-la, apresentada na equação 7.

$$Max MB = \sum_{j=1}^n (RB_{jc} - COE_{jc}) \times A_{jc} \quad (7)$$

Onde:

A = área em hectares da cultura em análise.

Não obstante, optou-se por não restringir os recursos financeiros, ou seja, não se consideram risco de crédito. Para isso, calculou-se o máximo necessário de recursos supondo-se o cultivo máximo permitido daquela cultura com o maior custo operacional efetivo para cada safra (equação 8), considerando-se que o produtor é capaz de obter os recursos para arcar com todo esse desembolso financeiro, independente da fonte disponível.

$$Sujeito \text{ à } \sum_{j=1}^n (COE_{jc} \times A_{jc}) \leq (\text{maior } COE_{c_1} \times \max A_{c_1}) + (\text{maior } COE_{c_2} \times \max A_{c_2}) \quad (8)$$

Onde:

c_1 = cultura cultivada na primeira safra;

c_2 = cultura cultivada na segunda safra.

As restrições adicionadas se referem à área a ser cultivada em cada safra, de forma que as áreas de primeira e segunda safras devem ser totalmente cultivadas, observadas as áreas máximas permitidas com base na safra 2018/19 da propriedade típica regional, sem possibilidade de pousio ou área descoberta. Por outras palavras, a soma das áreas das culturas de primeira safra deve ser igual a área total de cultivo da propriedade típica daquela região, sendo o mesmo raciocínio para a segunda safra (equação 9). Dar-se-á ao processo de maximização a possibilidade de cultivo de cobertura verde, a qual não detém receita – produtores a adotam com o objetivo de evitar perdas agronômicas ao solo, evitar erosões do solo, evitar o desenvolvimento de plantas daninhas, entre outros aspectos. Na primeira safra, se verifica em todas as regiões cultivo de 100% da área com culturas comerciais.

$$\begin{aligned} \text{Sujeito à } \sum_{j=1}^n A_{jc} \text{ primeira safra} &\leq \text{área agrícola disponível} \\ \text{Sujeito à } \sum_{j=1}^n A_{jc} \text{ segunda safra} &\leq \text{área agrícola disponível} \end{aligned} \quad (9)$$

Em específico para o feijão, tanto de primeira quanto de segunda safras, os dados históricos apontaram que a área dedicada à cultura oscilou ao longo dos anos (será detalhado mais à frente), indicando o cultivo de oportunidade, em momentos de preços atrativos. Assim, optou-se por restringir o máximo de área permitido para esta cultura nas regiões que a cultivam, considerando a proporção de cultivo de feijão em todos os anos analisados no período sob análise, separando por primeira ou segunda safra:

$$\text{Se } c = \text{feijão, então, } \text{Sujeito à } \sum_{j=1}^n A_{j\text{feijão}} \leq \frac{\sum_{2012/13}^{2018/19} A_{\text{feijão}}}{\sum_{2012/13}^{2018/19} A_{\text{área agrícola}}} \quad (10)$$

Para maximizar a ML, será apenas descontado o custo fixo dos resultados da otimização realizadas para a MB, assim:

$$\text{Max ML} = \text{Max MB} - \text{CUSTO FIXO}_{\text{região}} \quad (11)$$

No contexto de fronteira de eficiência, o modelo busca maximizar a receita líquida com 20 tentativas para avaliar as restrições e 100 conjuntos de uso de áreas, gerando um total de 2.000 combinações de culturas. Para cada avaliação de restrição e conjunto de área, sistema efetua 1.000 interações, sendo disponibilizado o sistema que resultou na maior margem bruta total.

A fronteira eficiente é obtida com os 100 sistemas produtivos otimizados e representará o ponto ótimo de retorno para um dado nível de risco. Neste trabalho adota-se o coeficiente de variação de cada otimização como parâmetro de risco. Já o retorno será dado pela divisão da ML pelo custo total.

Na sequência, plota-se no eixo horizontal do gráfico o coeficiente de variação, representando o risco dos sistemas, e no eixo vertical a taxa de retorno, representando quanto do capital investido foi retornado em lucro. Neste mesmo gráfico, adicionam-se as áreas das culturas selecionadas nos sistemas, de forma a identificar a formação da fronteira eficiente e sua relação com o risco e retorno.

Outro gráfico adicionado aos resultados se refere à margem líquida total, de forma a demonstrar a quantia monetária restante ao produtor, após pagos os custos operacionais e de oportunidades. Plota-se também neste gráfico o risco e retorno em eixo secundário, a fim de destacar seus movimentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção será subdividida em quatro subseções. A primeira caracteriza e descreve os sistemas produtivos cultivados em cada região de estudo, ao longo das safras analisadas, conforme os dados originais obtidos em CEPEA; CNA (2019), os quais serão utilizados nas simulações posteriores, definindo as culturas de cada região, a área total disponível por cada propriedade típica, o custo operacional efetivo e custo fixo das propriedades. Na segunda subseção, apresentam-se as distribuições de probabilidade para cada variável de interesse por cultura nas regiões analisadas. Na terceira subseção, apresentam-se os resultados das simulações de Monte Carlo e discute-se o risco de margens brutas negativas para cada cultura individual, permitindo análises comparativas de risco por cultura entre regiões. Na quarta e última parte, aborda-se a relação risco e retorno de portfólios de culturas através da fronteira eficiente, obtida a partir do processo de otimização, no âmbito de definir os sistemas produtivos que maximizem a margem líquida da propriedade como um todo, para cada região.

5.1. Caracterizações das Propriedades Típicas Regionais no Sul do Brasil

5.1.1. Identificação dos Principais Sistemas Produtivos

Conforme informações obtidas em CEPEA; CNA (2019), os dados envolvem os cultivos para um ano agrícola em cada propriedade modal, englobando a primeira safra e a segunda safra, quando presente. O tratamento da propriedade como um todo incorpora, por um lado, as sinergias e vantagens complementares, de maneira a obter resultados superiores à simples soma de resultados individuais por cultura.

Na Tabela 8 são apresentados os usos das áreas nas propriedades típicas de quatro regiões do Paraná, em anos selecionados, enquanto na Tabela 9 constam informações para duas regiões de Santa Catarina e, na Tabela 10, de duas regiões do Rio Grande do Sul. A soja cultivada com semente geneticamente modificada (OGM) inclui as tecnologias com tolerância ao herbicida glifosato e a tolerante ao herbicida glifosato mais resistência a insetos (*Bacillus thuringiensis* – Bt), especialmente lagartas. Para o milho OGM, inclui-se sementes que irão germinar plantas com a tolerância ao herbicida glifosato, adotado majoritariamente nas áreas de refúgio na safra 2018/19 em detrimento do convencional, e o milho Bt (ordem Lepidoptera), usualmente contendo de forma agregada a tolerância a herbicidas. Para as demais culturas, a tecnologia adotada se refere a sementes convencionais, isto é, não geneticamente modificada (NOGM). A seguir são feitas considerações sobre algumas alterações significativas que influenciaram na composição da propriedade ao longo do tempo.

As informações obtidas, com foco em culturas temporárias, apontam que no Estado do Paraná a primeira safra é composta predominantemente por soja e milho para as quatro regiões delimitadas (Londrina/PR, Cascavel/PR, Castro/PR e Guarapuava/PR). Ao se considerar o cultivo para fins comerciais, a segunda safra do Paraná é composta principalmente por milho e trigo, com menor representatividade para a cevada e o feijão.

As regiões de Londrina/PR e Cascavel/PR, ambas situadas no Centro-Norte Ocidental do Paraná, apresentam tendência de aumento do milho segunda safra – principalmente geneticamente modificado – em detrimento do trigo. Em contraste, no Centro-Sul Oriental do Paraná, as regiões de Castro/PR e Guarapuava/PR não semeiam o milho segunda safra, apresentando predominância do trigo, com inclusão pouco representativa de feijão e cevada. Este fato é comprovado por Franchini et al. (2012), explicado pelo zoneamento climático das culturas, considerando temperatura, disponibilidade hídrica, dentre outros fatores edafoclimáticos, em que nas regiões oeste e

norte o cultivo de soja ocorre logo após o término do vazio sanitário (em geral, 15 de setembro), enquanto na metade sul do Estado o cultivo ocorre posteriormente. Além disso, mais ao sul do Estado o clima é mais ameno, com maiores possibilidades de geadas, aumentando o risco de cultivo de milho segunda safra.

Em se tratando da região de Londrina/PR, nota-se ausência do cultivo de milho na primeira safra, sendo destinada integralmente para o cultivo de soja. Para a segunda safra, há cultivo de milho em 80% da área, sendo o restante destinado ao pousio ou cobertura verde. O mesmo é verificado para Cascavel/PR, mas o trigo tem sido cultivado nos 20% restantes da área de segunda safra desde 2016/17.

Quando se considera o cultivo da segunda safra objetivando a melhoria agrônômica do sistema como um todo, verifica-se porcentagem expressiva do cultivo de aveia preta, resultando em ausência de áreas de pousio – exceto em Londrina/PR, cuja proporção foi inferior a 20% da área de segunda safra.

Para a região de Castro/PR, há duas particularidades não presentes nas outras três regiões. A primeira delas é concernente ao semeio de feijão primeira safra, que representou, nos últimos anos, cerca de 20% da área total da propriedade típica – exceto na safra 2018/19, cuja redução da área de feijão levou ao consequente aumento da área de soja, cultivada em expressivos 85% da área de primeira safra. A segunda se refere à expressividade de cultivares de soja e milho não geneticamente modificadas, isto é, convencionais, e que garante um adicional de prêmio sobre o valor de comercialização, contribuindo para maiores rentabilidades – especialmente sobre a soja. O milho de primeira safra tem sido cultivado em apenas 10% da área nas safras analisadas, sendo que apenas 1% ou 2% é referente ao NOGM.

Na região de Guarapuava/PR, a propriedade típica cultivou 330 hectares em todos os anos analisados. Na primeira safra, entre 70% e 90% da área foi cultivada com soja, sendo o restante dedicado praticamente ao milho de primeira safra – somente na temporada 2016/17 houve uma pequena parcela de área dedicada ao feijão. Na segunda safra, ao redor de dois terços da área disponível foi utilizada com cobertura verde, ou seja, apenas uma parcela da área foi cultivada com culturas comerciais, especialmente trigo. Esta área de trigo foi sendo reduzida ao longo dos anos-safras, sendo que em anos recentes o cultivo de feijão ganhou um pouco mais de espaço, devido à sua atratividade em termos de rentabilidade.

Observando o tamanho das propriedades típicas do Paraná, nota-se uma tendência de aumento para a região de Londrina/PR nos últimos três anos em relação aos anteriores, refletindo o início da prática de arrendamento, de forma que houve uma adição de 48 ha de área arrendada, aos 97 ha de área própria. As regiões de Cascavel/PR, Castro/PR e Guarapuava/PR tem mantido a área total cultivável.

Tabela 8. Sistemas produtivos das propriedades típicas do estado do Paraná, entre os anos agrícolas de 2012/13 e 2018/19.

Ano-safra	Área de 1ª Safr (ha) ¹	Área de 2ª Safr (ha) Comercial	Primeira Safr ²					Segunda Safr Comercial ²					Segunda Safr Cobert. Verde ou Pousio	
			Soja	Soja	Milho	Milho	Feijão ³	Milho	Milho	Feijão ³	Trigo	Cevada	Aveia	Pousio
			NOGM	OGM	NOGM	OGM		NOGM	OGM				Preta	
Região: Londrina														
2012/13	97	97	-	100%	-	-	-	4%	72%	-	24%	-	-	-
2013/14	97	87	-	100%	-	-	-	6%	54%	-	30%	-	-	10%
2014/15	97	82	-	100%	-	-	-	-	70%	-	15%	-	-	15%
2015/16	97	97	-	100%	-	-	-	20%	80%	-	-	-	-	-
2016/17	145	145	-	100%	-	-	-	-	100%	-	-	-	-	-
2017/18	145	116	-	100%	-	-	-	8%	72%	-	-	-	20%	-
2018/19	145	116	-	100%	-	-	-	-	80%	-	-	-	-	20%
Região: Cascavel														
2012/13	65	51	-	85%	-	15%	-	-	68%	-	10%	-	22%	-
2013/14	65	64	-	95%	-	5%	-	8%	80%	-	10%	-	2%	-
2014/15	65	59	-	100%	-	-	-	-	70%	-	20%	-	10%	-
2015/16	65	52	-	100%	-	-	-	-	72%	-	8%	-	20%	-
2016/17	65	65	-	100%	-	-	-	-	60%	-	40%	-	-	-
2017/18	65	65	-	100%	-	-	-	-	80%	-	20%	-	-	-
2018/19	65	65	-	100%	-	-	-	4%	81%	-	15%	-	-	-

(continua)

(continuação)														
Ano-safra	Área de 1ª Safra (ha) ¹	Área de 2ª Safra (ha) Comercial	Primeira Safra ²					Segunda Safra Comercial ²					Segunda Safra Cobert. Verde ou Pousio	
			Soja	Soja	Milho	Milho	Feijão ³	Milho	Milho	Feijão ³	Trigo	Cevada	Aveia	Pousio
			NOGM	OGM	NOGM	OGM		NOGM	OGM				Preta	
Região: Guarapuava														
2012/13	330	116	-	75%	-	25%	-	-	-	-	25%	10%	65%	-
2013/14	330	116	-	75%	3%	23%	-	-	-	-	25%	10%	65%	-
2014/15	330	116	-	75%	1%	24%	-	-	-	-	25%	10%	65%	-
2015/16	330	99	-	90%	1%	9%	-	-	-	-	25%	5%	70%	-
2016/17	330	102	-	65%	3%	27%	5%	-	-	6%	20%	5%	69%	-
2017/18	330	92	-	85%	2%	14%	-	-	-	3%	20%	5%	72%	-
2018/19	330	132	-	70%	9%	21%	-	-	-	30%	3%	7%	60%	-
Região: Castro														
2012/13	500	185	2%	62%	2%	20%	14%	-	-	7%	30%	-	63%	-
2013/14	460	190	14%	55%	3%	17%	12%	-	-	9%	33%	-	59%	-
2014/15	500	150	23%	42%	2%	13%	20%	-	-	5%	25%	-	70%	-
2015/16	482	145	25%	44%	2%	8%	21%	-	-	4%	26%	-	70%	-
2016/17	500	275	21%	49%	2%	8%	20%	-	-	10%	35%	10%	45%	-
2017/18	500	200	21%	49%	2%	8%	20%	-	-	10%	30%	-	60%	-
2018/19	500	120	14%	71%	1%	9%	5%	-	-	4%	20%	-	76%	-

Fonte: CEPEA; CNA (2019).

Notas: ¹ Área de primeira safra ou total é composta pela área cultivável da propriedade – incluindo terra própria e arrendada, não incorporando reserva legal ou outras áreas de mata. ² Porcentagens em relação a área total. ³ Feijão preto e carioca. Células compostas pelas reticências (...) representam ausência de dados, e pelo hífen (-) representam o número zero. OGM: organismo geneticamente modificado. NOGM: organismo não geneticamente modificado, ou convencional.

As propriedades típicas do estado de Santa Catarina também tiveram estabilidade de área total cultivada ao longo dos anos. Em Campos Novos/SC, na primeira safra prevalece o cultivo de soja de 75% a 80% da área de primeira safra, e de 11% a 20% de milho, sendo o restante destinado ao feijão. A área de feijão oscilou a cada ano, movimentação relacionada à rentabilidade dada pelo nível de preços. Na segunda safra nesta região, chama atenção o percentual expressivo de área com cobertura verde, ou seja, com culturas não comerciais, em detrimento da redução da área com cultivo de trigo. A aveia branca tem sido adotada em pequena proporção a partir da safra 2017/18. Aqui, há indícios mais claros de baixa rentabilidade e altos riscos da segunda safra, que serão analisados posteriormente.

Na região de Xanxerê/SC, cultiva-se na primeira safra predominantemente soja (85% da área de primeira safra), e milho (15%), sendo cultivado feijão apenas nas safras 2015/16 e 2016/17. Em relação à segunda safra, há uma redução no cultivo do trigo nos últimos anos, indicando baixa atratividade econômica da cultura, como se buscará inferir nas análises posteriores. Como consequência, a área de feijão de inverno (cultivado em segunda safra) tem aumentado nas duas últimas safras, como alternativa ao trigo. A aveia branca foi cultivada na safra 2017/18 visando o mercado de rações, portanto, não houve aplicações de defensivos agrícolas ou fertilizantes, constituindo uma alternativa à aveia preta, além de constituir fonte complementar de receita. Observa-se redução expressiva desta cultura na safra 2018/19, necessitando de um acompanhamento nas safras posteriores a fim de identificar sua viabilidade como cultura alternativa.

Por fim, cita-se o uso do solo em propriedades típicas do estado do Rio Grande do Sul. Na região de Carazinho/RS houve um aumento do tamanho da propriedade típica regional por parte dos agentes participantes no painel, que também contribuiu para ajustes nos investimentos em máquinas, equipamentos e benfeitorias. Nesta região, na primeira safra prevaleceu o cultivo de soja, com pouco uso do solo com milho – inferior a 10% da área de primeira safra. Já na segunda safra, há cultivo comercial de trigo em apenas parte da área disponível, que ao longo dos anos está sendo preterida por áreas de cobertura verde. Neste caso, também deve estar relacionado os aspectos de riscos de produção (quebras produtivas) e de preços, que resulta em baixa atratividade econômica.

Na região de Tupanciretã/RS, apenas soja é cultivada na primeira safra. Para a segunda safra, há uso de apenas cerca de 10% com culturas comerciais, em que também se observa o preterimento do trigo e aumento do cultivo de aveia branca como cultura alternativa. No geral, portanto, se observa que nas regiões dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul prevalece o cultivo de soja na primeira safra, enquanto na segunda safra o solo acaba sendo dedicado em maior parte por lavouras de cobertura verde, ou seja, os produtores parecem não encontrar atratividade no cultivo de lavouras com finalidades comerciais especialmente no período chamado de inverno.

Tabela 9. Sistemas produtivos das propriedades típicas do estado de Santa Catarina, entre os anos agrícolas de 2013/14 e 2018/19.

Ano-safra	Área de 1ª Safra (ha) ¹	Área de 2ª Safra (ha) Comercial	Primeira Safra ²					Segunda Safra Comercial ²			Segunda Safra Cobert. Verde
			Soja NOGM	Soja OGM	Milho NOGM	Milho OGM	Feijão ³	Feijão ³	Trigo	Aveia Branca	Aveia Preta
Região: Campos Novos											
2013/14	300	40	-	70%	2%	15%	13%	-	13%	-	87%
2014/15	300	60	-	70%	2%	18%	10%	-	20%	-	80%
2015/16	300	45	-	70%	1%	14%	15%	-	15%	-	85%
2016/17	300	30	-	80%	1%	11%	8%	-	10%	-	90%
2017/18	300	51	-	80%	1%	10%	10%	-	7%	10%	83%
2018/19	320	30	-	75%	7%	13%	5%	-	5%	5%	91%
Região: Xanxerê											
2013/14	150	63	-	70%	-	30%	-	-	42%	-	58%
2014/15	150	63	-	87%	1%	12%	-	7%	35%	-	58%
2015/16	150	45	-	67%	4%	16%	13%	-	30%	-	70%
2016/17	154	45	-	76%	-	20%	5%	-	29%	-	71%
2017/18	150	139	-	85%	-	15%	-	8%	20%	65%	7%
2018/19	150	105	-	85%	-	15%	-	20%	15%	35%	30%

Fonte: CEPEA; CNA (2019).

Notas: ¹ Área de primeira safra ou total é composta pela área cultivável da propriedade – incluindo terra própria e arrendada, não incorporando reserva legal ou outras áreas de mata. ² Porcentagens em relação a área total. ³ Feijão preto e carioca. Células compostas pelas reticências (...) representam ausência de dados, e pelo hífen (-) representam o número zero. OGM: organismo geneticamente modificado. NOGM: organismo não geneticamente modificado, ou convencional.

Tabela 10. Sistemas produtivos das propriedades típicas do estado do Rio Grande do Sul, entre os anos agrícolas de 2012/13 e 2018/19.

Ano-safra	Área de 1ª Safra (ha) ¹	Área de 2ª Safra (ha) Comercial	Primeira Safra ²			Segunda Safra Comercial ²			Segunda Safra Cobert. Verde
			Soja OGM	Milho NOGM	Milho OGM	Trigo	Canola	Aveia Branca	Aveia Preta
Região: Carazinho									
2012/13	170	68	94%	-	6%	40%	-	-	60%
2013/14	170	40	90%	-	10%	24%	-	-	76%
2014/15	170	41	90%	-	10%	24%	-	-	76%
2015/16	250	50	95%	0,5%	5%	20%	-	-	80%
2016/17	250	25	90%	1%	9%	10%	-	-	90%
2017/18	250	20	94%	1%	5%	8%	-	-	92%
2018/19	250	25	92%	1%	7%	10%	-	-	90%
Região: Tupanciretã									
2012/13	500	80	100%	-	-	16%	-	-	84%
2013/14	500	120	100%	-	-	24%	-	-	76%
2014/15	500	150	100%	-	-	25%	5%	-	70%
2015/16	500	65	100%	-	-	13%	-	-	87%
2016/17	500	50	100%	-	-	8%	-	2%	90%
2017/18	500	60	100%	-	-	8%	-	4%	88%
2018/19	500	50	100%	-	-	6%	-	4%	90%

Fonte: CEPEA; CNA (2019).

Notas: ¹ Área de primeira safra ou total é composta pela área cultivável da propriedade – incluindo terra própria e arrendada, não incorporando reserva legal ou outras áreas de mata.

² Porcentagens em relação a área total. Células compostas pelas reticências (...) representam ausência de dados, e pelo hífen (-) representam o número zero. OGM: organismo geneticamente modificado. NOGM: organismo não geneticamente modificado, ou convencional.

5.1.2. Custo Operacional Efetivo e Custo Fixo das Propriedades Típicas

Uma vez definida a estrutura produtiva da propriedade, isto é, do módulo padrão em termos de área a ser cultivada, tem-se conjuntamente a estrutura de ativos imobilizados para sua operacionalização, o qual é dimensionado em função do tamanho da propriedade. Assim, apresenta-se na Tabela 11 o custo fixo das propriedades típicas, composto pela depreciação e juros sobre capital investido, ponderado em função da área cultivada de cada cultura, uma vez que este custo é rateado com base na sua contribuição de receita em relação à propriedade como um todo.

Ao se dividir o custo fixo total da propriedade, pela área total disponível para cultivo, nota-se que a região de Cascavel/PR detém expressivo peso deste item, demandando um valor de R\$ 1.496,22/ha, seguido pela região de Castro/PR com R\$ 1.134,79/ha. Isto ocorre em função da quantidade relativamente elevada de máquinas e implementos em Cascavel, retratando um cenário de superdimensionamento do maquinário diante de áreas menores, de forma que cada hectare cultivado deva arcar com uma fatia maior do custo fixo, uma vez que não se considera a possibilidade de trabalhos terceirizados para além das próprias áreas cultivadas. Em contraste, as regiões de Londrina/PR, Campos Novos/SC, Carazinho/RS e Tupanciretã/RS apresentam valores relativamente baixos de custo fixo por unidade de área, situando-se por volta de R\$ 660,00/ha.

Ainda na Tabela 11, apresenta-se também o recurso financeiro que permite arcar com o custo operacional efetivo considerando o cultivo em área total das culturas com maior COE. Como descrito na metodologia, envolve a possibilidade de uso do solo em primeira e segunda safras.

Tabela 11. Custo fixo das propriedades típicas regionais e recurso financeiro disponibilizado.

Região/Estado	Custo Fixo		Recurso Financeiro	
Londrina/PR	R\$	95.090,00	R\$	800.000,00
Cascavel/PR	R\$	97.254,44	R\$	370.000,00
Castro/PR	R\$	567.394,64	R\$	4.500.000,00
Guarapuava/PR	R\$	297.086,16	R\$	2.800.000,00
Campos Novos/SC	R\$	200.357,03	R\$	2.500.000,00
Xanxerê/SC	R\$	132.524,82	R\$	1.200.000,00
Carazinho/RS	R\$	159.681,07	R\$	1.600.000,00
Tupanciretã/RS	R\$	338.934,99	R\$	2.500.000,00

Fonte: CEPEA; CNA (2019).

5.2. Identificação das Distribuições de Probabilidades das Variáveis de Risco

Conforme descrito no item 4.2, o custo operacional é formado pela soma dos seguintes itens: (i) fertilizantes+corretivos+foliar, (ii) sementes+tratamento, (iii) herbicida, (iv) inseticida, (v) fungicida, (vi) adjuvante, (vii) operações mecânicas, (viii) transporte da produção+comercialização e armazenamento+impostos, (ix) mão de obra, (x) custo geral+seguro+assistência técnica, (xi) financiamento de capital de giro. Para cada um desses itens, foi determinada uma distribuição de probabilidade e seus respectivos parâmetros, de forma que representasse as características dos valores observados nos anos-safra considerados neste trabalho. O custo operacional é determinado como *output*, ou seja, é a soma dos parâmetros estimados para cada item de custo. Para formar a receita bruta, foram

determinadas funções distribuição de probabilidade para preços e produtividades, sendo o produto de ambos o *output* da receita. A matriz de correlação para cada cultura e região são disponibilizadas nos Anexos A ao DD.

Conforme descrito na metodologia, o custo da cobertura verde foi considerado como valor único em cada ano-safra, por região, sem detalhamento de sua composição. Na análise da função de distribuição de probabilidade, os critérios adotados (localização: μ ; variância: β) apontaram que a distribuição Valor Extremo é a que melhor se enquadra nos valores observados nas regiões de Cascavel/PR ($\mu=128,096$ e $\beta=13,528$), assim como em Castro/PR ($\mu=144,698$ e $\beta=24,697$), Guarapuava/PR ($\mu=154,298$ e $\beta=35,041$), Carazinho/RS ($\mu=126,134$ e $\beta=13,317$) e Tupanciretã/RS ($\mu=125,798$ e $\beta=15,995$). A distribuição Valor Extremo Mínimo foi adequada para Campos Novos/SC ($\mu=160,7163$ e $\beta=19,6436$) e Xanxerê/SC ($\mu=160,378$ e $\beta=24,1396$). Para Londrina/PR, não se tem pousio ou cultura de cobertura em nenhum dos anos analisados.

Para a cultura da soja, as funções de distribuição para cada item de custo operacional e da receita bruta, e seus respectivos coeficientes, são apresentados na Tabela 12, detalhado por cultura e região. Observando os custos de produção da soja, o item fertilizante+corretivo+foliar detém o maior peso, seguido pelos fungicidas. Contudo, o gasto com fungicida no Oeste e Norte do Paraná (Cascavel e Londrina) tem sido bastante inferior aos observados para outras regiões, explicado pela predominância de ciclos mais encurtados da soja, a fim de possibilitar o semeio do milho em segunda safra, além de a região apresentar padrão climático mais seco.

Em Cascavel/PR, tem-se gasto significativo com mão-de-obra, explicado pela capacidade ociosa que deve ser remunerada e rateada pelas culturas cultivadas. Neste caso, mesmo quando o proprietário é o operador de máquina, considera-se a remuneração com base no custo de um operador de máquina compatível com o mercado.

O custo do armazenamento em Castro/PR se mostrou expressivo, no qual é incluso também o beneficiamento, sendo a única região em que se observa este componente para a soja. Adicionalmente, o custo com o transporte externo da produção também é o maior entre as regiões.

Observando os itens que compõem a receita bruta (RB), percebe-se que em Carazinho/RS e Castro/PR, as produtividades médias da soja são maiores que nas demais regiões. Por outro lado, as médias da produtividade da soja para o Oeste e Norte do Paraná (Cascavel e Londrina) são relativamente inferiores, fato explicado parcialmente pelo semeio de cultivares de ciclo mais precoce, com o intuito de possibilitar o semeio do milho em segunda safra, reduzindo assim o potencial produtivo e de recuperação das lavouras frente a eventuais anormalidades climáticas, retornando coeficientes de variação maiores.

Já em relação ao preço médio de comercialização, chama atenção o fato de ocorrer similaridade entre as regiões, com maior valor para Castro/PR e Campos Novos/SC. Contudo, pequenas alterações podem gerar grandes diferenças em função do volume transacionado.

Tabela 12. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura da soja, em cada região analisada.

Região/Estado	Cascavel/PR					Londrina/PR					Castro/PR				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Normal	μ	36,833	σ	20,71	Normal	μ	68,567	σ	38,49	Valor Extremo	μ	90,749	β	60,257
Fertilizantes e Corretivos	Normal	μ	455,664	σ	43,957	Valor Extremo Mínimo	μ	480,163	β	44,203	Normal	μ	559,421	σ	50,098
Sementes e Tratamento	Valor Extremo	μ	302,18	β	103,34	Normal	μ	332,04	σ	138,97	Valor Extremo	μ	299,649	β	92,292
Herbicida	Normal	μ	159,806	σ	38,081	Valor Extremo Mínimo	μ	182,4475	β	22,0159	Valor Extremo	μ	160,328	β	69,135
Inseticidas	Normal	μ	142,896	σ	38,133	Valor Extremo	μ	116,771	β	47,213	Normal	μ	207,149	σ	98,246
Fungicidas	Normal	μ	250,869	σ	76,053	Normal	μ	187,948	σ	97,117	Normal	μ	408,91	σ	117,82
Adjuvante	Normal	μ	35,672	σ	18,564	Normal	μ	25,632	σ	13,957	Normal	μ	21,598	σ	5,2529
Operações Mecânicas	Normal	μ	274,127	σ	46,842	Normal	μ	398,868	σ	60,253	Normal	μ	352,167	σ	35,098
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo Mínimo	μ	184,9992	β	23,2042	Valor Extremo Mínimo	μ	174,5045	β	33,2637	Valor Extremo Mínimo	μ	463,8584	β	64,8279
Mão de obra	Valor Extremo	μ	347,825	β	52,641	Valor Extremo	μ	164,864	β	19,406	Valor Extremo Mínimo	μ	243,6963	β	25,2755
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Normal	μ	238,873	σ	33,809	Valor Extremo Mínimo	μ	193,1427	β	35,7883	Valor Extremo	μ	215,266	β	46,594
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo Mínimo	μ	180,1279	β	43,8139	Normal	μ	155,6	σ	58,619	Valor Extremo	μ	107,456	β	16,576
Custo Operac. Efet.	output					output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	74,0354	β	7,0719	Valor Extremo	μ	74,0687	β	7,1324	Valor Extremo	μ	76,2791	β	6,6168
Produtividade	Normal	μ	55,5496	σ	6,1555	Valor Extremo Mínimo	μ	54,1776	β	4,256	Normal	μ	64,1377	σ	3,5164
Receita Bruta	output					output					output				
Margem Bruta	output					output					output				

(continua)

(continuação)

Região/Estado	Guarapuava/PR					Campos Novos/SC					Xanxerê/SC				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Normal	μ	176,56	σ	87,48	Normal	μ	122,727	σ	46,879	Normal	μ	21,25	σ	13,443
Fertilizantes e Corretivos	Normal	μ	569,913	σ	92,973	Normal	μ	546,414	σ	28,244	Normal	μ	1422,39	σ	116,62
Sementes e Tratamento	Normal	μ	310,099	σ	93,244	Normal	μ	363,77	σ	130,47	Normal	μ	918,85	σ	127,22
Herbicida	Normal	μ	114,129	σ	17,145	Normal	μ	152,874	σ	33,764	Valor Extremo	μ	179,025	β	11,125
Inseticidas	Valor Extremo	μ	115,489	β	81,515	Normal	μ	166,059	σ	50,223	Normal	μ	104,673	σ	37,005
Fungicidas	Normal	μ	406,49	σ	164,69	Normal	μ	387,93	σ	153,75	Valor Extremo	μ	29,318	β	25,236
Adjuvante	Normal	μ	36,088	σ	15,462	Normal	μ	22,003	σ	11,111	Valor Extremo	μ	11,0719	β	3,2561
Operações Mecânicas	Normal	μ	388,812	σ	68,551	Valor Extremo	μ	260,746	β	30,928	Normal	μ	408,931	σ	48,284
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo	μ	189,604	β	16,754	Normal	μ	179,005	σ	26,398	Valor Extremo Mínimo	μ	478,3415	β	41,3635
Mão de obra	Valor Extremo Mínimo	μ	239,9232	β	28,5007	Valor Extremo	μ	120,107	β	17,713	Valor Extremo	μ	172,938	β	26,033
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo	μ	213,387	β	15,014	Valor Extremo	μ	197,431	β	31,682	Valor Extremo	μ	233,477	β	37,147
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo Mínimo	μ	230,6791	β	40,6876	Normal	μ	198,872	σ	72,676	Valor Extremo Mínimo	μ	382,0819	β	76,7826
Custo Operac. Efet.	output					output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	75,0653	β	7,0669	Valor Extremo	μ	75,6581	β	7,1032	Valor Extremo	μ	74,8223	β	4,4801
Produtividade	Valor Extremo	μ	61,2817	β	3,4965	Normal	μ	63,6364	σ	4,7333	Valor Extremo	μ	62,3857	β	8,0779
Receita Bruta	output					output					output				
Margem Bruta	output					output					output				

(continua)

(continuação)

Região/Estado	Carazinho/RS					Tupanciretã/RS				
Variáveis	Distribuição Estatística	Parâmetros				Distribuição Estatística	Parâmetros			
Área da Cultura	Valor Extremo Mínimo	μ	135,2299	β	30,8897	Normal	μ	318,18	σ	150,45
Fertilizantes e Corretivos	Normal	μ	651,68	σ	110,7	Valor Extremo	μ	463,256	β	65,479
Sementes e Tratamento	Normal	μ	297,9	σ	128,61	Valor Extremo	μ	206,254	β	81,319
Herbicida	Normal	μ	200,784	σ	49,858	Valor Extremo	μ	147,78	β	33,743
Inseticidas	Normal	μ	168,519	σ	45,655	Normal	μ	174,206	σ	74,934
Fungicidas	Valor Extremo Mínimo	μ	423,757	β	68,0905	Valor Extremo Mínimo	μ	498,8089	β	97,4483
Adjuvante	Normal	μ	47,508	σ	21,082	Normal	μ	31,967	σ	11,89
Operações Mecânicas	Normal	μ	270,748	σ	58,457	Normal	μ	237,369	σ	21,144
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo Mínimo	μ	210,8797	β	32,4977	Normal	μ	160,468	σ	23,215
Mão de obra	Valor Extremo	μ	175,486	β	16,444	Normal	μ	189,432	σ	27,722
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo Mínimo	μ	259,0896	β	25,7826	Normal	μ	222,541	σ	86,37
Financ. Capital de Giro	Normal	μ	284,385	σ	67,489	Valor Extremo Mínimo	μ	269,7844	β	40,1455
Custo Operac. Efet.	output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	74,6727	β	7,3202	Valor Extremo	μ	73,6	β	7,4951
Produtividade	Valor Extremo Mínimo	μ	66,0805	β	4,7928	Normal	μ	52,9091	σ	4,0855
Receita Bruta	output					output				
Margem Bruta	output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

Já com relação ao milho primeira safra (Tabela 13), os gastos com fertilizante+corretivo+foliar representam aproximadamente 30% do COE, seguido pelas sementes+tratamento. Em contraste com a soja, o gasto com produtos fitossanitários é notadamente menor, principalmente de inseticida e fungicida, em detrimento na menor quantidade de aplicações fitossanitárias necessárias. Entretanto, o custo com armazenamento e beneficiamento tem sido expressivo em Castro/PR e Guarapuava/PR, sendo observado nesta última região gastos relativos com fungicidas, operações mecânicas (principalmente a colheita), mão-de-obra, financiamento do capital de giro e depreciação.

Observou-se em Cascavel/PR o cultivo de milho primeira safra apenas nas safras 2012/13 e 2013/14, retornando um custo comparativamente baixo. Contudo, este dado está relacionado aos custos inferiores de produção em safras mais antigas, mesmo que corrigidos pela inflação, de maneira que ao longo do tempo o custo apresentou tendência de aumento para as regiões analisadas. Não obstante, Carazinho/RS também apresentou custo menor, retratado pelos menores gastos com inseticidas, operações mecânicas e transporte da produção+comercialização/armazenamento+impostos.

Ao se tratar da RB, a produtividade do milho primeira safra tem se mostrado superior em Guarapuava/PR, com altos valores também para Castro/PR, Campos Novos/SC e Xanxerê/SC. Por outro lado, os preços nas regiões do Paraná são menores aos do Rio Grande do Sul, que por sua vez são menores aos de Santa Catarina,

Para o milho segunda safra (Tabela 14), cultivado apenas no Oeste e Norte do Paraná, os maiores gastos se remetem ao item fertilizante+corretivo+foliar, seguido por sementes+tratamento. Já os gastos com produtos fitossanitários, assim como o milho primeira safra, detêm menores representatividades.

As produtividades médias das lavouras de segunda safra são menores que as observadas na primeira safra. A maior média produtiva do milho segunda safra ocorre em Cascavel/PR, bastante superior à Londrina/PR, apesar da proximidade geográfica entre ambas as regiões.

O preço de comercialização para o milho tem sido diferente entre as regiões. O Estado de Santa Catarina, de modo geral, é caracterizado como expressivo consumidor de milho, necessitando inclusive importar de outros Estados, em virtude da elevada demanda para produção de proteína animal. Assim, nota-se maior nível de preço em Xanxerê/SC e Campos Novos/SC.

Tabela 13. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura do milho primeira safra, em cada região analisada.

Região/Estado	Castro/PR					Guarapuava/PR					Campos Novos/SC				
Variáveis	Distribuição Estatística	Parâmetros				Distribuição Estatística	Parâmetros				Distribuição Estatística	Parâmetros			
Área da Cultura	Valor Extremo	μ	21,16	β	20,06	Normal	μ	40,62	σ	33,82	Normal	μ	23,94	σ	19,66
Fertilizantes e Corretivos	Normal	μ	1255,28	β	110,72	Normal	μ	1372,86	σ	134,13	Valor Extremo Mínimo	μ	1261,85	β	63,23
Sementes e Tratamento	Normal	μ	750,17	β	144,79	Valor Extremo	μ	765,58	β	132,85	Normal	μ	883,67	σ	150,83
Herbicida	Normal	μ	205,34	σ	75,38	Valor Extremo Mínimo	μ	260,50	β	29,63	Normal	μ	259,03	σ	49,11
Inseticidas	Normal	μ	130,26	β	46,77	Valor Extremo	μ	78,31	β	33,67	Normal	μ	84,47	σ	48,33
Fungicidas	Valor Extremo	μ	90,81	β	54,10	Normal	μ	181,44	σ	115,06	Normal	μ	28,69	σ	21,40
Adjuvante	Normal	μ	21,03	β	6,62	Normal	μ	21,40	σ	12,87	Normal	μ	12,47	σ	10,99
Operações Mecânicas	Valor Extremo Mínimo	μ	490,58	β	28,19	Normal	μ	572,86	σ	74,74	Valor Extremo Mínimo	μ	458,33	β	48,57
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo	μ	1160,65	β	107,23	Normal	μ	619,79	σ	204,29	Normal	μ	366,22	σ	81,49
Mão de obra	Valor Extremo Mínimo	μ	240,38	β	39,22	Normal	μ	248,22	σ	78,19	Valor Extremo	μ	143,22	β	25,76
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo	μ	239,11	β	56,67	Valor Extremo	μ	257,75	β	25,32	Valor Extremo	μ	245,25	β	31,58
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo	μ	144,41	β	37,98	Normal	μ	317,20	σ	107,62	Normal	μ	260,95	σ	128,76
Custo Operacional Efetivo	output					output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	28,33	β	4,56	Valor Extremo	μ	28,51	β	4,64	Valor Extremo	μ	31,73	β	4,55
Produtividade	Normal	μ	177,64	β	12,50	Valor Extremo	μ	184,91	β	7,58	Normal	μ	175,00	σ	16,65
Receita Bruta	output					output					output				
Margem Bruta	output					output					output				

(continua)

(continuação)

Região/Estado	Xanxerê/SC					Carazinho/RS				
Variáveis	Distribuição Estatística	Parâmetros				Distribuição Estatística	Parâmetros			
Área da Cultura	Normal	μ	21,25	σ	13,44	Normal	μ	10,59	σ	7,42
Fertilizantes e Corretivos	Normal	μ	1422,39	σ	116,62	Valor Extremo	μ	1113,97	β	120,03
Sementes e Tratamento	Normal	μ	918,85	σ	127,22	Normal	μ	823,92	σ	241,48
Herbicida	Valor Extremo	μ	179,03	β	11,13	Normal	μ	212,11	σ	27,08
Inseticidas	Normal	μ	104,67	σ	37,01	Normal	μ	65,79	σ	53,57
Fungicidas	Valor Extremo	μ	29,32	β	25,24	Valor Extremo Mínimo	μ	70,50	β	18,00
Adjuvante	Valor Extremo	μ	11,07	β	3,26	Valor Extremo	μ	11,32	β	10,46
Operações Mecânicas	Normal	μ	408,93	σ	48,28	Normal	μ	381,73	σ	104,07
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo Mínimo	μ	478,34	β	41,36	Valor Extremo Mínimo	μ	450,64	β	103,83
Mão de obra	Valor Extremo	μ	172,94	β	26,03	Valor Extremo	μ	192,09	β	25,13
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo	μ	233,48	β	37,15	Normal	μ	270,29	σ	68,39
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo Mínimo	μ	382,08	β	76,78	Normal	μ	338,11	σ	111,34
Custo Operacional Efetivo	output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	31,28	β	4,48	Valor Extremo	μ	30,73	β	4,78
Produtividade	Valor Extremo	μ	176,17	β	8,08	Valor Extremo Mínimo	μ	176,74	β	24,21
Receita Bruta	output					output				
Margem Bruta	output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

Tabela 14. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura do milho segunda safra, em cada região analisada.

Região/Estado	Cascavel/PR					Londrina/PR				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo Mínimo	μ	45,59	β	11,15	Valor Extremo	μ	34,30	β	36,86
Fertilizantes e Corretivos	Normal	μ	667,21	σ	100,08	Normal	μ	521,03	σ	107,65
Sementes e Tratamento	Normal	μ	588,35	σ	114,71	Normal	μ	502,27	σ	131,15
Herbicida	Normal	μ	96,55	σ	42,76	Valor Extremo	μ	90,31	β	17,40
Inseticidas	Valor Extremo	μ	75,41	β	40,80	Normal	μ	86,48	σ	36,70
Fungicidas	Normal	μ	103,77	σ	43,32	Normal	μ	62,44	σ	45,78
Adjuvante	Normal	μ	13,81	σ	9,07	Normal	μ	7,23	σ	6,43
Operações Mecânicas	Normal	μ	332,73	σ	70,71	Valor Extremo	μ	339,18	β	46,66
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Normal	μ	209,38	σ	40,31	Valor Extremo	μ	185,32	β	42,26
Mão de obra	Normal	μ	295,27	σ	74,20	Valor Extremo	μ	171,86	β	41,13
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Normal	μ	250,76	σ	49,22	Normal	μ	180,47	σ	52,58
Financ. Capital de Giro	Normal	μ	136,19	σ	62,41	Normal	μ	126,17	σ	75,00
Custo Operacional Efetivo	output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	27,19	β	4,39	Valor Extremo	μ	27,24	β	4,38
Produtividade	Valor Extremo	μ	92,32	β	10,99	Normal	μ	81,46	σ	19,51
Receita Bruta	output					output				
Margem Bruta	output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

Em relação ao trigo (Tabela 15), o item de maior representatividade sobre custo é o fertilizante+corretivo+foliar, seguido por sementes+tratamento. Pode-se identificar padrões similares de custos entre regiões próximas, agrupando desta forma Cascavel/PR e Londrina/PR, Castro/PR e Guarapuava/PR, Campos Novos/SC e Xanxerê/SC, e Carazinho/RS e Tupanciretã/RS. Para as duas primeiras regiões, as condições climáticas demandam menor necessidade de aplicações fitossanitárias, de modo geral, além de menor gasto com fertilizante+corretivo+foliar. Em Castro/PR e Guarapuava/PR, têm-se maiores investimentos em fertilizante+corretivo+foliar, além de maior gasto com fungicida em detrimento do clima ameno e úmido, o que propicia condições favoráveis para desenvolvimento de fungos, presente também em Campos Novos/SC e Xanxerê/SC.

Observando as produtividades médias, nota-se valores elevados para Castro/PR e Guarapuava/PR, retratando condições ótimas de cultivo, especialmente em Castro/PR. Campos Novos/SC também detém produtividade média bastante elevada. Por outro lado, as menores produtividades em Cascavel/PR e Londrina/PR refletem o maior risco climático da ocorrência de chuvas no momento da colheita e de temperaturas mais elevadas durante o desenvolvimento da lavoura, comprometendo a quantidade e qualidade do cereal de inverno. Além disso, tem-se uma janela de semeadura e cultivo menor, em comparação com as demais regiões do Sul do país, encurtando o ciclo do trigo e acarretando em menor potencial produtivo.

Em relação aos preços de comercialização do trigo, o elevado preço médio de Castro/PR reflete sua característica de grande consumidor, de modo que sua oferta não é suficiente para atender a demanda, ao contrário do que ocorre nas outras regiões do Paraná, haja vista a maior quantidade de moinhos e processadores. As regiões de Cascavel/PR e de Londrina/PR realizam uma colheita antecipada e, conseqüentemente, ofertam o trigo em um período de menor disponibilidade no mercado, obtendo preços superiores em relação às demais regiões (BRUM; MULLER, 2008).

Em relação ao feijão, o item fertilizante+corretivo+foliar é o mais representativo, tanto semeado em primeira (Tabela 16) quanto de segunda safra (Tabela 17). Verifica-se maior necessidade da aplicação de fungicidas e de maiores gastos com armazenagem na região de Castro/PR. Gastos consideráveis também foram observados para operações mecânicas e semente+tratamento. Observando a produtividade, nota-se que o feijão de primeira safra se mostra mais produtivo que o de segunda safra. Já para o preço, os valores são maiores no Estado do Paraná em relação à Santa Catarina.

Verificando outras culturas concorrentes por área de segunda safra (Tabela 18), calculou-se que o desembolso monetário (COE) da aveia branca é aproximadamente 30% inferior ao do trigo, na região de Tupanciretã/RS. Por outro lado, o preço médio de venda desta cultura se mostrou um quarto inferior em relação ao preço do trigo, além de apresentar média de produtividade levemente inferior ao do trigo. Para esta cultura, o custo com operações mecânicas e fertilizante+corretivo+foliar são os mais representativos.

A cevada detém COE cerca de um décimo superior ao do trigo em Guarapuava/PR, em virtude de gastos expressivos com sementes+tratamento e fertilizante+corretivo+foliar. Contudo, o preço médio de comercialização da cevada também é superior ao do trigo por volta de 6%, além de apresentar produtividade consideravelmente superior, contribuindo para elevação da RB.

Tabela 15. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura do trigo, em cada região analisada.

Região/Estado	Cascavel/PR					Londrina/PR					Castro/PR				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo	μ	8,61	β	4,2677	Valor Extremo Mínimo	μ	25,1466	β	4,9156	Normal	μ	139,286	σ	24,398
Fertilizantes e Corretivos	Valor Extremo	μ	465,857	β	55,771	Valor Extremo	μ	505,349	β	36,4	Valor Extremo	μ	756,826	β	75,124
Sementes e Tratamento	Valor Extremo	μ	256,968	β	69,604	Valor Extremo Mínimo	μ	515,6557	β	93,8851	Valor Extremo	μ	239,971	β	34,625
Herbicida	Valor Extremo	μ	55,665	β	24,608	Valor Extremo Mínimo	μ	56,848	β	1,9008	Valor Extremo	μ	58,794	β	26,82
Inseticidas	Valor Extremo	μ	22,217	β	24,453	Valor Extremo	μ	44,288	β	11,718	Normal	μ	44,679	σ	23,081
Fungicidas	Valor Extremo	μ	62,122	β	29,694	Valor Extremo	μ	101,849	β	37,99	Valor Extremo	μ	289,023	β	57,303
Adjuvante	Valor Extremo	μ	9,0421	β	8,336	Valor Extremo Mínimo	μ	12,6667	β	4,5823	Valor Extremo Mínimo	μ	64,0051	β	15,1887
Operações Mecânicas	Valor Extremo	μ	155,444	β	27,426	Valor Extremo Mínimo	μ	292,0083	β	20,7828	Valor Extremo Mínimo	μ	295,3067	β	23,8761
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Normal	μ	94,925	σ	22,491	Valor Extremo	μ	110,728	β	39,361	Valor Extremo	μ	362,483	β	48,419
Mão de obra	Normal	μ	217,869	σ	43,134	Valor Extremo Mínimo	μ	152,9246	β	1,1867	Valor Extremo Mínimo	μ	156,6367	β	21,0056
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Normal	μ	202,956	σ	46,936	Normal	μ	186,03	σ	50,499	Normal	μ	195,228	σ	44,001
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo Mínimo	μ	108,169	β	27,8992	Valor Extremo	μ	78,707	β	11,607	Valor Extremo	μ	83,235	β	26,89
Custo Operac. Efet.	output					output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	42,3445	β	6,0716	Valor Extremo	μ	42,3892	β	6,0366	Valor Extremo	μ	45,569	β	7,6562
Produtividade	Valor Extremo Mínimo	μ	46,3431	β	7,479	Valor Extremo Mínimo	μ	44,6794	β	10,152	Normal	μ	60,7911	σ	9,288
Receita Bruta	output					output					output				
Margem Bruta	output					output					output				

(continua)

(continuação)

Região/Estado	Guarapuava/PR					Campos Novos/SC					Xanxerê/SC				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo Mínimo	μ	76,9462	β	12,9956	Valor Extremo	μ	27,832	β	12,819	Normal	μ	43	σ	14,748
Fertilizantes e Corretivos	Valor Extremo Mínimo	μ	927,2902	β	187,4885	Valor Extremo	μ	716,17	β	107,62	Valor Extremo Mínimo	μ	619,668	β	64,4465
Sementes e Tratamento	Valor Extremo	μ	339,141	β	44,184	Valor Extremo	μ	362,447	β	65,628	Valor Extremo	μ	349,545	β	61,349
Herbicida	Valor Extremo	μ	92,876	β	30,652	Valor Extremo	μ	109,592	β	35,551	Valor Extremo Mínimo	μ	160,1553	β	37,9402
Inseticidas	Valor Extremo	μ	35,581	β	24,314	Valor Extremo	μ	90,296	β	21,659	Valor Extremo	μ	62,872	β	31,811
Fungicidas	Valor Extremo	μ	189,086	β	76,939	Valor Extremo	μ	211,057	β	45,391	Valor Extremo Mínimo	μ	277,1406	β	31,2594
Adjuvante	Valor Extremo	μ	26,327	β	17,133	Valor Extremo Mínimo	μ	22,8951	β	6,8362	Valor Extremo Mínimo	μ	27,7734	β	4,4109
Operações Mecânicas	Valor Extremo	μ	307,174	β	52,188	Valor Extremo	μ	240,302	β	21,035	Valor Extremo Mínimo	μ	258,5259	β	17,001
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo	μ	139,262	β	38,345	Valor Extremo Mínimo	μ	102,24	β	14,3973	Valor Extremo	μ	97,582	β	25,238
Mão de obra	Valor Extremo Mínimo	μ	184,3622	β	41,8413	Valor Extremo	μ	100,316	β	14,009	Valor Extremo	μ	121,461	β	11,26
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Normal	μ	189,142	σ	37,215	Normal	μ	165,621	σ	51,724	Valor Extremo	μ	131,553	β	42,014
Financ. Capital de Giro	Normal	μ	161,745	σ	61,925	Valor Extremo	μ	129,533	β	50,435	Normal	μ	124,92	σ	59,721
Custo Operac. Efet.	output					output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	42,2095	β	5,7423	Valor Extremo	μ	40,1879	β	4,844	Valor Extremo	μ	41,061	β	4,4553
Produtividade	Normal	μ	53,997	σ	14,202	Normal	μ	54,708	σ	17,205	Normal	μ	49,333	σ	10,746
Receita Bruta	output					output					output				
Margem Bruta	output					output					output				

(continua)

(continuação)

Região/Estado	Carazinho/RS					Tupanciretã/RS				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo	μ	31,158	β	12,159	Valor Extremo	μ	54,42	β	28,023
Fertilizantes e Corretivos	Valor Extremo Mínimo	μ	626,0563	β	85,4745	Valor Extremo Mínimo	μ	643,071	β	94,7216
Sementes e Tratamento	Valor Extremo	μ	200,546	β	58,421	Valor Extremo	μ	311,469	β	53,459
Herbicida	Valor Extremo Mínimo	μ	138,1497	β	27,7508	Normal	μ	174,883	σ	56,617
Inseticidas	Valor Extremo Mínimo	μ	53,148	β	8,4996	Normal	μ	42,734	σ	12,146
Fungicidas	Normal	μ	211,931	σ	63,879	Normal	μ	178,395	σ	45,307
Adjuvante	Valor Extremo	μ	29,461	β	12,255	Valor Extremo Mínimo	μ	30,0953	β	10,8845
Operações Mecânicas	Valor Extremo	μ	225,562	β	65,638	Normal	μ	213,09	σ	59,189
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo Mínimo	μ	113,1023	β	31,4625	Normal	μ	75,021	σ	40,774
Mão de obra	Valor Extremo	μ	139,411	β	26,523	Valor Extremo	μ	124,337	β	18,083
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Normal	μ	175,685	σ	43,083	Valor Extremo	μ	115,08	β	24,128
Financ. Capital de Giro	Normal	μ	176,897	σ	55,93	Valor Extremo Mínimo	μ	177,9128	β	32,7121
Custo Operac. Efet.	output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	36,8893	β	4,4979	Valor Extremo	μ	36,5037	β	4,7887
Produtividade	Normal	μ	42,857	σ	16,638	Normal	μ	39,714	σ	14,221
Receita Bruta	output					output				
Margem Bruta	output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

Tabela 16. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura do feijão primeira safra, em cada região analisada.

Região/Estado	Castro/PR					Campos Novos/SC				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo Mínimo	μ	90,91	β	18,76	Normal	μ	30,50	σ	10,64
Fertilizantes e Corretivos	Valor Extremo	μ	789,68	β	46,89	Valor Extremo Mínimo	μ	889,28	β	101,60
Sementes e Tratamento	Normal	μ	705,43	σ	197,45	Valor Extremo	μ	547,93	β	82,61
Herbicida	Valor Extremo	μ	272,14	β	56,52	Valor Extremo	μ	315,14	β	45,92
Inseticidas	Valor Extremo	μ	144,98	β	79,82	Valor Extremo	μ	120,24	β	50,56
Fungicidas	Valor Extremo	μ	679,04	β	128,34	Valor Extremo	μ	314,71	β	30,09
Adjuvante	Valor Extremo	μ	16,47	β	5,31	Valor Extremo	μ	10,89	β	8,25
Operações Mecânicas	Valor Extremo	μ	369,64	β	35,85	Valor Extremo	μ	384,85	β	68,03
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo Mínimo	μ	531,97	β	72,47	Valor Extremo	μ	123,36	β	37,00
Mão de obra	Valor Extremo Mínimo	μ	209,23	β	33,46	Valor Extremo	μ	142,42	β	37,19
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo	μ	227,79	β	51,41	Valor Extremo Mínimo	μ	266,48	β	19,05
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo	μ	84,35	β	30,55	Valor Extremo	μ	186,28	β	86,06
Custo Operacional Efetivo	output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	138,14	β	54,81	Valor Extremo	μ	128,25	β	43,62
Produtividade	Valor Extremo Mínimo	μ	42,23	β	4,88	Valor Extremo Mínimo	μ	37,34	β	3,41
Receita Bruta	output					output				
Margem Bruta	output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

Tabela 17. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura do feijão segunda safra, em cada região analisada.

Região/Estado	Castro/PR					Guarapuava/PR					Xanxerê/SC				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo	μ	28,36	β	10,23	Valor Extremo	μ	24,80	β	27,11	Valor Extremo	μ	12,95	β	6,12
Fertilizantes e Corretivos	Valor Extremo	μ	776,96	β	51,56	Valor Extremo	μ	789,84	β	67,20	Normal	μ	533,14	σ	14,15
Sementes e Tratamento	Valor Extremo Mínimo	μ	723,81	β	106,10	Valor Extremo	μ	570,87	β	105,80	Valor Extremo Mínimo	μ	396,75	β	29,86
Herbicida	Valor Extremo	μ	264,38	β	47,06	Valor Extremo Mínimo	μ	224,34	β	11,44	Normal	μ	220,68	σ	11,78
Inseticidas	Valor Extremo	μ	147,15	β	74,76	Valor Extremo Mínimo	μ	83,69	β	5,75	Normal	μ	108,73	σ	17,72
Fungicidas	Valor Extremo	μ	704,27	β	153,27	Valor Extremo	μ	291,62	β	111,04	Normal	μ	281,13	σ	40,19
Adjuvante	Valor Extremo	μ	16,52	β	5,46	Valor Extremo	μ	18,98	β	7,05	Normal	μ	29,40	σ	8,85
Operações Mecânicas	Valor Extremo	μ	364,81	β	28,19	Valor Extremo Mínimo	μ	585,94	β	21,47	Normal	μ	611,76	σ	213,10
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo	μ	381,12	β	89,52	Valor Extremo Mínimo	μ	172,90	β	23,91	Normal	μ	133,68	σ	55,85
Mão de obra	Valor Extremo Mínimo	μ	201,24	β	30,08	Valor Extremo Mínimo	μ	139,48	β	35,81	Normal	μ	127,54	σ	13,10
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo	μ	220,96	β	27,36	Valor Extremo	μ	191,19	β	21,13	Valor Extremo Mínimo	μ	234,14	β	10,28
Financ. Capital de Giro	Valor Extremo	μ	81,97	β	30,77	Valor Extremo	μ	119,54	β	31,77	Normal	μ	124,97	σ	64,07
Custo Operacional Efetivo	output					output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	138,14	β	54,81	Valor Extremo	μ	138,14	β	54,81	Valor Extremo	μ	128,25	β	43,62
Produtividade	Normal	μ	34,12	σ	6,54	Valor Extremo	μ	30,40	β	1,04	Normal	μ	33,33	σ	6,83
Receita Bruta	output					output					output				
Margem Bruta	output					output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

Tabela 18. Distribuição de probabilidade das variáveis de custo e de receita para a cultura da aveia branca, em cada região analisada.

Região/Estado	Guarapuava/PR					Tupanciretã/RS				
Cultura	Cevada					Aveia Branca				
Variáveis	Distribuição Estatística		Parâmetros			Distribuição Estatística		Parâmetros		
Área da Cultura	Valor Extremo	μ	20,76	β	6,34	Valor Extremo Mínimo	μ	18,79	β	3,13
Fertilizantes e Corretivos	Valor Extremo Mínimo	μ	868,76	β	107,89	Valor Extremo	μ	237,69	β	27,32
Sementes e Tratamento	Valor Extremo	μ	427,74	β	57,76	Valor Extremo Mínimo	μ	132,98	β	18,72
Herbicida	Valor Extremo	μ	98,27	β	35,69	Valor Extremo Mínimo	μ	90,80	β	9,24
Inseticidas	Valor Extremo	μ	38,16	β	26,57	Valor Extremo	μ	23,80	β	9,98
Fungicidas	Valor Extremo Mínimo	μ	332,37	β	72,59	Valor Extremo	μ	78,28	β	25,74
Adjuvante	Valor Extremo	μ	33,27	β	27,04	Valor Extremo	μ	15,13	β	5,18
Operações Mecânicas	Valor Extremo	μ	313,96	β	71,90	Valor Extremo	μ	252,73	β	14,21
Transporte, Comerc./Armaz. e Impostos	Valor Extremo	μ	169,15	β	48,00	Valor Extremo	μ	79,25	β	8,28
Mão de obra	Normal	μ	172,28	σ	72,66	Valor Extremo	μ	121,82	β	19,69
Custo Geral, Seguro e Assist. Técnica	Valor Extremo	μ	196,11	β	15,88	Valor Extremo Mínimo	μ	116,03	β	10,24
Financ. Capital de Giro	Normal	μ	171,74	σ	76,58	Valor Extremo Mínimo	μ	24,45	β	9,26
Custo Operacional Efetivo	output					output				
Preço Médio	Valor Extremo	μ	44,94	β	3,85	Valor Extremo Mínimo	μ	26,94	β	3,97
Produtividade	Valor Extremo Mínimo	μ	70,85	β	11,21	Normal	μ	38,89	σ	4,55
Receita Bruta	output					output				
Margem Bruta	output					output				

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Legenda: μ = média para distribuição normal, e localização para valor extremo e valor extremo mínimo; σ = desvio padrão; β = escala.

5.3. Análises dos Custos Operacionais Efetivos, Receita Bruta e Margem Bruta

A análise de risco apresentada neste tópico deve refletir as condições dos custos de produção, de um lado, e do preço e produtividade do outro, ou seja, dos fatores que foram incorporados ao modelo, os quais julga-se influenciar o risco. Apresenta-se em conjunto os valores de *outputs* do custo operacional efetivo, da receita bruta e da margem bruta de cada cultura individual. A ênfase será dada à margem bruta e sua probabilidade de conter valores inferiores a zero.

Algumas culturas adotadas na propriedade típica regional não foram passíveis de análise de risco, por apresentarem quantidade insuficiente de dados. Isto acontece pelo cultivo em duas safras ou menos. As culturas e regiões não modeladas são: pousio e cobertura verde em Londrina/PR, milho primeira safra em Cascavel/PR, cevada em Castro/PR, feijão primeira safra em Guarapuava/PR, aveia branca em Campos Novos/SC, feijão primeira safra e aveia branca em Xanxerê/SC, e canola em Tupanciretã/RS.

5.3.1. Análises para a Cultura da Soja

A geração de números aleatórios para cada item de custo, considerando as funções de distribuição da seção anterior, resultou no *output* de COE da soja para cada região, conforme disposto na Tabela 19. Os números aleatórios originados das funções relacionadas a preços e produtividades contam da Tabela 20, definido como Receita Bruta (RB). A diferença entre COE e RB gera a MB, que, por sua vez, tem suas características apresentadas na Tabela 21. Verifica-se que a curtose da MB se mostrou superior à de uma distribuição normal (curtose três), para todas as regiões. Não obstante, a curtose reflete a forma de uma distribuição (DECARLO, 1997), de maneira que para as regiões de Cascavel/PR, Xanxerê/SC e Carazinho/RS, observam-se caudas mais alongadas, resultando evidentemente em picos mais achatados.

Os valores de assimetria para as margens e regiões mostram apenas números positivos, sendo a média superior à mediana e à moda para a maioria das regiões. As distribuições são, em sua maioria, assimétricas para a direita.

Tabela 19. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo para a cultura da soja.

Estado	Paraná				Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
Região	Cascavel	Londrina	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho	Tupanciretã
Mínimo (R\$/ha)	2.084,65	1.806,26	1.979,42	1.523,03	1.659,70	1.815,90	1.314,78	1.501,79
Média (R\$/ha)	2.629,10	2.385,46	3.121,99	2.847,62	2.646,62	2.775,12	2.932,78	2.633,65
Máximo (R\$/ha)	3.544,32	3.052,51	4.390,59	4.192,38	3.868,72	3.633,38	4.317,70	3.617,37
Desv. Pad. (R\$/ha)	165,51	158,82	277,06	351,68	290,89	225,13	394,81	303,10
Coef. Variação (%)	6,30%	6,66%	8,87%	12,35%	10,99%	8,11%	13,46%	11,51%
Assimetria	0,45951	0,18055	0,20585	- 0,03402	0,06051	- 0,24758	- 0,12308	- 0,19172
Curtose	3,87225	3,02054	3,20101	3,01543	2,96977	3,31859	3,02576	3,08499
Mediana (R\$/ha)	2.619,36	2.378,99	3.109,31	2.849,65	2.646,27	2.785,79	2.943,19	2.643,05
Moda (R\$/ha)	2.567,65	2.354,04	3.072,13	2.871,82	2.649,80	2.831,22	2.986,46	2.640,32
5% Perc. (R\$/ha)	2.372,21	2.133,13	2.684,98	2.266,09	2.173,65	2.394,77	2.272,52	2.110,59
95% Perc. (R\$/ha)	2.909,47	2.655,48	3.601,73	3.419,37	3.127,57	3.132,07	3.566,31	3.118,13

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 20. Resultados estatísticos das simulações referentes à receita bruta para a cultura da soja.

Estado	Paraná				Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
Região	Cascavel	Londrina	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho	Tupanciretã
Mínimo (R\$/ha)	2.212,02	1.366,96	3.743,19	4.098,83	4.108,04	3.422,20	2.197,21	3.404,72
Média (R\$/ha)	4.359,42	4.018,46	5.129,30	4.979,55	5.042,51	4.910,73	4.967,73	4.089,69
Máximo (R\$/ha)	10.242,99	6.518,17	8.509,72	7.909,76	7.621,97	8.621,24	9.101,18	5.982,47
Desv. Pad. (R\$/ha)	825,15	450,18	536,68	361,01	354,98	580,86	559,23	265,56
Coef. Variação (%)	18,93%	11,20%	10,46%	7,25%	7,04%	11,83%	11,26%	6,49%
Assimetria	0,82913	0,20207	0,92552	1,22005	0,87490	0,91111	0,40859	1,04607
Curtose	4,75627	4,73202	4,89391	6,19577	4,81766	4,84886	4,66085	5,14634
Mediana (R\$/ha)	4.276,36	4.000,00	5.065,11	4.925,32	4.999,02	4.835,41	4.923,37	4.051,33
Moda (R\$/ha)	4.209,16	3.954,92	4.815,28	4.857,64	5.020,04	4.658,05	4.855,51	3.987,54
5% Perc. (R\$/ha)	3.191,18	3.331,65	4.381,65	4.500,30	4.543,92	4.100,34	4.149,53	3.732,21
95% Perc. (R\$/ha)	5.842,31	4.783,51	6.108,29	5.642,47	5.680,02	5.966,11	5.932,02	4.582,17

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 21. Resultados estatísticos das simulações referentes à margem bruta para a cultura da soja.

Estado	Paraná				Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
Região	Cascavel	Londrina	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho	Tupanciretã
Mínimo (R\$/ha)	- 606,72	- 1.014,95	233,16	427,68	665,31	207,43	- 467,44	684,49
Média (R\$/ha)	1.730,33	1.633,00	2.007,31	2.131,93	2.395,89	2.135,62	2.034,96	1.867,31
Máximo (R\$/ha)	7.867,02	4.151,93	5.687,34	5.282,90	5.685,70	6.805,33	6.728,47	4.361,25
Desv. Pad. (R\$/ha)	893,42	479,13	637,56	546,40	531,32	735,93	721,02	411,08
Coef. Variação (%)	51,63	29,34	31,76	25,63	22,18	34,46	35,43	22,01
Assimetria	0,72944	0,20367	0,53887	0,79716	0,47156	0,88216	0,59668	0,62985
Curtose	4,38532	4,33248	3,91867	4,51912	3,64955	4,64513	3,97672	3,87365
Mediana (R\$/ha)	1.645,83	1.614,44	1.959,68	2.075,72	2.361,53	2.046,69	1.960,72	1.827,00
Moda (R\$/ha)	1.575,04	1.684,58	1.879,28	1.959,86	2.342,54	2.143,73	1.726,17	1.646,60
5% Perc. (R\$/ha)	439,28	892,41	1.053,29	1.364,08	1.595,44	1.109,40	967,93	1.272,27
95% Perc. (R\$/ha)	3.317,68	2.427,27	3.112,68	3.121,06	3.314,12	3.480,15	3.299,54	2.603,91
Probabilidade < 0	0,9%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A MB de Londrina/PR detém valor mínimo inferior a Cascavel/PR, contudo, seu 5% percentil já atinge o dobro em comparação a Cascavel/PR, sugerindo uma cauda esquerda menos alongada, consequentemente gerando uma menor quantidade de valores nesta extremidade, e maior concentração de valores próximo ao centro, explicando o maior risco em Cascavel/PR. As distribuições dos *outputs* para Londrina/PR são apresentadas na Figura 14, enquanto para a região de Cascavel/PR, na Figura 15.

O COE de Cascavel/PR, superior em relação à Londrina em seus pontos mínimo, médio e máximo, tem contribuído para seu risco superior, apesar de também apresentar RB média superior. Embora Londrina/PR apresente RB média inferior às outras regiões, seu COE médio também é o menor, amenizando o risco de MB negativa.

Figura 14. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Londrina/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 15. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Cascavel/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

As regiões de Castro/PR e de Guarapuava/PR apresentam os maiores custos de produção (juntamente com Carazinho/RS), mas que se compensam pelos valores também superiores de RB. Observando as distribuições, tem-se menor variabilidade em Guarapuava/PR quanto à RB, refletindo a elevada produtividade média (Tabela 12, p.62 a 64). Assim, o risco de produção nessas duas regiões é nulo, como se verifica na Figura 16 e na Figura 17.

Figura 16. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Castro/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 17. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Guarapuava/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Em Campos Novos/SC (Figura 18), verifica-se ausência de valores inferiores a zero para a MB. Esta região apresenta comparativamente baixo COE e elevada RB, de forma que mesmo a interação entre COE máximo e a RB mínima gera valor superior a zero. Não obstante, o 5% percentil sobre a MB é o maior dentre as regiões analisadas, superando R\$ 1.500/ha. Por outro lado, a região de Xanxerê/SC apresenta claramente menor variabilidade de COE, com tendência a uma curva com pico elevado, e maior variabilidade de RB, refletindo uma curva mais achatada (Figura 19).

Para a região de Carazinho/RS, apesar de demonstrar valores de MB inferiores a zero (Figura 20), a probabilidade de isso acontecer é quase nula. As curvas de COE, RB e MB são mais achatadas, sugerindo maior instabilidade de valores. Em contraste, na região de Tupanciretã/RS as curvas apresentam pico pronunciado, com

concentração de valores próximo ao centro e menor coeficiente de variação (Figura 21). Essa região apresenta RB relativamente baixa, mas sendo compensada pelo COE também inferior.

Figura 18. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Campos Novos/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 19. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Xanxerê/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 20. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Carazinho/RS, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 21. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da soja em Tupanciretã/RS, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Na prática, afirma-se que em todas as regiões a RB é praticamente superior ao COE, com quase nenhuma probabilidade de MB negativa. A soja, portanto, se mostra com baixo risco de retorno negativo sobre os desembolsos apresentados no COE. Pela perspectiva de MB, observando sua cauda à esquerda (valor mínimo e 5% percentil), as regiões que apresentaram maiores margens de segurança foram Campos Novos/SC e Guarapuava/PR, isto é, essas regiões suportam mais que as demais, possíveis aumentos de custos, quebra de produção ou redução no preço de comercialização.

5.3.2. Análises para a Cultura do Milho Primeira Safra

Os *outputs* de COE para o milho primeira safra originados a partir das simulações são dispostos na Tabela 22. Para RB e MB constam na Tabela 23 e na Tabela 24. Os valores de curtose da MB para o milho primeira safra são todos superiores ao valor base três de uma distribuição normal, o que indica caudas mais prolongadas, especialmente para Guarapuava/PR, Xanxerê/SC e Carazinho/RS, o que contribui para o achatamento dos picos e das curvas. Em relação à assimetria, todos apresentam valores positivos, além de moda inferior à mediana e à média, sugerindo assimetria a direita, condizente com caudas mais prolongadas para a direita, e menor quantidade de valores situados na extremidade esquerda.

Tabela 22. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo para a cultura do milho primeira safra.

Estado	Paraná		Santa Catarina		Rio Grande do Sul
Região	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho
Mínimo (R\$/ha)	3.887,12	3.231,66	2.912,84	2.784,69	2.252,59
Média (R\$/ha)	4.835,72	4.806,56	3.990,31	4.337,50	3.971,24
Máximo (R\$/ha)	5.786,62	6.925,99	4.861,46	5.826,55	5.671,53
Desv. Pad. (R\$/ha)	235,90	455,66	256,86	369,84	439,91
Coef. Variação (%)	4,88%	9,48%	6,44%	8,53%	11,08%
Assimetria	- 0,05430	0,19487	- 0,01325	- 0,11334	- 0,09523
Curtose	3,10085	3,15232	2,98406	3,11086	3,01267
Mediana (R\$/ha)	4.837,92	4.793,72	3.992,09	4.344,53	3.978,79
Moda (R\$/ha)	4.792,48	5.058,51	4.038,68	4.432,35	3.983,30
5% Perc. (R\$/ha)	4.441,19	4.087,91	3.567,86	3.718,23	3.229,38
95% Perc. (R\$/ha)	5.213,81	5.568,06	4.411,50	4.929,26	4.686,21

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 23. Resultados estatísticos das simulações referentes à receita bruta para a cultura do milho primeira safra.

Estado	Paraná		Santa Catarina		Rio Grande do Sul
Região	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho
Mínimo (R\$/ha)	3.469,27	3.427,55	4.765,11	3.781,65	11,32
Média (R\$/ha)	5.456,41	5.882,66	5.926,33	6.127,63	5.469,99
Máximo (R\$/ha)	10.388,03	12.895,74	9.963,85	15.976,27	13.419,17
Desv. Pad. (R\$/ha)	836,60	1.035,43	517,28	1.115,85	1.495,35
Coef. Variação (%)	15,33%	17,60%	8,73%	18,21%	27,34%
Assimetria	0,99640	1,08290	1,03526	1,13298	0,37599
Curtose	4,69845	5,14742	5,20806	5,62206	4,08377
Mediana (R\$/ha)	5.336,90	5.721,89	5.854,84	5.947,49	5.400,34
Moda (R\$/ha)	5.044,49	5.481,98	5.653,06	5.793,56	5.854,46
5% Perc. (R\$/ha)	4.336,46	4.504,83	5.228,71	4.652,26	3.124,28
95% Perc. (R\$/ha)	7.016,39	7.819,60	6.864,69	8.165,50	8.031,06

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 24. Resultados estatísticos das simulações referentes à margem bruta para a cultura do milho primeira safra.

Estado	Paraná		Santa Catarina		Rio Grande do Sul
Região	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho
Mínimo (R\$/ha)	- 1.070,23	- 2.288,66	581,19	- 806,26	- 3.498,98
Média (R\$/ha)	620,69	1.076,10	1.936,02	1.790,12	1.498,76
Máximo (R\$/ha)	5.025,61	8.726,18	6.118,08	11.073,28	9.380,37
Desv. Pad. (R\$/ha)	704,21	1.230,76	505,14	1.043,70	1.420,35
Coef. Variação (%)	113,5	114,4	26,1	58,3	94,8
Assimetria	1,12767	0,83567	0,87296	1,09615	0,59739
Curtose	5,29572	4,42540	4,82059	5,63780	4,19469
Mediana (R\$/ha)	506,74	920,68	1.874,97	1.639,70	1.389,90
Moda (R\$/ha)	312,36	856,07	1.702,91	1.289,98	911,72
5% Perc. (R\$/ha)	- 292,42	- 644,75	1.232,07	387,77	- 579,85
95% Perc. (R\$/ha)	1.951,16	3.321,78	2.843,67	3.697,57	4.038,68
Probabilidade < 0	17,4%	18,3%	0,0%	1,0%	12,3%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A região de Guarapuava/PR é a mais arriscada em termos de MB, seguido de perto por Castro/PR, localizadas geograficamente próximas. Ambas apresentam valores de COE elevados e RB inferiores, em comparação às demais regiões – Castro/PR detém a menor RB média e maior COE médio dentre todas as regiões. Embora a MB mínima de Guarapuava/PR seja duas vezes inferior a Castro/PR, o que ocorre também com o 5% percentil, os riscos de MB inferior a zero das regiões são bastante próximos. Isso acontece devido à forma das distribuições, sendo que a curva da MB em Castro/PR (Figura 22) aponta uma maior concentração de valores na parte central e menor desvio padrão, com consequente maior pico, uma vez que suas caudas, não se apresentam prolongadas como Guarapuava/PR (Figura 23).

Figura 22. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho primeira safra em Castro/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 23. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho primeira safra em Guarapuava/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Em Campos Novos/SC, a probabilidade de margens negativas é nula, reflexo do menor custo de produção dentre as regiões e o maior preço médio recebido pelo produtor, haja vista que o Estado de Santa Catarina se caracteriza como grande consumidor do cereal. Não obstante, a forma da curva de distribuição da MB (Figura 24) indica maior concentração de valores próximo à moda, a qual é positiva, bem como seu ponto mínimo.

Para a região de Xanxerê/SC (Figura 25), apesar de apresentar moda negativa sobre a curva de distribuição da MB, o 5% percentil já se mostra positivo. A probabilidade baixa de risco reflete um cenário de RB relativamente elevada – a maior média dentre as regiões, retornando o segundo menor risco na produção do milho primeira safra dentre as regiões analisadas. Assim como verificado para Campos Novos/SC, as produtividades e preços elevados no Estado de Santa Catarina como um todo resultaram em valores positivos da MB (Tabela 13).

Figura 24. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho primeira safra em Campos Novos/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 25. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho primeira safra em Xanxerê/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Para Carazinho/RS, apesar de apresentar ponto mínimo bastante negativo para a MB – o menor dentre as regiões, sua probabilidade de valores negativos é inferior em relação à Castro/PR e Guarapuava/PR. Isto se deve à forma da curva (Figura 26), retratando uma moda positiva em maior intensidade. Por outro lado, o achatamento da curva devido à presença de caudas prolongadas, relacionado ao maior desvio padrão, favorece a presença de valores à esquerda do zero, resultando em risco superior a 10%.

Afirma-se que o milho cultivado em primeira safra tem retornado risco superior de MB negativa, em relação à soja, cultura que compete diretamente por área. A exceção está no Estado de Santa Catarina, diante de produtividades e preços médios superiores. Não obstante, o maior COE médio do milho primeira safra não tem resultando em maior MB média, comparativamente à soja.

Figura 26. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho primeira safra em Carazinho/RS, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.3.3. Análises para a Cultura do Milho Segunda Safra

Para o milho segunda safra, as estatísticas dos *outputs* do COE e da RB originados a partir das simulações são dispostos na Tabela 25, seguido das estatísticas para a MB, na Tabela 26. Em termos de COE e RB, os valores médios são maiores na região de Cascavel/PR em relação à região de Londrina/PR, mas há valores máximos superiores nesta segunda região, assim como valores mínimos inferiores, ou seja, as caldas são maiores para Londrina/PR comparativamente às informações de Cascavel/PR. Enquanto o coeficiente de variação sinaliza maior dispersão de dados no COE de Londrina/PR, na RB se observa maior variação para a região de Cascavel/PR.

Tabela 25. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo e à receita bruta para a cultura do milho segunda safra.

Output	Custo Operacional Efetivo		Receita Bruta	
	Cascavel/PR	Londrina/PR	Cascavel/PR	Londrina/PR
Região/Estado				
Mínimo (R\$/ha)	2.128,06	1.281,67	1.468,25	426,32
Média (R\$/ha)	2.799,07	2.375,93	2.932,14	2.344,53
Máximo (R\$/ha)	3.332,96	3.521,33	8.221,33	4.152,14
Desv. Pad. (R\$/ha)	163,69	281,63	698,80	389,92
Coef. Variação (%)	5,85%	11,85%	23,83%	16,63%
Assimetria	- 0,03092	0,12861	1,13594	- 0,07255
Curtose	2,90887	3,00525	5,31307	3,53789
Mediana (R\$/ha)	2.799,70	2.370,90	2.814,56	2.346,37
Moda (R\$/ha)	2.814,11	2.360,08	2.808,69	2.295,55
5% Perc. (R\$/ha)	2.525,48	1.918,19	2.023,95	1.701,73
95% Perc. (R\$/ha)	3.071,76	2.851,64	4.243,61	2.974,61

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 26. Resultados estatísticos das simulações referentes à margem bruta para a cultura do milho segunda safra.

Região/Estado	Cascavel/PR	Londrina/PR
Mínimo (R\$/ha)	- 1.207,69	- 2.361,22
Média (R\$/ha)	133,07	- 31,39
Máximo (R\$/ha)	5.226,71	2.132,50
Desv. Pad. (R\$/ha)	627,67	509,47
Coef. Variação (%)	471,69%	-1622,89%
Assimetria	1,19083	- 0,00016
Curtose	5,63791	3,22485
Mediana (R\$/ha)	26,16	- 28,28
Moda (R\$/ha)	- 262,91	14,46
5% Perc. (R\$/ha)	- 674,87	- 875,89
95% Perc. (R\$/ha)	1.308,95	790,00
Probabilidade < 0	48,1%	52,3%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Os dados apontam que para a região de Londrina/PR há assimetria à esquerda quanto à MB, com valores negativos próximos ao zero, indicando menor disparidade entre as duas caudas (Figura 27). Na região de Cascavel/PR,

por sua vez, detém assimetria positiva, com prolongamento maior de cauda a direita (Figura 28), resultando também em valor maior para curtose.

Os dados apontam que os valores das regiões de Cascavel/PR e de Londrina/PR apresentam padrões próximos de risco para MB. Ambas as regiões apresentam níveis de preços semelhantes (Tabela 14). A produtividade média de Cascavel/PR é bastante superior à de Londrina/PR, contudo, seu custo de produção é consideravelmente maior. O maior risco de MB negativa para Londrina/PR reflete uma maior concentração de valores próxima ao centro e ao valor modal que, aliado à um menor desvio padrão e assimetria negativa, resulta em maior quantidade de valores inferiores a zero, apesar de sua moda se apresentar positiva. Além do mais, o ponto mínimo e o 5% percentil de Londrina/PR são inferiores à Cascavel/PR, sobre a MB. De modo geral, em metade dos anos que se cultiva milho segunda safra nas regiões Norte e Oeste do Paraná, a MB proveniente é negativa.

Figura 27. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho segunda safra em Londrina, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 28. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do milho segunda safra em Cascavel, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.3.4. Análises para a Cultura do Trigo

Os *outputs* do COE originados a partir das simulações são dispostos na Tabela 27, da RB na Tabela 29, e da MB na Tabela 29. Em relação à MB, a curtose de todas as regiões, se mostra superior em relação ao padrão três da distribuição normal. Com efeito, nota-se valores extremos mais frequentes, resultando em maior achatamento da curva. Com exceção de Cascavel/PR e Londrina/PR, tem-se assimetria positiva para as demais regiões, sugerindo uma cauda mais alongada para a direita, e menor quantidade de valores extremos na cauda esquerda.

A moda positiva da MB em Cascavel/PR resulta em menor probabilidade de valores inferiores a zero, em relação a Londrina/PR, que, por sua vez detém valor modal negativo. Não obstante, o baixo custo de produção em Cascavel/PR – o menor COE médio observado, e o preço médio em patamar relativamente elevado (Tabela 15) resultaram na segunda melhor região para o cultivo de trigo, em termos de risco sobre a MB, atrás apenas de Castro/PR.

Tabela 27. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo para a cultura do trigo.

Estado	Paraná				Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
Região	Cascavel	Londrina	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho	Tupanciretã
Mínimo (R\$/ha)	1.521,49	1.227,02	1.892,29	1.349,43	1.710,77	1.295,30	1.458,22	1.314,81
Média (R\$/ha)	1.781,04	2.068,83	2.668,50	2.634,99	2.447,90	2.246,32	2.100,88	2.068,68
Máximo (R\$/ha)	2.505,01	3.176,65	3.917,27	4.319,27	3.854,62	3.144,55	2.764,99	2.986,90
Desv. Pad. (R\$/ha)	98,06	245,16	256,13	382,68	245,46	191,99	151,66	222,88
Coef. Variação (%)	5,51%	11,85%	9,60%	14,52%	10,03%	8,55%	7,22%	10,77%
Assimetria	0,78778	0,05181	0,39820	- 0,00273	0,48382	- 0,10680	0,01042	0,11174
Curtose	4,68765	3,38669	3,43360	3,30105	3,63464	3,40528	3,34337	3,12283
Mediana (R\$/ha)	1.772,04	2.067,40	2.654,09	2.641,77	2.428,94	2.249,68	2.101,95	2.063,77
Moda (R\$/ha)	1.734,97	2.031,74	2.750,26	2.663,38	2.507,09	2.251,65	2.121,51	2.101,61
5% Perc. (R\$/ha)	1.639,55	1.663,97	2.281,77	1.989,38	2.075,90	1.928,59	1.851,63	1.712,14
95% Perc. (R\$/ha)	1.953,67	2.470,43	3.112,58	3.249,75	2.877,62	2.549,77	2.348,82	2.439,61

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 28. Resultados estatísticos das simulações referentes à receita bruta para a cultura do trigo.

Estado	Paraná				Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
Região	Cascavel	Londrina	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho	Tupanciretã
Mínimo (R\$/ha)	28,24	2,32	1.630,43	18,90	17,19	90,80	2,16	5,00
Média (R\$/ha)	1.884,80	1.718,42	2.986,39	2.455,37	2.406,46	2.193,27	1.730,64	1.615,26
Máximo (R\$/ha)	3.727,38	2.104,40	5.775,01	6.584,83	7.827,73	6.821,37	5.961,65	7.420,38
Desv. Pad. (R\$/ha)	358,02	335,03	479,73	756,44	981,63	713,21	778,46	752,86
Coef. Variação (%)	19,00%	19,50%	16,06%	30,81%	40,79%	32,52%	44,98%	46,61%
Assimetria	- 0,66096	- 2,00554	0,67114	0,56113	0,74407	0,86624	0,67419	0,86722
Curtose	5,32027	7,58611	4,00998	3,98051	4,12180	4,72537	4,01723	4,71158
Mediana (R\$/ha)	1.905,09	1.832,15	2.937,03	2.402,56	2.296,07	2.105,08	1.655,91	1.519,22
Moda (R\$/ha)	1.887,07	1.961,32	2.708,03	2.306,86	2.079,42	2.065,46	1.531,51	1.134,84
5% Perc. (R\$/ha)	1.266,76	1.005,12	2.286,24	1.318,37	998,18	1.184,24	588,39	550,06
95% Perc. (R\$/ha)	2.415,58	2.016,06	3.849,38	3.778,00	4.183,67	3.469,26	3.105,31	2.997,01

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 29. Resultados estatísticos das simulações referentes à margem bruta para a cultura do trigo.

Estado	Paraná				Santa Catarina		Rio Grande do Sul	
Região	Cascavel	Londrina	Castro	Guarapuava	Campos Novos	Xanxerê	Carazinho	Tupanciretã
Mínimo (R\$/ha)	- 1.765,69	- 2.357,72	- 2.040,35	- 2.022,96	- 2.457,30	- 1.728,64	- 2.364,39	- 2.321,64
Média (R\$/ha)	103,76	- 350,40	317,89	- 179,62	- 41,45	- 53,05	- 370,24	- 453,42
Máximo (R\$/ha)	1.880,24	643,61	3.186,97	3.950,84	5.046,06	3.847,77	3.694,26	4.719,45
Desv. Pad. (R\$/ha)	323,35	392,98	592,61	622,25	890,67	591,28	764,10	668,67
Coef. Variação (%)	311,64%	- 112,15%	186,42%	- 346,43%	- 2149,02%	- 1114,59%	- 206,38%	- 147,47%
Assimetria	- 0,66457	- 1,15453	0,39747	0,72615	0,84925	0,93426	0,61484	0,90965
Curtose	5,43206	5,44998	3,55677	4,51310	4,37269	4,83351	3,91737	5,07268
Mediana (R\$/ha)	119,96	- 296,54	282,63	- 238,77	- 159,06	- 131,97	- 428,83	- 531,99
Moda (R\$/ha)	185,81	- 323,26	191,94	- 232,85	- 426,44	- 294,43	- 362,83	- 599,65
5% Perc. (R\$/ha)	- 445,42	- 1.099,09	- 585,08	- 1.076,50	- 1.293,15	- 880,59	- 1.508,79	- 1.386,90
95% Perc. (R\$/ha)	587,52	176,51	1.352,52	929,68	1.579,43	1.021,07	967,96	752,12
Probabilidade < 0	32,5%	84,6%	30,4%	65,7%	57,2%	59,6%	71,5%	78,4%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

O grande aumento do risco em Londrina/PR, com relação à Cascavel/PR, apesar da proximidade geográfica, reflete o ponto mínimo e 5% percentil da RB bastante baixos, em detrimento de produtividade média relativamente baixa (Tabela 15), além de ponto máximo também reduzido. A forma da curva da RB mostra claramente este padrão que, sobreposta à curva do COE, explica o elevado risco de MB negativa (Figura 29) e, consequentemente, a tendência ao abandono do cultivo do trigo a partir da safra 2015/16.

As formas das curvas de distribuição de frequências da MB para a região de Londrina/PR (Figura 29) e para a região de Cascavel/PR (Figura 30) sugerem uma concentração de valores próximo ao centro e ao valor modal, condizente com um desvio padrão relativamente menor, além de maior amplitude entre o ponto mínimo e o 5% percentil, resultando em angulação maior da curva.

Figura 29. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Londrina/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 30. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Cascavel/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A probabilidade de MB negativa observada na região de Guarapuava/PR foi o dobro em relação aos valores calculados para a região de Castro/PR, apesar da proximidade de localização e de padrões semelhantes de custo de produção (Tabela 15). A justificativa está na produtividade e preço médios inferiores, o que gera RB inferior, e valor modal da MB mais deslocada para a esquerda (Figura 31 e Figura 32), observando que em Castro/PR foram calculados os maiores valores para COE e RB médios dentre as regiões analisadas.

Em Campos Novos/SC, o maior achatamento da curva (Figura 33), condizente com maior valor de desvio padrão e cauda alongada à direita e em menor intensidade à esquerda, favorece grande quantidade de valores situados à esquerda do zero, uma vez que sua moda é negativa. Essa região detém similaridade com Xanxerê/SC quando observado a probabilidade de MB inferior a zero. Contudo, o formato da curva é diferente (Figura 34), no sentido de que há pronunciamento do pico para Xanxerê/SC, reflexo de menores valores extremos. Porém, em detrimento da moda negativa e da angulação maior da curva, há grande proporção de resultados negativos.

Figura 31. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Castro/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 32. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Guarapuava/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 33. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Campos Novos/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 34. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Xanxerê/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A forma das curvas de MBs de Carazinho/RS e Tupanciretã/RS (Figura 35 e Figura 35) demonstram claramente um maior achatamento e alongamento da cauda a direita. A moda negativa em maior intensidade em Tupanciretã/RS, reflexo de produtividade e preço médios baixos (Tabela 15), gera em consequente RB comparativamente baixa (a menor média observada) e risco elevado, embora o ponto mínimo e 5% percentil de Carazinho/RS se mostrem levemente mais negativo.

A partir dos dados apresentados, verifica-se que o trigo detém grande probabilidade de retornar MB negativa. Assim como no milho segunda safra, sua RB é insuficiente para saldar o COE em todos os casos. Seu cultivo se mostrou de menor risco que o milho segunda safra somente na região de Cascavel/PR.

Figura 35. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Carazinho/RS, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 36. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do trigo em Tupanciretã/RS, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.3.5. Análises para a Cultura do Feijão Primeira Safra

Os *outputs* referentes ao COE e à RB originados a partir das simulações são dispostos na Tabela 30, e referentes à MB Tabela 31. Esta cultura apresenta pontos máximos de RB e consequentemente MB muito elevados, bastante superior às demais. Contudo, os resultados de MB mais extremos da calda a direita apresentam baixa probabilidade de ocorrer, como se pode verificar pela diferença entre o ponto máximo e o 95% percentil. A presença de pontos extremos contribui com um maior valor de curtose.

A probabilidade de MB negativa se mostrou similar para as regiões de Castro/PR e de Campos Novos/SC, apesar de apresentar formas diferentes de curva (Figura 37 e Figura 38), refletindo composição de custo e receita diferentes (Tabela 16). A região de Campos Novos/SC teve o menor COE, assim como as menores produtividade e preço médios, resultando em RB também inferior.

Tabela 30. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo e à receita bruta para a cultura do feijão primeira safra.

Output	Custo Operacional Efetivo		Receita Bruta	
Região/Estado	Castro/PR	Campos Novos/SC	Castro/PR	Campos Novos/SC
Mínimo (R\$/ha)	2.389,05	2.282,85	92,49	342,76
Média (R\$/ha)	4.221,82	3.489,80	6.764,98	5.556,89
Máximo (R\$/ha)	6.975,20	5.486,28	33.248,28	31.594,77
Desv. Pad. (R\$/ha)	603,89	358,40	3.190,30	2.458,56
Coef. Variação (%)	14,30%	10,27%	47,16%	44,24%
Assimetria	0,52800	0,59756	1,25863	1,24482
Curtose	3,62573	3,97112	6,17748	6,44030
Mediana (R\$/ha)	4.169,83	3.457,47	6.196,91	5.154,32
Moda (R\$/ha)	4.137,36	3.421,19	5.219,10	4.237,62
5% Perc. (R\$/ha)	3.320,64	2.957,17	2.658,60	2.381,64
95% Perc. (R\$/ha)	5.294,56	4.123,38	12.697,26	10.136,82

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 31. Resultados estatísticos das simulações referentes à margem bruta para a cultura do feijão primeira safra.

Região/Estado	Castro/PR	Campos Novos/SC
Mínimo (R\$/ha)	- 4.192,26	- 3.848,86
Média (R\$/ha)	2.543,16	2.067,08
Máximo (R\$/ha)	28.401,21	28.236,96
Desv. Pad. (R\$/ha)	3.138,58	2.473,26
Coef. Variação (%)	123,41	119,65
Assimetria	1,21408	1,19651
Curtose	6,10243	6,32739
Mediana (R\$/ha)	2.005,17	1.670,33
Moda (R\$/ha)	511,67	1.532,64
5% Perc. (R\$/ha)	- 1.479,76	- 1.185,77
95% Perc. (R\$/ha)	8.371,48	6.616,69
Probabilidade < 0	20,2%	19,1%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 37. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do feijão primeira safra em Castro/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 38. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do feijão primeira safra em Campos Novos/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Apesar de MB médias e máximas expressivas, comparativamente às demais culturas, há elevada probabilidade de margens negativas. Assim, seu risco ainda se mostra superior comparado à soja e ao milho primeira safra.

5.3.6. Análises para a Cultura do Feijão Segunda Safra

Os *outputs* do COE e RB originados a partir das simulações são dispostos na Tabela 32, e na Tabela 33 aqueles referentes à MB. Verifica-se que todas as regiões apresentam forma da curva de distribuição de frequências para a MB assimétrica a direita, condizente com valor positivo e acima de um.

Tabela 32. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo e à receita bruta para a cultura do feijão segunda safra.

Output	Custo Operacional Efetivo			Receita Bruta		
	Castro/PR	Guarapuava/PR	Xanxerê/SC	Castro/PR	Guarapuava/PR	Xanxerê/SC
Mínimo (R\$/ha)	2.339,66	2.569,20	1.677,93	86,27	440,95	149,93
Média (R\$/ha)	4.099,07	3.333,49	2.785,31	5.568,29	5.212,11	5.451,44
Máximo (R\$/ha)	7.643,79	5.716,61	4.000,75	17.008,65	18.419,72	33.460,33
Desv. Pad. (R\$/ha)	589,20	271,40	324,23	2.001,14	2.034,75	3.077,79
Coef. Variação (%)	14,37%	8,14%	11,64%	35,94%	39,04%	56,46%
Assimetria	0,48870	1,03313	- 0,08214	0,98136	1,07179	1,57482
Curtose	3,77496	5,50209	2,94448	4,71859	5,08207	7,42600
Mediana (R\$/ha)	4.056,82	3.297,67	2.789,40	5.273,73	4.897,13	4.796,56
Moda (R\$/ha)	3.903,95	3.239,65	2.786,25	4.597,68	3.850,80	3.729,20
5% Perc. (R\$/ha)	3.214,01	2.963,81	2.234,47	2.864,77	2.530,43	1.822,46
95% Perc. (R\$/ha)	5.133,30	3.828,91	3.307,87	9.321,11	8.976,23	11.299,19

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Tabela 33. Resultados estatísticos das simulações referentes à margem bruta para a cultura do feijão segunda safra.

Região/Estado	Castro/PR	Guarapuava/PR	Xanxerê/SC
Mínimo (R\$/ha)	- 2.674,66	- 2.412,22	- 1.693,75
Média (R\$/ha)	1.469,23	1.878,63	2.666,13
Máximo (R\$/ha)	10.757,52	13.158,53	29.476,20
Desv. Pad. (R\$/ha)	1.566,95	1.774,91	2.783,46
Coef. Variação (%)	106,65	94,48	104,40
Assimetria	1,08809	1,04137	1,77069
Curtose	5,08364	4,98090	8,43343
Mediana (R\$/ha)	1.213,41	1.601,43	2.004,75
Moda (R\$/ha)	1.226,06	1.309,14	1.544,84
5% Perc. (R\$/ha)	- 583,39	- 485,32	- 437,27
95% Perc. (R\$/ha)	4.363,37	5.175,73	8.013,82
Probabilidade < 0	15,0%	11,7%	11,4%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A região de Xanxerê/SC retratou o cenário de menor risco, refletido pelo valor modal superior em relação aos demais, ponto máximo bastante elevado, e cauda da MB prolongada a direita (Figura 41), indicando um maior achatamento da curva e maior valor de curtose. Além do mais, esta região detém o menor COE dentre os analisados, tanto em termos de valor mínimo, médio, máximo e modal.

A região de Castro/PR apresentou maior probabilidade de retornar MBs inferiores a zero pois, embora apresente a maior RB média dentre as regiões, seu COE médio é também o mais elevado. Não obstante, a menor quantidade de valores extremos da MB e menor desvio padrão, gera concentração de valores próximo à moda, como se verifica pela forma da curva de distribuição de frequências (Figura 39).

Já em Guarapuava/PR, apesar da proximidade com Castro/PR, detém menor risco de MB negativa. Apesar de apresentar a menor RB média dentre as regiões, seu valor mínimo é superior, além de apresentar menor COE comparado à Castro/PR.

Ao observar a forma da curva de MB de Guarapuava/PR (Figura 40), há menor quantidade de valores extremos, com tendência de concentração ao redor do valor modal, resultando em menor desvio padrão. Assim, modas menores favorecem um risco mais elevado, de maneira que Castro/PR apresenta maior quantidade de valores inferiores a zero em comparação a Guarapuava/PR, em termos de MB.

Figura 39. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do feijão segunda safra em Castro/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 40. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do feijão segunda safra em Guarapuava/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 41. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura do feijão segunda safra em Xanxerê/SC, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.3.7. Análises para a Cultura da Cevada

Os *outputs* originados a partir das simulações referentes ao COE, RB e MB são dispostos na Tabela 34 e Figura 42. A quantidade de valores de MB inferiores a zero reflete a grande variabilidade da RB. Apesar da ocorrência de RB relativamente elevadas, há também possibilidade de valores bastante inferiores, refletindo a forma da curva praticamente simétrica. Embora sua RB média seja superior ao COE médio, seu valor mínimo e 5% percentil são inferiores aos do COE. O COE, por sua vez, detém maior concentração de valores próximo ao ponto médio e modal.

Tabela 34. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo, à receita bruta e à margem bruta para a cultura da cevada.

Output	Custo Operacional Efetivo	Receita Bruta	Margem Bruta
Região/Estado	Guarapuava/PR	Guarapuava/PR	Guarapuava/PR
Mínimo (R\$/ha)	1.434,58	19,08	- 1.983,97
Média (R\$/ha)	2.891,92	3.084,11	192,19
Máximo (R\$/ha)	5.119,40	7.436,90	3.423,18
Desv. Pad. (R\$/ha)	430,02	886,93	603,70
Coef. Variação (%)	14,87%	28,76%	314,12%
Assimetria	0,22632	- 0,00499	0,26963
Curtose	3,31461	3,54551	3,81840
Mediana (R\$/ha)	2.878,43	3.097,80	175,69
Moda (R\$/ha)	2.821,37	3.106,10	195,21
5% Perc. (R\$/ha)	2.212,51	1.604,39	- 756,88
95% Perc. (R\$/ha)	3.614,88	4.508,93	1.220,40
Probabilidade < 0	Não disponível	Não disponível	37,7%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Em comparação ao trigo, a cevada apresenta menor probabilidade de MB negativas, uma vez que detém RB média relativamente elevada, embora detenha também COE médio superior em relação ao trigo. Já em relação ao feijão segunda safra, outra cultura concorrente por área, o desempenho da cevada se mostra inferior, resultando em maior probabilidade de MB inferiores a zero, além de deter menores retornos em Reais por ocasião de MB positiva.

Figura 42. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da cevada em Guarapuava/PR, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.3.8. Análises para a Cultura da Aveia Branca

Os *outputs* originados a partir das simulações são dispostos na Tabela 35, referente ao COE, RB e MB, e na Figura 43. A forma da curva do COE retrata elevada concentração de valores próxima à média e moda, com coeficiente de variação relativamente baixo, em contraste com a forma da RB, sugerindo que há maior variabilidade e instabilidade sobre a mesma. O valor modal negativo sobre a MB resulta em elevada quantidade de valores com probabilidade inferior a zero. O COE, a RB e a MB são assimétricos a direita, e detém curtose superior a três.

Além do custo de produção da aveia branca ser inferior em relação ao trigo, concorrente direto por área, sua MB é negativa em menor intensidade, tanto em termos de média quanto de moda, resultando em risco de produção de quase 70% – contra 78,4% do trigo. Entretanto, a RB relativamente baixa da aveia branca gera, em consequente, elevado risco, de forma que a adoção de cultura de cobertura pode se constituir em melhor alternativa, pois resulta em margem negativa em menor intensidade.

Tabela 35. Resultados estatísticos das simulações referentes ao custo operacional efetivo, à receita bruta e à margem bruta para a cultura da aveia branca.

Output	Custo Operacional Efetivo	Receita Bruta	Margem Bruta
Região/Estado	Tupanciretã/RS	Tupanciretã/RS	Tupanciretã/RS
Mínimo (R\$/ha)	980,53	541,30	- 857,36
Média (R\$/ha)	1.211,52	1.133,76	- 77,76
Máximo (R\$/ha)	1.847,92	2.640,20	1.249,70
Desv. Pad. (R\$/ha)	81,41	224,06	222,03
Coef. Variação (%)	6,72%	19,76%	- 285,52%
Assimetria	0,99670	0,91341	0,81954
Curtose	5,31144	4,67586	4,48465
Mediana (R\$/ha)	1.200,84	1.102,73	- 104,72
Moda (R\$/ha)	1.196,45	1.100,73	- 190,90
5% Perc. (R\$/ha)	1.099,46	825,43	- 387,90
95% Perc. (R\$/ha)	1.361,40	1.545,08	329,19
Probabilidade < 0	Não disponível	Não disponível	68,9%

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 43. Distribuição de frequência da receita bruta, custo operacional efetivo e margem bruta para a cultura da aveia branca em Tupanciretã/RS, em R\$/ha.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.4. Otimização de Sistemas Produtivos por Retorno e Risco

Nesta subseção, apresentam-se os resultados do processo de otimização para sistemas produtivos, de forma a obter a composição de culturas em cada região, via propriedade típica, visando maximizar a Receita Líquida, em um contexto de fronteira eficiente. Verificar-se-á em cada região como o uso do solo entre as culturas contribui para a redução do risco e sua relação com o retorno sobre os investimentos.

Para a otimização, serão considerados as funções de distribuição geradas nos *outputs* de COE, RB e MB, analisadas na seção anterior, as quais tiveram como base as funções de distribuição para cada item de custo descritos

na seção 5.2. Como apresentado na metodologia, uma das restrições inseridas no processo de otimização será a área total para cultivo em cada região por ano agrícola, descritos nas tabelas da subseção 5.1.1. Assim, será considerado na otimização que a soma das áreas das culturas adotadas na primeira safra deve ser igual à área total ou de primeira safra. O mesmo é válido para as culturas de segunda safra, de maneira que sua soma deve ser igual à área total ou de primeira safra, incluindo culturas comerciais e de cobertura verde. Com base nessas áreas, foram disponibilizados os recursos para maximização, representados pelos desembolsos necessários para o cultivo, como descritos na tabela apresentada na subseção 5.1.2. Posteriormente, da margem bruta maximizada, foram subtraídos os valores de Custos Fixos.

Também será restrita a área máxima a ser dedicada com feijão, conforme equação 10. Neste caso, os limites são apresentados na Tabela 36. Em Cascavel/PR, especificamente, optou-se por restringir o cultivo de cobertura verde, uma vez que nos últimos três anos toda área foi utilizada por culturas comerciais. Entretanto, seguiu-se o mesmo procedimento metodológico que o feijão, resultando em limite máximo de cultivo de aveia preta de cinco hectares. A seguir, discutem-se os resultados das otimizações específicas para cada região.

Tabela 36. Área total de cultivo (em hectares) máxima permitida ao feijão de primeira e segunda safras por região.

Região/Estado	Feijão primeira safra (ha)	Feijão segunda safra (ha)
Londrina/PR	Não disponível	Não disponível
Cascavel/PR	Não disponível	Não disponível
Castro/PR	40	18
Guarapuava/PR	Não disponível	22
Campos Novos/SC	16	Não disponível
Xanxerê/SC	Não disponível	5
Carazinho/RS	Não disponível	Não disponível
Tupanciretã/RS	Não disponível	Não disponível

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.4.1. Análises para a Região de Londrina/PR

O modelo de simulação para a região de Londrina/PR apontou como solução seis alternativas de composição de áreas como ótimos no contexto de fronteira eficiente, considerando o uso do solo somente com soja na primeira safra e com milho e/ou trigo na segunda safra. Ao analisar a fronteira eficiente (Figura 44), os sistemas mais atrativos do ponto de vista de risco e taxa de retorno ocorrem a partir do sistema quatro (ponto de inflexão da curva). Assim, os sistemas de 01 a três devem ser preteridos, uma vez que há alternativas de maiores retornos e menores riscos. O menor risco se encontra no sistema quatro, resultante de um balanceamento entre a área de milho segunda safra e de trigo, consonante com o princípio da diversificação de ativos.

Os sistemas de quatro a seis compõem a fronteira, sendo que a escolha entre eles depende da aversão ao risco do tomador de decisão. A partir do sistema quatro, ao se adicionar mais milho segunda safra ao sistema, o risco aumenta, mas com acréscimo também na taxa de retorno e ML (Figura 45 e Figura 46). Assim, ao se optar pelo sistema seis ao invés do quatro, tem-se um acréscimo de 12,24% na taxa de retorno, para um acréscimo de apenas 7,65% no risco. Observando a propriedade típica regional (Tabela 8), de fato há preferência pelo cultivo do milho segunda safra na totalidade da área, indicando que há aceitação de um risco maior em compensação pelo maior retorno. Contudo, o milho segunda safra ainda detém menor risco que o trigo, apresentando-se como melhor opção.

Figura 44. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para a região de Londrina/PR.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 45. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Londrina/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 46. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Londrina/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.4.2. Análises para a Região de Cascavel/PR

Na Figura 47, na Figura 48 e na Figura 49 são apresentados os resultados do processo de otimização da propriedade de Cascavel/PR. Verifica-se que na fronteira eficiente, os sistemas do nove ao 14 são os mais eficientes, pois apresentam retornos superiores, para um mesmo nível de risco, ao exemplo do contraste entre os sistemas oito e 10. O sistema nove é o ponto de inflexão da curva, indicando que os sistemas anteriores (de 01 a oito) são ineficientes e não devem ser adotados.

Conforme se reduz a área de milho segunda safra e aumenta a área com trigo, o risco reduz e a taxa de retorno aumenta, representados pelos sistemas 01 até o nove (Figura 47). Como verificado quanto à probabilidade de MB inferior a zero para culturas individuais, o risco do milho segunda safra é maior para Cascavel/PR, em relação ao trigo. A partir do sistema nove, ao se adicionar mais trigo e reduzir o milho segunda safra, ainda há aumento da taxa de retorno, mas acompanhado com um leve aumento do risco. O risco e taxa de retorno dos sistemas situados nos sistemas eficientes são similares, sendo sua escolha praticamente indiferente, com descolamento apenas no sistema 14.

O cultivo de cobertura verde não se mostrou atrativo, uma vez que em termos de probabilidade seu custo é maior que a perda de outras culturas e também não há RB vinculada. Observando o sistema 15, o maior cultivo de cobertura reduz a taxa de retorno (Figura 48) e a ML (Figura 49), em comparação ao sistema 14.

Figura 47. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para a região Cascavel/PR.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Ao se observar a ML, nota-se uma relação inversa com a taxa de retorno, de maneira que o sistema 01 detém maior ganho monetário que o sistema 14, embora a diferença entre as MLs seja de apenas 9,3%. Isto ocorre, pois, o menor COE do trigo tende a resultar em maior taxa de retorno, além de apresentar MB 13,16% superior em relação ao milho segunda safra. Contudo, a distribuição de RB e COE do milho segunda safra permite gerar cenários que resultam em MBs superiores em relação ao trigo, daí sua superioridade em termos de ML.

Figura 48. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Cascavel/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Sabendo que não há restrição sobre os recursos financeiros disponíveis, a escolha de cultivo se dará com base no maior retorno por unidade de área, representado na propriedade pela ML. Assim, dentre os sistemas que compõem a fronteira eficiente, a escolha será o nove, por apresentar o menor risco e a maior ML (Figura 49).

Conforme levantamento da composição da propriedade típica regional (Tabela 8), o sistema simulado que mais se assemelha ao real é o quatro, demonstrando que a escolha de fato se baseia na ML. Em relação ao sistema nove, ponto de inflexão da curva, aceita-se um acréscimo de 8,04% no risco, para um acréscimo de 4,58% na ML.

Nesta região se verifica a menor ML dentre as analisadas, como se verá adiante, com baixa amplitude entre os pontos máximo e mínimo. Ao se dividir a ML média pelo número de hectares para cultivo, tem-se um valor R\$ 348,22/ha, ainda o menor dentre as regiões, indicando baixa rentabilidade.

Figura 49. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Cascavel/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.4.3. Análises para a Região de Castro/PR

Verifica-se uma maior diversidade de culturas na região de Castro/PR, resultando mais possibilidades de sistemas possíveis de cultivo. O que se verifica a partir da Figura 50 e da Figura 51 é que os sistemas produtivos de nove ao 14 são indiferentes quanto ao risco e taxa de retorno, ou seja, há mínima diferença entre eles. Estes sistemas se constituem os mais adequados, por apresentam os menores coeficientes de variação, considerando taxas de retorno similares.

Os sistemas do nove ao 14 apresentam ausência de cultivo de milho primeira safra (exceto uma pequena área adotada no sistema nove), em virtude da maior MB proporcionada pela soja e feijão primeira safra. Tem-se uma redução da área de soja para o cultivo de feijão primeira safra, a despeito do maior risco desta última cultura. Não obstante, a capacidade do feijão primeira safra em retornar elevada RB compensa seu maior risco, em relação à soja, de forma que é cultivado em pequena proporção. O mesmo se observa para o feijão segunda safra, uma vez que detém menor risco e maior capacidade de geração de MB positiva em relação às culturas concorrente por área. Ainda sobre esse conjunto de sistemas, no restante da área de segunda safra, tem-se um equilíbrio entre o cultivo de trigo e cobertura verde.

Sistemas com área maior de trigo tendem à elevação do risco, conforme se verifica no contraste entre os sistemas de 20 a 24, e aqueles que possuem o menor risco (sistemas do nove ao 14). Por outro lado, o aumento da área de trigo promove também aumento da taxa de retorno, uma vez que a MB individual do trigo é positiva em maior intensidade, comparado à taxa negativa da cobertura verde.

Conforme se tende à monocultura, verificado tanto no sistema 01 quanto no 24, há tendência de aumento no risco, sendo que sistemas mais diversificados tendem à sua redução, conforme atestado na teoria do portfólio, de maneira que proporções mais equilibradas entre as culturas gerem um menor risco.

Figura 50. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para a região de Castro/PR.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 51. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Castro/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Nos dados apresentados na Figura 52 se verifica um menor retorno quando se cultiva maior área de cobertura verde, tanto em termos percentuais quanto monetários (ML). Assim, sistemas com maior proporção do cultivo de trigo resultaram em maior ML. O feijão, tanto de primeira quanto de segunda safras, tem auxiliado na obtenção de maiores ML. A região de Castro/PR retornou a maior ML dentre as analisadas, embora apresente grande amplitude entre os pontos máximo e mínimo (R\$ 261,5 mil). Entretanto, uma vez que apresenta área relativamente elevada de cultivo, a ML por hectare se mostra inferior.

Figura 52. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Castro/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Nota-se que a propriedade típica regional (Tabela 8) reflete o sistema 13, exceto pela adoção de milho primeira safra na proporção de 10%. Este sistema se situa na região de menor nível de risco, para um mesmo nível de retorno. Em relação ao sistema 24, o qual detém a maior taxa de retorno, prefere-se reduzir o risco em 9,52%, ao se aceitar uma taxa de retorno 2,59% inferior. Em termos monetários, aceita-se, no entanto, uma ML inferior em 42,02%.

5.4.4. Análises para a Região de Guarapuava/PR

Nesta região também se verifica maior diversidade de alternativas para a composição do sistema produtivo, especialmente em relação à segunda safra. Entretanto, a dinâmica produtiva da segunda safra se concentra nas proporções entre cevada e cobertura verde, estando o trigo relegado ao segundo plano.

Os resultados da simulação (Figura 53 e Figura 54) demonstram que os sistemas de oito a 14 possuem níveis similares de risco, sendo o menor risco verificado no sistema 12, e os maiores retornos obtidos nos sistemas de 11 a 14. De modo geral, os sistemas de oito a 10 retratam maior diversificação, além de maior cultivo de cevada. Já o outro conjunto, composto pelos sistemas de 11 a 14, reduzem substancialmente o cultivo de cevada, aumentando, por conseguinte, o cultivo de cobertura verde. Dessa forma, nesses sistemas a taxa de retorno é maior em função da redução do COE proporcionado pela cobertura verde.

Entretanto, pela perspectiva de ML (Figura 55), o aumento do cultivo de cobertura verde reduz a quantia monetária obtida na propriedade como um todo, uma vez que não se tem RB. Não obstante, a maior ML é obtida no sistema dois, decorrente do não cultivo de cobertura verde.

A adoção de milho primeira safra não aparentou atratividade, diante da menor MB em relação à soja. O trigo também foi pouco cultivado, parcialmente explicado pelo alto risco individual, possuindo proporções maiores apenas nos sistemas cinco e nove. Assim, no sistema cinco se verifica a menor taxa de retorno de todos os resultados otimizados.

O cultivo de feijão segunda safra na totalidade da área disponibilizada na simulação, contribui para altas taxas de retorno. Do sistema 12 até o 15, conforme se reduz a área de feijão segunda safra e aumenta a cobertura verde, a taxa de retorno e a margem líquida são reduzidas.

Figura 53. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para a região de Guarapuava/PR.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 54. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Guarapuava/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Pela perspectiva da minimização do risco, deve-se cultivar o sistema 12. Entretanto, pela perspectiva de ML, deve-se cultivar o sistema dois. Ambos não adotam o trigo e cultivam 100% da área disponibilizada na simulação de feijão segunda safra. Ao se adotar o sistema dois em detrimento do 12, aceita-se um incremento de 19,52% no risco, mas acompanhando de um incremento de 21,94% na ML.

A propriedade típica regional (Tabela 8) retratou na safra 2018/19 cultivo expressivo de milho primeira safra, atingindo 30% da área de primeira safra, não condizente com os sistemas otimizados. Em termos de segunda safra, nota-se pouca expressividade no cultivo de trigo, assim como para cevada.

Figura 55. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Guarapuava/PR, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

5.4.5. Análises para a Região de Campos Novos/SC

Observando as informações disponibilizadas na Figura 56 e na Figura 57, verifica-se um ponto de inflexão da fronteira eficiente no sistema 16, constituindo o menor risco possível dentre as composições de sistemas. Entretanto, os sistemas de 12 a 17 possuem níveis bastante próximos de risco, sendo indiferente sua escolha neste quesito.

Nota-se que os sistemas menos arriscados são aqueles que geram os maiores retornos, indo em direção contrária à noção de que retornos maiores são associados a um maior risco (ASSAF NETO, 2014). Entretanto, esta observação decorre do fato de que a fronteira eficiente não foi integralmente desenhada a partir dos sistemas otimizados, sendo apenas identificadas dois pontos que a compõem, de forma que pontos adicionais na fronteira eficiente sinalizam para menor retorno associado a um maior risco.

Figura 56. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para a região de Campos Novos/SC.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 57. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Campos Novos/SC, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A cultura do trigo, uma vez que detém probabilidade de resultar MB negativa em ao menos metade dos anos cultivados, tende a gerar sistemas mais arriscados e de menor taxa de retorno, como se verifica pelo contraste entre os sistemas 01 e 17. Por outro lado, com a redução do trigo e aumento da cobertura verde, tem-se redução do risco do sistema, acompanhado em aumento da taxa de retorno, em função do menor COE da cobertura verde.

Por outro lado, ao se observar a ML (Figura 58), o aumento da cobertura verde causa sua redução, por não apresentar RB, em comparação ao trigo. Assim, ao se optar pelo sistema 12 em relação ao 16, aceita-se um aumento de 6,14% no nível de risco, para um incremento de 1,39% na ML, o que equivale a R\$ 7.250,30 referente à propriedade como um todo. A ML média, dividida pela área total de cultivo, foi superior em Campos Novos/SC em comparação às demais regiões, com valor de R\$ 1.680,04/ha.

Figura 58. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Campos Novos/SC, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Concernente à diversificação, os sistemas que detêm milho primeira safra e/ou feijão primeira safra não contribuem necessariamente para a redução do risco, além de que são cultivados em pequenas quantidades nos sistemas otimizados. Isto se dá pela maior MB individual da soja, a qual apresenta probabilidade zero de valores negativos, se apresentando mais atrativa. A propriedade típica regional (Tabela 9) não condiz com os resultados da otimização, pois sinaliza maior cultivo de feijão primeira safra e de milho primeira safra, além da adoção de aveia branca nas últimas duas safras, não captada no modelo devido à insuficiência de dados.

5.4.6. Análises para a Região de Xanxerê/SC

Para a região de Xanxerê/SC, os sistemas 11 ao 15 apresentaram níveis de risco bastante similares entre si, sendo o sistema 14 o ponto de inflexão da fronteira eficiente, ou seja, sistema com o menor risco possível (Figura 59). A diferença entre eles reside na proporção de cultivo de trigo e de cobertura verde, com reflexos na taxa de retorno (Figura 60) e na ML (Figura 61).

Figura 59. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para a região de Xanxerê/SC.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Nota-se uma tendência de redução do risco conforme se reduz o cultivo do trigo, como se verifica no contraste entre os sistemas 01 e 15. Assim, uma vez que o feijão segunda safra é limitado a 5 ha, a cobertura verde se constitui na opção alternativa ao trigo e tem contribuído para a redução do risco e aumento da taxa de retorno.

Figura 60. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Xanxerê/SC, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

O aumento da taxa de retorno pela maior adoção de cobertura verde está atrelado ao seu menor COE. Assim, tem-se, por outro lado, redução da ML, uma vez que não há RB, resultando em MB negativa. O sistema 01 se destaca em termos de ML, com redução gradual até o 16. Ao se adotar o sistema 14 de menor risco, ao invés do sistema 01 de maior ML, tem-se uma redução de 17,56% no coeficiente de variação, para uma redução de 6,96% na ML.

O feijão segunda safra é cultivado em seu limite máximo permitido no modelo em praticamente todos os sistemas otimizados, com exceção do 16, o qual tem sua taxa de retorno reduzida e risco aumentado. O milho de primeira safra não tem sido atrativo, pois sua MB individual é inferior ao da soja, além de COE superior.

Conforme se tende à monocultura, especialmente na segunda safra, nota-se aumento do risco. Desta forma, quando não se opta por cultivar trigo ou cobertura verde, tem-se redução de ativos e consequente aumento do risco.

Figura 61. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Xanxerê/SC, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

A propriedade típica regional (Tabela 9) não foi representada na otimização, haja vista que o milho primeira safra não foi selecionado, além de que não foi possível adicionar ao modelo a aveia branca pela ausência de dados suficientes para definir sua distribuição de probabilidades. Nota-se, por outro lado, redução da área de trigo, sinalizando a percepção de maior risco desta cultura.

5.4.7. Análises para a Região de Carazinho/RS

Os resultados da simulação para Carazinho/RS apenas retornaram uma única composição de sistema produtivo, o qual é composto por 250 ha de soja na primeira safra e 250 ha de cobertura verde na segunda safra, ou seja, sem cultura comercial na segunda safra. Conforme se verifica no comparativo de MB entre as culturas concorrentes por área de primeira safra, o milho tem sido relegado a segundo plano na maioria das regiões, condizente com este resultado. Já em relação à segunda safra, o alto risco do trigo impediu que fosse adotado para a composição de sistemas.

Assim, não foi possível desenhar a fronteira eficiente ou o gráfico representando sistemas produtivos otimizados. De fato, a propriedade típica da região (Tabela 10) demonstra pouco cultivo de milho primeira safra e de trigo, sendo esta última cultura com tendência de redução ao longo dos anos. O cultivo de soja seguida por cobertura verde resulta em risco de 38,46%, taxa de retorno de 30,64% e ML de R\$ 315.997,95/ano.

5.4.8. Análises para a Região de Tupanciretã/RS

Nesta região, os resultados demonstraram que há mais de um sistema que pode ser escolhido, considerando um mesmo nível de risco (Figura 62 e Figura 63). Por outras palavras, os sistemas produtivos de 10 a 13 possuem níveis de risco similares entre si, para um mesmo nível de retorno, de forma que é indiferente a escolha entre eles. O sistema com o menor risco é o 11, constituindo ponto de inflexão da fronteira eficiente.

Figura 62. Fronteira eficiente resultante do processo de otimização para Tupanciretã.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

Figura 63. Caracterização do uso da área, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Campos Novos, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

De modo geral, a fronteira eficiente indica redução do risco e aumento da taxa de retorno conforme se reduz o cultivo de aveia branca e aumenta a cobertura verde. O trigo não tem sido adotado em nenhum sistema resultante da otimização, uma vez que seu risco individual de produção é bastante elevado – o maior dentre as regiões analisadas.

Por outro lado, a decisão tomada com base na ML demonstra que a maior adoção de aveia branca aumenta seu valor (Figura 64), representado pelo sistema 01, uma vez que esta cultura detém individualmente MB superior em relação às demais. Assim, ao se escolher o sistema 01 em busca de maior ML, em detrimento do sistema 11 de menor risco, aceita-se um risco 9,13% maior, para um incremento de 7,07% na ML.

A diversificação constitui fator redutor do risco, uma vez que os sistemas que tendem à monocultura apresentam aumento do risco. Em relação à propriedade típica regional (Tabela 10), em que há cultivo de trigo, não houve correspondência nos resultados da otimização – esta cultura apresenta tendência de redução de uso do solo em segunda safra ao longo dos anos. A primeira safra, de fato, é cultivada integralmente com soja. Os sistemas que mais se assemelham à propriedade típica regional são o 12 e 13, demonstrando tomada de decisão mais assertiva com base no risco e taxa de retorno.

Figura 64. Margem líquida, coeficiente de variação e taxa de retorno sobre o custo total para a região de Castro, com base nos Sistemas Produtivos otimizados.

Fonte: dados da pesquisa (2020).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi quantificar e analisar a relação de risco e taxa de retorno de sistemas produtivos de grãos no Sul do Brasil. Por grãos, compreendeu-se soja, milho, trigo, feijão, aveia branca e cevada. Os objetivos específicos foram: (a) compreender a dinâmica produtiva do cultivo de grãos no Sul do Brasil; (b) caracterizar a região do Sul do Brasil, no sentido de identificar quais os sistemas produtivos predominantes, por meio da propriedade típica e representativa por Estado; (c) identificar, quantificar e analisar os riscos de margens negativas de cada cultura de forma isolada, bem como comparar riscos de uma mesma cultura em diferentes regiões;; (d) comparar sistemas produtivos de diferentes regiões, abordando a relação entre taxa de retorno e risco; (e) identificar se a diversificação de culturas contribui para a redução do risco.

Sobre aspectos metodológicos, adotou-se a metodologia de Monte Carlo a partir de 16 variáveis que incorporam área de cultivo, custo de produção e receita de comercialização, as quais se julgou influenciar no risco e retorno. A partir de *outputs* de custo operacional efetivo e receita bruta, obteve-se a margem bruta para cada cultura, indicando a probabilidade de margens inferiores a zero. Em seguida, encontrou-se a melhor composição de sistemas produtivos de cada região, em um processo de otimização sobre a margem líquida, buscando definir a fronteira eficiente pela relação entre taxa de retorno e risco – expresso pelo coeficiente de variação. Foi restringida a área máxima permitida de cultivo do feijão, tanto primeira quanto segunda safra, por questões técnicas e relacionadas ao histórico de cultivo. Os dados utilizados foram coletados e disponibilizados pelo Cepea/CNA (2019), compreendendo as safras de 2012/13 a 2018/19 para quatro regiões do Paraná (Londrina, Cascavel, Castro e Guarapuava) e duas do Rio Grande do Sul (Carazinho e Tupanciretã), e as safras de 2013/14 a 2018/19 para duas regiões de Santa Catarina (Campos Novos e Xanxerê).

Ao observar a tendência de culturas temporárias (IBGE, 2018), houve aumento da área de soja no Sul do Brasil, atingindo mais da metade da área total de lavouras temporárias do Estado do Paraná e Rio Grande do Sul. Não obstante, uma vez que o consumo interno representa menos da metade do total produzido, as exportações da oleaginosa são crescentes (CONAB, 2019a). Na sequência, tem-se adoção de milho no Paraná e Santa Catarina, com tendência de redução de área do milho primeira safra. Já para o milho segunda safra, cultivado apenas no Paraná pelas condições edafoclimáticas favoráveis, retratou tendência de aumento de área, representando mais de três quartos do milho total cultivado no Estado. O consumo de milho tem representado por volta de dois terços da produção, sendo o restante destinado ao mercado externo. No Rio Grande do Sul cultivou-se arroz em 12% da área como média entre as safras 2016/17 e 2018/19, mas com leve tendência de redução desde o início da década de 2000. O trigo aparece na terceira posição em área cultivada de lavoura temporária no Paraná e Rio Grande do Sul, com tendência de redução desde o início da década de 2000. Fato interessante é a grande necessidade de importação deste cereal, chegando a mais de 50% do total consumido desde o final da década de 2000. Em Santa Catarina, o arroz ocupa a terceira posição em área cultivada de lavouras temporárias, com tendência de aumento.

Ao se tratar de sistemas produtivos, com base nos dados do Cepea/CNA (2019), nota-se que os padrões descritos no parágrafo anterior são condizentes com a realidade. Em Cascavel/PR e Londrina/PR, há cultivo predominante de soja na primeira safra (não se cultiva milho primeira safra), seguido por milho segunda safra em mais de três quartos da propriedade, sendo o restante destinado a trigo ou cobertura verde. Para Castro/PR e Guarapuava/PR, a soja representa mais de 70% da área de primeira safra, sendo o restante cultivado com milho primeira safra, e feijão primeira safra em Castro/PR. Já para a segunda safra, mais de 60% da área tem sido destinada

à cobertura verde nessas regiões, sendo cultivado trigo e feijão segunda safra no restante da área, e cevada em Guarapuava/PR.

Em Campos Novos/SC e Xanxerê/SC, a soja tem representado mais de três quartos da área de primeira safra, sendo o restante destinado ao milho primeira safra, e feijão primeira safra em Campos Novos/SC. Nessas regiões, mais da metade da área de segunda safra é destinada à cobertura verde, exceto nas safras 2017/18 e 2018/19 em Xanxerê/SC por ocasião de expressivo cultivo de aveia branca. O trigo tem sido cultivado em pequenas proporções na safra 2018/19 nessas duas regiões, com tendência de redução desde 2013/14. Por fim, tem-se cultivo de soja em 100% da área de primeira safra em Tupanciretã/RS, e em mais de 90% em Carazinho/RS, sendo o restante cultivado com milho primeira safra. Na segunda safra, tem-se tendência de redução de cultivo de trigo nessas duas regiões, adotando-se cobertura verde em ao menos três quartos da área desde a safra 2013/14.

Buscando compreender esta dinâmica de cultivo, pertinente às culturas individuais adotadas na primeira safra, verificou-se que a soja contribui efetivamente para a redução do risco e aumento do retorno, uma vez que apresenta margem bruta (MB) relativamente elevada, a qual é obtida pela diferença entre a receita bruta de comercialização (RB) e o custo operacional efetivo de produção (COE). As estatísticas da MB resultantes das simulações para a soja apontam que há predominância de valores positivos, ao se observar média, moda e 5% percentil positivos, de forma que há probabilidade inferior a 0,9% de ocorrer valores inferiores a zero.

O milho primeira safra também apresenta maior quantidade de valores na porção positiva das curvas de distribuições de frequências resultantes das simulações, especialmente em Santa Catarina, cujo preço e produtividade são relativamente elevados, resultando em risco de MB negativa máxima de 1,0%. Nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul, os resultados econômicos são menos favoráveis, resultando em risco de MB negativa na faixa de 12,3% a 18,3% para o milho primeira safra. Já para o feijão primeira safra, embora apresente maior risco de MB negativa em relação às culturas concorrentes por área, tanto em Castro/PR quanto Campos Novos/SC, há possibilidade de obter MBs extremamente elevadas.

Ao se tratar de culturas semeadas em segunda safra, o trigo apresentou probabilidade de MBs negativas consideravelmente elevada, superando 50% na maioria das regiões analisadas, retratando valores negativos para média e moda da MB, com exceção de Cascavel/PR e Castro/PR, que tiveram risco de 32,5% e 30,4%, respectivamente. Para o milho segunda safra, o risco aproximou-se de 50% para Londrina/PR e Cascavel/PR, sendo mais atrativo na primeira região em relação ao trigo, embora ainda haja chance de MB negativa em metade dos anos em que se cultiva o milho segunda safra.

Para o feijão segunda safra, os níveis de risco foram consideravelmente inferiores em relação ao trigo, cultura diretamente concorrente por área, para todas as regiões em que houve cultivo de feijão segunda safra – Castro/PR, Guarapuava/PR e Xanxerê/SC. Ademais, esta cultura tem condições de proporcionar MBs bastante elevadas, dependente dos itens que compõem sua RB. Tem-se ainda para a região de Guarapuava/PR a possibilidade do cultivo de cevada em segunda safra, cujo nível de risco situa-se em 37,7% em termos de probabilidade de MB negativa, sem grandes possibilidades de obtenção de MBs relativamente elevadas. Para Tupanciretã/RS, pode-se cultivar aveia branca, a qual se mostrou extremamente arriscada, chegando a 68,9% de chance de retornar MB negativa, embora ainda seja 9,5% inferior em relação ao trigo.

De fato, se tratando de composição de sistemas produtivos, alguns possibilitam atingir um menor risco e maior retorno em relação a outros, refletindo o desempenho das culturas individuais, auxiliando na tomada de decisão. A partir da realização de simulações, com o intuito de otimizar a margem líquida (ML) da propriedade como um todo,

obtida pela subtração da MB do custo fixo da propriedade, pode-se identificar aqueles sistemas que geram menor risco, para um mesmo nível de retorno, permitindo traçar a fronteira eficiente.

Na região de Londrina/PR, os sistemas mais eficientes do ponto de vista de risco (coeficiente de variação) e taxa de retorno (relação entre ML e COE mais custo fixo) envolvem aqueles com 100% de soja semeada na primeira safra, seguido por 43% da área de milho segunda safra e 57% com trigo, ou com proporções maiores de milho segunda safra. Conforme se tende ao cultivo total de milho segunda safra, há leve aumento do risco, mas com aumento da ML e taxa de retorno. Este padrão se verifica na propriedade típica regional, retratando uma tendência ao cultivo integral de milho segunda safra.

Em Cascavel/PR, dentre os sistemas otimizados, aqueles mais eficientes sobre risco e taxa de retorno são compostos por 100% de soja na primeira safra, seguido por cultivo máximo de 27% de milho segunda safra, e o restante com trigo. Conforme se aumenta o cultivo do trigo, tem-se aumento do risco do sistema, associado à uma redução da ML. A propriedade típica regional demonstra que há preferência pela adoção de milho segunda safra, apesar de seu risco superior em relação ao trigo, em virtude de um aumento do retorno monetário proveniente (ML). Nesta região se encontra os maiores níveis de risco verificados, atingindo o mínimo de 51,26% no sistema eficiente mencionado.

Para Castro/PR, o sistema otimizado com o menor risco para um dado nível de retorno, abrangem cultivo de soja em por volta de 95% da área de primeira safra e 5% de feijão primeira safra, seguido por feijão segunda safra em 3% da área, trigo em 33% da área, e cobertura verde em 64% da área. Ao se aumentar o cultivo de trigo em detrimento da cobertura verde, aumenta-se o risco, mas também a ML. Em termos de retorno monetário, a região de Castro/PR proporcionou a maior ML média da propriedade como um todo, contudo, ao se dividir esse número pela área total de cultivo, Campos Novos/SC se sobressai. Em relação à propriedade típica regional, tem-se cultivo de milho primeira safra, não consonante com os sistemas otimizados, além de cultivo de trigo em menor proporção, não se apresentando o ponto ótimo de risco e retorno. Assim, verifica-se claramente redução da ML obtida na propriedade como um todo, além de aumento do risco.

Na região de Guarapuava/PR, os sistemas otimizados de menores níveis de risco para um mesmo retorno, indicam o cultivo de soja em 100% da área, seguido por 6% da área com feijão segunda safra, 0-19% com trigo, 0-40% com cevada, e 47-97% com cobertura verde. Nota-se maiores possibilidades de escolha entre culturas, com pouca variação no risco e taxa de retorno. Contudo, ao se adotar cevada em maiores proporções, há incremento da ML. Na propriedade típica regional, há adoção de milho primeira safra em por volta de 30% da área, além de expressivo cultivo de cobertura verde (60%), seguido por trigo em menor proporção, cevada e feijão segunda safra, não sendo condizente com maiores MLs e menores taxas de risco.

Para Campos Novos/SC, o sistema otimizado mais eficiente do ponto de vista de risco e taxa de retorno é composto por soja em 100% da área de primeira safra, seguido por 97% da área de cobertura verde e 3% de trigo na segunda safra. Este sistema reflete o menor risco dentre todos os sistemas analisados em todas as regiões, com valor de 24,47%. O aumento da área de trigo tem aumentado consideravelmente o risco do sistema, acompanhado de leve aumento da ML. A propriedade típica regional apresenta cultivo de milho primeira safra em 11-20%, feijão primeira safra em 5-15% e o restante com soja, demonstrando que há perda de ML, uma vez que a MB individual da soja tem contribuído para uma maior rentabilidade. Já para a segunda safra, tem-se de fato tendência de aumento da cobertura verde, pela redução do trigo, e pequeno cultivo de aveia branca, não captada no modelo por ausência de dados.

Em Xanxerê/SC, o sistema otimizado com baixo nível de risco e alta taxa de retorno é composto por soja em 100% da área de primeira safra, seguido por 3% de feijão segunda safra, 9% de trigo e 87% de cobertura verde.

Embora menores proporções de área de trigo reduzam o risco, há consequente redução da ML. A propriedade típica regional retrata cultivo de milho primeira safra em 15-20% da área e o restante com soja, e maior variabilidade na segunda safra, composta principalmente por aveia branca (não captada no modelo por ausência de dados), cobertura verde e feijão segunda safra, não otimizando a rentabilidade da propriedade como um todo. Percebe-se uma busca por outras alternativas à serem adotadas na segunda safra, em detrimento da cultura de cobertura e do trigo, sendo necessário acompanhamento nas próximas safras a fim de verificar a evolução do cultivo de aveia branca.

Em Carazinho/RS, apenas um único sistema foi otimizado, composto por 100% de soja na primeira safra, e 100% de cobertura verde na segunda safra, não adotando o trigo em hipótese alguma. A propriedade típica regional reflete cultivo de soja em 90-95% da área, sendo o restante cultivado com milho primeira safra, não condizente com a otimização. Já para a segunda safra, nota-se tendência de aumento da cobertura verde e redução do trigo, atingindo 90% da área com a cobertura verde na safra 2018/19, consonante com o observado na otimização.

Por fim, o sistema otimizado de Tupanciretã/RS para um menor risco retrata uma área com soja em 100% da primeira safra, seguido por 86% de cobertura verde e 14% de aveia branca, sem adoção de trigo. Entretanto, o aumento da área de cobertura verde em detrimento da aveia branca gera redução da ML. Na propriedade típica regional, de fato há cultivo integral de soja na primeira safra, seguido por 90% de cobertura verde, 6% de trigo e 4% de aveia branca, se aproximando do sistema otimizado.

Em todas as regiões, conclui-se que a soja é predominantemente adotada na primeira safra, em detrimento da elevada MB individual da oleaginosa. Na segunda safra, há adoção de cobertura verde em elevada proporção, com exceção de Londrina/PR e Cascavel/PR pelas características edafoclimáticas e tamanho da propriedade. Isto se explica pela ausência de alternativas de segunda safra que se mostrem atrativas do ponto de vista de risco. Ao se adotar culturas comerciais em segunda safra em detrimento da cobertura verde, isto é, aquelas que são comercializadas e geram receita de venda, tem-se aumento do risco, mas associado ao aumento de retorno monetário, expresso pela ML.

De modo geral, verifica-se elevada variabilidade entre os resultados em cada safra, expresso pelo coeficiente de variação dos sistemas produtivos. Regiões com propriedade típica com área relativamente pequena tem resultado em MLs inferiores, ao exemplo de Londrina/PR, Cascavel/PR e Xanxerê/SC.

A diversificação de culturas em uma mesma propriedade tem sido condizente com um menor risco, conforme os princípios de Markowitz (1952), uma vez que sistemas com tendência à monocultura resultaram em incremento no risco. A diversificação geográfica, a qual atesta que sistemas semelhantes, mas cultivados em localidades diferentes, geram valores de risco diferentes para um mesmo nível de retorno, foi comprovada neste estudo. Ao abordar culturas individuais, percebe-se que os riscos de margens negativas são variáveis entre as regiões analisadas, sendo que regiões próximas tendem a refletir padrões menos discrepantes. O mesmo pode ser observado para sistemas produtivos, os quais apresentam coeficientes de variação distintos para as diversas regiões, embora não foi possível comparar sistemas produtivos compostos pelas mesmas proporções de cada cultura.

Este trabalho contribui, pela perspectiva científica, em quantificar o risco de culturas individuais e de sistemas produtivos no Sul do Brasil, suprimindo sua carência na literatura. Pela perspectiva de mercado e aplicações, a partir dos dados apresentados pode-se selecionar quais sistemas produtivos cultivar e em qual região, com base na relação de risco e retorno e nas preferências individuais do tomador de decisão. Contribui também para formuladores de políticas públicas, especialmente endereçadas a produtores de grãos e outros agentes nas respectivas cadeias produtivas.

As limitações do estudo consistem da não incorporação de outras fontes de risco na análise, tampouco na adoção de estratégias diversas para mitigação do risco. Sabe-se que outros fatores influenciam na decisão do produtor

rural, para além do escopo de risco e retorno. Efeitos agronômicos da sucessão e diversificação de culturas sobre as necessidades de adubação e aplicação de defensivos, e consequente produtividades, também não foram considerados.

Por fim, deixam-se sugestões de pesquisas posteriores. As análises de risco e retorno realizadas para o Sul do Brasil podem ser replicadas para outras regiões, tanto em relação ao risco individual de culturas, como de sistemas produtivos, ao exemplo do realizado por Lima (2018). Outra questão se refere à identificação das principais fontes de risco das análises realizadas, no sentido de identificar aqueles componentes que mais influenciam no risco do cultivo de grãos.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, G. M.; COSTA, M. H. Evolution of rain and photoperiod limitations on the soybean growing season in Brazil: The rise (and possible fall) of double-cropping systems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 256–257, p. 32–45, 2018.
- ADAMI, A. C. DE O. **Risco e retorno de investimento em citros no Brasil**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2010. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2010.
- ADEOYE, I. B.; FASHOGBON, A. E.; IDRIS, B. A. Analysis of Technical Efficiency of Pepper Production Among Farmers Under Tropical Conditions. **International Journal of Vegetable Science**, v. 20, n. 2, p. 124–130, 2014.
- AHMAD, D.; AFZAL, M.; RAUF, A. Analysis of wheat farmers' risk perceptions and attitudes: evidence from Punjab, Pakistan. **Natural Hazards**, v. 95, p. 845–861, 2019.
- AKINBILE, L. A.; AKINWALE, J. A.; ASHIMOLOWO, O. R. Determinants of Productivity Level Among Rice Farmers in Obafemi-Owode Local Government Area of Ogun State, Nigeria. **Journal of New Seeds**, v. 8, n. 4, p. 79–90, 2006.
- ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. DE C.; OSAKI, M. Custo de produção e gestão operacional das fazendas. **AMPA - IMAm: Manual de Boas Práticas**, p. 30–45, 2015.
- ANDREA, M. C. DA S. et al. Variability and limitations of maize production in Brazil: Potential yield, water-limited yield and yield gaps. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 264–273, 2018.
- ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. 7. ed. 2014.
- AVEN, T. **Risk Analysis**. 2nd. ed. Wiley, 2015.
- BARBIER, E. B. The Concept of Sustainable Economic Development. **Environmental Conservation**, v. 14, n. 2, p. 101–110, 1987.
- BARROS, G. S. DE C. et al. **Gestão de Negócios Agropecuários com Foco no Patrimônio**. Alínea, 2019.
- BARRY, P. J. **Risk Management in Agriculture**. Iowa State University Press, 1984.
- BATEMAN, T. S.; SNELL, S. A. **Administração (Management) - Construindo Vantagem Competitiva**. Atlas, 1998.
- BISHOP, C. E.; TOUSSAINT, W. D. **Introduction to Agricultural Economic Analysis**. John Wiley & Sons, 1958.
- BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. DA L. As Políticas Brasileiras de Fomento à Cultura do Trigo. **Desenvolvimento em Questão**, v. 2, n. 3, p. 95–117, 2004.
- BRUM, A. L.; MULLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, p. 145–169, 2008.
- BULLOCK, D. G. Crop rotation. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 11, n.4, p. 309–326, 1992.
- CAPITANI, D. H. D.; MATTOS, F. Measurement of commodity price risk: An overview of Brazilian agricultural markets. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 3, p. 515–532, 2017.
- CASSIDY, C.; KREITNER, R.; VANHUSS, S. **Administrative Management: Setting People up for Success**. Cengage Learning, 2015.
- CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA DA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Mercado Agrícola**. Disponível em: <<https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/mercado-agricola/>>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Preços Agropecuários**. 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>>. Acesso em: 14 jan.

2020.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Regiões de referência de comercialização. 2020. Não publicado.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA; CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Projeto Campo Futuro**, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABSTECIMENTO. **Quadro de Oferta e Demanda**. 2019a. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/oferta?view=default>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABSTECIMENTO. **Série Histórica das Safras**. 2019b. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABSTECIMENTO. **Preços Agrícolas**. 2019c. Disponível em: <<http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

DART, R. L. Administração. Cengage Learning, 2017.

DAVIS, S. B. et al. Reducing Yield Variation in Peach Orchards by Geographic Scattering. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 79, p. 1119–1126, 1997.

DECARLO, L. T. On the Meaning and Use of Kurtosis. **Psychological Methods**, v. 2, n. 3, p. 292–307, 1997.

DIJK, M. VAN et al. Disentangling agronomic and economic yield gaps: An integrated framework and application. **Agricultural Systems**, v. 154, p. 90–99, 2017.

DUONG, T. T. et al. A Global Review of Farmers' Perceptions of Agricultural Risks and Risk Management Strategies. **Agriculture**, v. 9, 2019.

ELLIOTT, F. F. The "Representative Firm" Idea Applied to Research and Extension in Agricultural Economics. **Journal of Farm Economics**, v. 10, p. 483–498, 1928.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. DE; OLIVEIRA, A. C. B. DE. **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Embrapa, 2017.

ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação Econômica de Sistemas de Sucessão de Culturas Sob Condições de Risco no Estado de São Paulo. Botucatu, SP: UNESP, 2006. Originalmente apresentada como tese de livre docência, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2006.

FAVERO, D. **Relação retorno x risco de sistemas integrados de produção agropecuária em Terras Baixas**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2015. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

FEUZ, D. M.; SKOLD, M. D. Typical Farm Theory in Agricultural Research. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 2, n. 2, p. 43–58, 1991.

FILIPPI, C.; MANSINI, R.; STEVANATO, E. Mixed integer linear programming models for optimal crop selection. **Computers and Operations Research**, v. 81, p. 26–39, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Innovative risk management strategies in rural and agriculture finance**. 2017.

FRANCHINI, J. C. et al. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 137, p. 178–185, 2012.

GALÁN-MARTÍN, Á. et al. Multi-stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy. **Land Use Policy**, v. 48, p. 515–524, 2015.

GILKS, W. R.; RICHARDSON, S.; SPIEGELHALTER, D. **Markov Chain Monte Carlo in Practice**. 1st. ed. Chapman and Hall, 1995.

- GLADWIN, T. N.; KENNELLY, J. J.; KRAUSE, T. Shifting Paradigms for Sustainable Development: Implications for Management Theory and Research. **The Academy of Management Review**, v. 20, n. 4, p. 874–907, 1995.
- GRISA, C.; SCHNEIDER, S. Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar e formas de interação entre sociedade e estado no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 1, p. 125–146, 2014.
- HARDAKER, J. B. et al. **Coping With Risk in Agriculture**. 3rd. ed. CAB International, 2015.
- HATT, S. et al. Spatial diversification of agroecosystems to enhance biological control and other regulating services : An agroecological perspective. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 600–611, 2018.
- HENDRICKSON, J. R. et al. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 23, n. 4, p. 265–271, 2008.
- HERTZ, D. B. Risk Analysis in Capital Investment. **Harvard Business Review**, v. 42, p. 95–106, 1964.
- IBARROLA-RIVAS, M. J.; NONHEBEL, S. Variations in the use of resources for food: Land, nitrogen fertilizer and food nexus. **Sustainability**, v. 8, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- JOHNSTON, N. L.; KOTZ, S.; BALAKRISHNAN, N. **Continuous Univariate Distributions**. 2nd. ed. Wiley, 1994.
- JONES, J. W. et al. Brief history of agricultural systems modeling. **Agricultural Systems**, v. 155, p. 240–254, 2016.
- KALKUHL, M.; BRAUN, J. VON; TORERO, M. **Food Price Volatility and Its Implications for Food Security and Policy**. New York: Springer, 2016.
- KAY, R. D.; EDWARDS, W. M.; DUFFY, P. A. **Gestão de Propriedades Rurais**. 7.ed. ed. Porto Alegre: 2014.
- KING, A. E.; HOFMOCKEL, K. S. Diversified cropping systems support greater microbial cycling and retention of carbon and nitrogen. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 240, p. 66–76, 2017.
- KLAUER, K. C. Theory of Model Testing and Selection. In: SMELSER, N. J. (Org.); BALTES, P. B. (Org.) **International Encyclopedia of Social & Behavioral Sciences**. Pergamon, 2001. p. 9927–9931.
- KNIGHT, F. H. **Risk, Uncertainty and Profit**. New York: SENTRY Press, 1964.
- KURATA, S.; HAMADA, E. On the consistency and the robustness in model selection criteria. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, 2019.
- LARSEN, R.; LEATHAM, D.; SUKCHAROEN, K. Geographical diversification in wheat farming : a copula-based CVaR framework. **Agricultural Finance Review**, v. 75, n. 3, p. 368–384, 2015.
- LIMA, F. F. DE. Gestão de risco em propriedades com sistemas de produção de algodão, soja e milho em Mato Grosso, Brasil. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2018. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2018.
- LIU, J. et al. Assessment of uncertainty effects on crop planning and irrigation water supply using a Monte Carlo simulation based dual-interval stochastic programming method. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 945–967, 2017.
- MANGRAM, M. E. A Simplified Perspective of The Markowitz Portfolio Theory. **Global Journal of Business Research**, v. 7, n. 1, p. 59–70, 2013.
- MARION, J. C. **Contabilidade Empresarial**. 17th. ed. Atlas, 2015.
- MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.
- MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - Custagri. **Informações Econômicas**, v. 28, n. 1,

1998.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 11th. ed. Atlas, 2018.

MARTINS, É. DE A. et al. Rentabilidade da Produção de Acerola Orgânica Sob Condição Determinística e de Risco: estudo do distrito de irrigação Tabuleiro Litonâneo do Piauí. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 1, p. 09-28, 2016.

MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo: Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola**, p. 123–139, 1976.

MELO, C. O. DE; MORO, L. Sazonalidade de preços do trigo no Paraná de 2000 a 2012. **Revista de Política Agrícola**, v. 4, p. 4–14, 2013.

MELO, C. O. DE; SILVA, G. H. DA; ESPERANCINI, M. S. T. Análise econômica da produção de soja e de milho na safra de verão, no Estado do Paraná. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, p. 121-132, 2012.

MIGUEL, F. B.; ESPERANCINI, M. S. T.; GRIZOTTO, R. K. Rentabilidade e Risco da Produção de Milho Safrinha Geneticamente Modificado e Convencional na Região de Guaíra/SP. *Revista Energia na Agricultura*, v. 29, n. 1, p. 64-75, 2014.

MONZON, J. P. et al. Maize-soybean intensification alternatives for the Pampas. **Field Crops Research**, v. 162, p. 48–59, 2014.

NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M. D. M. **Custo de Produção: uma importante ferramenta gerencial na agropecuária**. Instituto de Economia Agrícola - Análises e Indicadores do Agronegócio. 2012.

NAJAFABADI, M. M. et al. Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. **Agricultural Systems**, v. 173, p. 218–232, 2019.

NORONHA, J. F. **Projetos Agropecuários: Administração Financeira: Orçamento e Viabilidade Econômica**. São Paulo: Atlas, 1987.

OLIVEIRA NETO, A. A. DE (Org.). A produtividade da soja: análise e perspectivas. **Compêndio de estudos Conab**, v. 10, 2017.

OLIVEIRA NETO, A. A. DE (Org.); SANTOS, C. M. R. (Org.). **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017.

ORTMANN, G. F. et al. Sources and Management of Risk: Evidence from Leading Cornbelt Farmers in the USA. **Agrekon: Agricultural Economics Research, Policy and Practice in Southern Africa**, v. 31, n. 4, p. 216–221, 1992.

OSAKI, M. et al. Risks associated with a double-cropping production system - a case study in southern Brazil. **Scientia Agrícola**, v. 76, n. 2, p. 130–138, 2019.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Optimization model of agricultural production system in grain farms under risk, in Sorriso, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 127, p. 178–188, 2014.

PAUT, R.; SABATIER, R.; TCHAMITCHIAN, M. Reducing risk through crop diversification : An application of portfolio theory to diversified horticultural systems. **Agricultural Systems**, v. 168, p. 123–130, 2019.

PAUT, R.; SABATIER, R.; TCHAMITCHIAN, M. Modelling crop diversification and association effects in agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 288, 2020.

PENSON, J. B. et al. **Introduction to Agricultural Economics**. 6th. ed. Pearson, 2014.

PINHO, D. B.; VASCONCELLOS, M. A. S. DE; TONETO JR., R. **Manual de Economia**. 7th. ed. São Paulo: 2017.

POWER, J. F. Legumes and crop rotations. In. FRANCIS, C. A. (Org.); FLORA, C. B. (Org.); KINGS, L. D. (Org.). *Sustainable agriculture in Temperate Zones*. Wiley, New York: 1990. p.178-187.

RATNADASS, A. et al. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in

- agroecosystems : a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p. 273–303, 2012.
- REGAN, C. M. et al. Real options analysis for land use management: Methods, application, and implications for policy. **Journal of Environmental Management**, v. 161, p. 144–152, 2015.
- RIDIER, A.; CHAIB, K.; ROUSSY, C. A Dynamic Stochastic Programming model of crop rotation choice to test the adoption of long rotation under price and production risks. **European Journal of Operational Research**, v. 252, p. 270–279, 2016.
- ROSA, F. et al. Farm/crop portfolio simulations under variable risk: a case study from Italy. **Agricultural and Food Economics**, v. 7, n. 8, 2019.
- SAAB, A. A.; PAULA, R. D. A. O mercado de fertilizantes no Brasil: Diagnósticos e propostas políticas. **Revista de Política Agrícola**, v. 2, 2008.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL DO PARANÁ. **Dados Agropecuários**. 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/precos>>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- SELZNICK, P. Foundations of the Theory of Organization. **American Sociological Review**, v. 13, n. 1, p. 25–35, 1948.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8th. ed. Atlas, 2018.
- ST-MARTIN, A. et al. Diverse cropping systems enhanced yield but did not improve yield stability in a 52-year long experiment. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 247, p. 337–342, 2017.
- STOTT, K. et al. New Red-blushed Pear to Boost Grower Profitability. **Australian Farm Business Management Journal**, v. 15, n. 2, p. 12–29, 2018.
- TANAKA, D. L. et al. Dynamic Cropping Systems. **Agronomy Journal**, v. 94, n. 5, p. 957–961, 2002.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e Indústria no Brasil: Inovação e Competitividade**. 2017.
- WALTERS, J. P. et al. Exploring agricultural production systems and their fundamental components with system dynamics modelling. **Ecological Modelling**, v. 333, p. 51–65, 2016.
- WARREN, C. S. et al. **Fundamentos de Contabilidade - Princípios**. Cengage Learning, 2010.
- WINSEN, F. VAN et al. Determinants of risk behaviour: Effects of perceived risks and risk attitude on farmers adoption of risk management strategies. **Journal of Risk Research**, v. 19, n. 1, p. 56–78, 2016.
- YAARI, M. E. Some Remarks on Measures of Risk Aversion and on Their Uses. **Journal of Economic Theory**, v. 1, p. 315–329, 1969.

ANEXOS

ANEXO A. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Londrina/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,21	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,04	0,08	1,00													
(D) Herbicidas	-0,23	0,67	0,35	1,00												
(E) Inseticidas	0,13	-0,29	-0,79	-0,63	1,00											
(F) Fungicidas	-0,10	0,58	0,19	0,41	-0,39	1,00										
(G) Adjuvante	0,00	0,60	0,02	0,38	0,06	0,66	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,12	-0,69	0,05	-0,54	0,20	-0,30	-0,20	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,04	0,16	0,03	0,26	-0,23	-0,42	-0,58	-0,26	1,00							
(J) Mão de obra	0,27	-0,60	-0,21	-0,55	0,30	-0,63	-0,65	-0,04	0,03	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,19	-0,40	-0,18	-0,58	0,18	-0,24	-0,67	-0,08	0,26	0,63	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,22	0,23	0,35	0,71	-0,27	0,03	0,46	-0,09	-0,06	-0,39	-0,73	1,00				
(M) Depreciação	0,18	0,52	-0,03	0,11	-0,29	0,44	-0,06	-0,63	0,21	0,03	0,31	-0,57	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,07	0,20	0,21	0,12	-0,57	0,51	-0,29	-0,25	0,24	-0,10	0,41	-0,54	0,77	1,00		
(O) Preço Médio	-0,06	-0,54	-0,09	-0,39	0,40	-0,05	0,15	0,45	-0,54	0,11	0,16	0,17	-0,70	-0,44	1,00	
(P) Produtividade	-0,08	0,29	0,00	0,40	-0,18	-0,38	-0,41	-0,35	0,97	-0,08	0,09	0,12	0,14	0,11	-0,53	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO B. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Cascavel/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,45	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,86	-0,59	1,00													
(D) Herbicidas	-0,07	-0,10	0,09	1,00												
(E) Inseticidas	0,23	0,43	-0,50	-0,23	1,00											
(F) Fungicidas	-0,29	-0,03	0,00	0,69	0,04	1,00										
(G) Adjuvante	-0,17	-0,16	-0,06	0,39	-0,25	0,78	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,29	0,12	-0,33	-0,04	0,63	-0,13	-0,26	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,11	-0,21	0,14	-0,63	-0,43	-0,74	-0,42	-0,45	1,00							
(J) Mão de obra	-0,17	-0,21	0,34	-0,32	-0,01	-0,45	-0,62	-0,39	0,54	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,16	0,04	-0,11	0,54	0,28	0,20	0,02	0,63	-0,72	-0,36	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,22	0,26	0,37	0,17	-0,34	-0,16	-0,42	-0,56	0,29	0,48	-0,29	1,00				
(M) Depreciação	0,07	-0,11	0,09	0,38	0,21	-0,03	-0,32	0,23	-0,35	0,36	0,73	0,07	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,49	-0,21	0,30	0,17	0,03	0,54	0,27	-0,55	-0,11	0,46	-0,36	0,22	0,05	1,00		
(O) Preço Médio	0,34	0,51	-0,20	-0,43	0,25	-0,74	-0,67	0,40	0,20	0,06	0,25	0,16	0,19	-0,72	1,00	
(P) Produtividade	0,09	0,18	-0,01	-0,78	-0,18	-0,69	-0,41	-0,42	0,88	0,45	-0,78	0,35	-0,48	-0,09	0,37	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO C. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Castro/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,31	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,07	-0,10	1,00													
(D) Herbicidas	-0,34	-0,20	0,00	1,00												
(E) Inseticidas	-0,01	-0,01	-0,27	0,46	1,00											
(F) Fungicidas	-0,10	0,15	0,41	0,32	0,01	1,00										
(G) Adjuvante	-0,43	0,27	0,23	0,41	0,04	0,54	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,02	0,15	0,14	0,26	0,21	0,57	-0,03	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,03	-0,45	-0,23	-0,32	-0,45	-0,57	-0,43	-0,53	1,00							
(J) Mão de obra	-0,14	-0,52	0,37	0,46	0,25	0,56	0,00	0,66	-0,32	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,02	0,32	-0,03	0,43	0,12	0,65	0,27	0,63	-0,67	0,43	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,13	-0,62	0,13	-0,03	0,08	-0,35	-0,43	-0,18	0,62	0,18	-0,59	1,00				
(M) Depreciação	-0,02	-0,08	0,05	0,34	0,11	0,54	-0,05	0,88	-0,46	0,76	0,75	-0,29	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,20	-0,42	0,38	0,38	-0,03	0,78	0,23	0,53	-0,16	0,84	0,38	0,13	0,60	1,00		
(O) Preço Médio	-0,26	0,25	-0,36	0,30	0,23	-0,33	-0,02	0,22	0,03	-0,25	-0,03	0,05	0,00	-0,34	1,00	
(P) Produtividade	0,04	-0,69	0,00	-0,15	-0,42	-0,11	-0,30	-0,15	0,73	0,26	-0,37	0,51	0,05	0,42	-0,28	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO D. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Guarapuava/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,56	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,73	0,19	1,00													
(D) Herbicidas	0,08	-0,32	0,33	1,00												
(E) Inseticidas	0,64	-0,36	-0,36	0,57	1,00											
(F) Fungicidas	-0,59	0,75	0,36	-0,09	-0,30	1,00										
(G) Adjuvante	-0,30	0,24	-0,01	-0,05	-0,20	0,68	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,04	0,11	-0,18	0,18	0,50	0,40	0,52	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,16	-0,39	-0,04	0,68	0,61	-0,53	-0,37	0,18	1,00							
(J) Mão de obra	-0,53	0,38	0,61	0,25	-0,46	0,51	0,10	-0,31	-0,20	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,25	-0,36	-0,18	0,54	0,79	-0,41	-0,26	0,53	0,88	-0,47	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,30	0,21	0,06	0,24	0,01	0,59	0,92	0,58	-0,05	0,07	0,00	1,00				
(M) Depreciação	-0,08	0,11	-0,06	0,21	0,45	0,49	0,54	0,98	0,07	-0,17	0,43	0,56	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,39	0,35	-0,08	-0,01	0,08	0,60	0,76	0,85	0,03	-0,09	0,25	0,78	0,80	1,00		
(O) Preço Médio	0,62	-0,52	-0,27	0,03	0,15	-0,36	0,05	-0,29	-0,21	-0,39	-0,22	0,03	-0,28	-0,45	1,00	
(P) Produtividade	-0,62	0,81	0,22	-0,37	-0,34	0,68	0,16	0,24	-0,30	0,39	-0,20	0,05	0,26	0,46	-0,83	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO E. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Campos Novos/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,04	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,34	0,39	1,00													
(D) Herbicidas	-0,35	0,84	0,11	1,00												
(E) Inseticidas	-0,12	-0,37	-0,88	-0,16	1,00											
(F) Fungicidas	-0,11	0,51	-0,10	0,73	0,23	1,00										
(G) Adjuvante	-0,14	0,39	-0,03	0,41	0,21	0,71	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,59	-0,27	-0,25	-0,30	0,36	0,14	0,06	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,27	0,15	-0,02	0,31	0,12	0,23	-0,12	-0,57	1,00							
(J) Mão de obra	0,61	-0,44	-0,21	-0,57	0,31	-0,36	-0,42	0,79	-0,33	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,29	-0,53	-0,25	-0,45	0,54	0,16	0,09	0,30	0,36	0,31	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,01	0,62	0,02	0,67	0,22	0,70	-0,45	-0,04	0,57	-0,12	0,15	1,00				
(M) Depreciação	0,50	-0,07	-0,21	-0,12	0,33	0,28	0,31	0,96	-0,65	0,63	0,16	0,06	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,44	0,28	0,25	0,16	-0,25	-0,26	0,02	-0,87	0,50	-0,53	-0,25	0,19	-0,80	1,00		
(O) Preço Médio	0,23	-0,67	-0,11	-0,55	-0,02	-0,31	-0,54	0,32	-0,25	0,30	0,28	-0,72	0,11	-0,61	1,00	
(P) Produtividade	0,15	0,41	-0,01	0,21	0,19	0,17	0,48	0,29	-0,21	0,26	-0,17	0,54	0,46	0,15	-0,79	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO F. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Xanxerê/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,23	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,48	0,34	1,00													
(D) Herbicidas	0,34	0,07	0,11	1,00												
(E) Inseticidas	0,50	0,04	-0,55	0,42	1,00											
(F) Fungicidas	-0,70	0,22	0,43	-0,19	-0,20	1,00										
(G) Adjuvante	-0,29	0,51	0,49	0,29	0,20	0,76	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,12	0,09	0,17	0,96	0,29	0,01	0,37	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,23	0,35	0,55	0,17	0,03	0,54	0,63	0,22	1,00							
(J) Mão de obra	0,20	-0,78	-0,29	-0,50	-0,17	-0,25	-0,63	-0,55	-0,13	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,10	0,43	-0,08	-0,23	0,20	0,02	0,26	-0,32	-0,38	-0,43	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,69	0,62	0,57	0,00	-0,15	0,88	0,85	0,17	0,62	-0,60	0,14	1,00				
(M) Depreciação	-0,27	-0,42	0,25	0,27	-0,12	0,45	0,22	0,41	0,57	0,27	-0,83	0,24	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,42	-0,21	0,31	0,39	-0,15	0,55	0,36	0,58	0,53	-0,04	-0,73	0,43	0,94	1,00		
(O) Preço Médio	0,31	-0,35	-0,41	-0,57	-0,19	-0,67	-0,89	-0,69	-0,48	0,71	-0,05	-0,76	-0,38	-0,59	1,00	
(P) Produtividade	0,05	0,63	0,02	0,51	0,12	-0,34	0,03	0,49	-0,22	-0,78	0,24	0,08	-0,45	-0,18	-0,21	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO G. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Carazinho/RS.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,31	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,32	0,52	1,00													
(D) Herbicidas	-0,12	0,12	0,13	1,00												
(E) Inseticidas	0,64	0,21	-0,61	0,21	1,00											
(F) Fungicidas	-0,28	0,30	0,24	0,65	0,19	1,00										
(G) Adjuvante	-0,20	0,58	0,30	0,25	0,10	0,75	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,02	0,59	0,40	0,07	-0,17	0,17	0,58	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,30	-0,53	-0,36	0,68	0,12	0,42	0,02	-0,31	1,00							
(J) Mão de obra	0,07	0,31	-0,08	-0,02	0,27	0,24	0,50	-0,09	0,10	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,34	0,05	0,02	0,51	0,10	0,76	0,72	0,39	0,45	0,01	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,10	0,63	0,46	0,76	0,11	0,71	0,70	0,56	0,25	0,26	0,57	1,00				
(M) Depreciação	0,04	0,50	0,33	-0,25	-0,27	-0,23	0,32	0,91	-0,53	-0,11	0,07	0,26	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,13	0,55	0,41	0,80	0,19	0,87	0,69	0,40	0,26	0,10	0,69	0,91	0,03	1,00		
(O) Preço Médio	0,09	-0,62	-0,26	-0,03	-0,04	-0,44	-0,82	-0,57	0,09	-0,71	-0,29	-0,58	-0,44	-0,38	1,00	
(P) Produtividade	-0,20	0,18	0,11	0,70	0,10	0,69	0,41	0,21	0,61	0,23	0,40	0,69	-0,11	0,62	-0,48	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO H. Matriz de correlação das simulações da cultura da soja em Tupanciretã/RS.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,51	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,55	-0,26	1,00													
(D) Herbicidas	-0,52	-0,32	-0,10	1,00												
(E) Inseticidas	0,25	0,25	-0,50	0,26	1,00											
(F) Fungicidas	-0,60	-0,08	0,39	0,20	-0,15	1,00										
(G) Adjuvante	-0,57	0,05	0,37	0,27	-0,19	0,96	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,27	-0,58	0,24	0,39	0,15	0,13	0,00	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,13	0,23	0,04	-0,05	0,23	0,34	0,23	0,31	1,00							
(J) Mão de obra	-0,04	0,40	-0,09	0,05	-0,45	0,05	0,28	-0,51	-0,04	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,12	0,22	0,01	0,25	-0,18	0,36	0,38	0,33	0,48	0,30	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,50	0,05	0,35	0,39	-0,17	0,61	0,68	0,39	0,56	0,41	0,74	1,00				
(M) Depreciação	-0,39	-0,68	0,25	0,43	0,00	0,10	0,00	0,94	0,32	-0,31	0,30	0,47	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,58	-0,35	0,45	0,49	-0,01	0,77	0,75	0,56	0,08	-0,21	0,37	0,59	0,47	1,00		
(O) Preço Médio	0,37	0,53	-0,32	-0,55	-0,02	-0,32	-0,30	-0,75	0,20	0,37	-0,31	-0,34	-0,63	-0,84	1,00	
(P) Produtividade	-0,27	-0,33	0,22	0,52	0,12	0,27	0,22	0,87	0,22	-0,30	0,62	0,57	0,76	0,72	-0,87	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO I. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho primeira safra em Castro/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,16	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,38	0,17	1,00													
(D) Herbicidas	-0,21	0,45	0,00	1,00												
(E) Inseticidas	-0,66	-0,03	-0,64	0,02	1,00											
(F) Fungicidas	-0,13	-0,63	-0,27	-0,16	0,15	1,00										
(G) Adjuvante	-0,19	0,56	-0,12	0,81	0,24	-0,17	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,30	-0,13	-0,02	0,47	0,24	0,07	0,48	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,05	-0,40	0,26	-0,38	-0,27	-0,27	-0,68	-0,20	1,00							
(J) Mão de obra	-0,34	-0,14	0,15	0,57	0,06	-0,05	0,45	0,91	-0,03	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,24	-0,54	-0,15	0,20	0,12	0,90	0,12	0,40	-0,36	0,36	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,09	-0,27	0,19	-0,20	-0,14	-0,45	-0,22	0,24	0,50	0,44	-0,31	1,00				
(M) Depreciação	-0,30	-0,07	0,18	0,56	0,06	-0,10	0,46	0,94	-0,03	0,98	0,29	0,41	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,37	-0,28	0,43	0,31	-0,10	0,02	0,11	0,66	0,29	0,84	0,34	0,49	0,82	1,00		
(O) Preço Médio	-0,22	0,41	0,33	0,47	0,09	0,10	0,59	0,39	-0,55	0,40	0,33	-0,24	0,42	0,45	1,00	
(P) Produtividade	-0,12	-0,76	-0,13	-0,14	-0,12	0,15	-0,45	0,23	0,60	0,36	0,22	0,57	0,29	0,35	-0,62	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO J. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho primeira safra em Guarapuava/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,55	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,73	0,43	1,00													
(D) Herbicidas	0,01	0,30	0,23	1,00												
(E) Inseticidas	-0,49	-0,27	-0,55	-0,04	1,00											
(F) Fungicidas	0,02	0,14	0,40	0,35	-0,06	1,00										
(G) Adjuvante	-0,17	-0,22	0,08	0,01	0,09	0,84	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,15	-0,06	-0,18	0,11	0,32	0,26	0,52	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,11	-0,09	0,13	0,18	-0,39	-0,09	-0,09	-0,13	1,00							
(J) Mão de obra	0,05	0,15	0,26	0,66	0,15	0,44	0,19	0,29	-0,51	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,00	0,16	0,02	0,36	-0,01	-0,21	-0,28	0,33	0,58	-0,11	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,21	-0,36	0,10	0,03	0,17	0,66	0,82	0,59	0,22	0,06	0,21	1,00				
(M) Depreciação	-0,19	-0,15	-0,28	-0,03	0,27	0,18	0,55	0,97	-0,07	0,11	0,23	0,56	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,21	-0,23	-0,10	-0,02	0,05	0,46	0,76	0,71	0,37	-0,18	0,28	0,84	0,78	1,00		
(O) Preço Médio	-0,25	-0,56	-0,27	-0,65	0,51	0,03	0,36	0,27	-0,55	0,00	-0,46	0,33	0,30	0,12	1,00	
(P) Produtividade	0,23	0,31	0,37	0,46	-0,30	0,62	0,59	0,34	0,22	0,23	-0,05	0,33	0,38	0,53	-0,41	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO K. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho primeira safra em Campos Novos/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,29	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,60	-0,20	1,00													
(D) Herbicidas	-0,17	-0,68	-0,01	1,00												
(E) Inseticidas	-0,37	0,24	-0,72	-0,21	1,00											
(F) Fungicidas	-0,13	0,32	-0,48	-0,29	0,87	1,00										
(G) Adjuvante	0,04	0,69	-0,56	-0,51	0,60	0,62	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,09	-0,38	0,06	0,23	0,27	0,09	-0,36	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,27	-0,36	-0,17	0,23	0,50	0,68	-0,05	0,16	1,00							
(J) Mão de obra	-0,12	-0,76	0,48	0,31	-0,48	-0,63	-0,83	0,44	-0,08	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,20	-0,20	0,04	-0,39	0,46	0,50	0,00	0,36	0,56	0,27	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,02	-0,48	-0,16	0,61	0,33	0,43	-0,08	0,45	0,68	-0,06	0,11	1,00				
(M) Depreciação	-0,07	-0,44	-0,01	0,30	0,25	0,05	-0,25	0,95	0,08	0,40	0,24	0,53	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,02	-0,20	-0,31	0,35	0,07	0,20	0,36	-0,49	0,30	-0,38	-0,28	0,44	-0,26	1,00		
(O) Preço Médio	-0,08	0,45	-0,12	-0,20	0,32	0,52	0,11	-0,20	0,47	-0,47	0,15	-0,01	-0,44	-0,21	1,00	
(P) Produtividade	0,09	-0,52	0,08	0,45	-0,32	-0,47	-0,18	0,25	-0,33	0,34	-0,36	0,30	0,51	0,37	-0,91	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO L. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho primeira safra em Xanxerê/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,36	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,53	0,30	1,00													
(D) Herbicidas	0,64	-0,43	-0,16	1,00												
(E) Inseticidas	-0,70	0,56	-0,29	-0,59	1,00											
(F) Fungicidas	0,02	0,34	0,23	-0,46	0,33	1,00										
(G) Adjuvante	-0,05	0,49	0,19	-0,41	0,39	0,97	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,58	0,45	0,63	0,25	0,02	0,33	0,38	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,83	0,61	-0,11	-0,75	0,64	0,27	0,35	-0,29	1,00							
(J) Mão de obra	-0,04	-0,25	-0,10	-0,10	-0,19	0,44	0,37	-0,21	0,17	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,00	0,52	0,00	-0,13	0,29	0,70	0,79	0,35	0,10	-0,05	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,28	0,78	0,47	-0,54	0,38	0,52	0,57	0,41	0,63	0,30	0,26	1,00				
(M) Depreciação	0,25	0,65	0,63	-0,12	0,09	0,49	0,52	0,78	0,00	0,05	0,47	0,74	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,13	0,02	0,50	-0,55	0,06	0,01	-0,12	-0,01	0,23	0,22	-0,54	0,45	0,23	1,00		
(O) Preço Médio	-0,07	0,18	-0,15	0,17	-0,06	0,33	0,41	0,10	0,29	0,75	0,17	0,46	0,23	-0,18	1,00	
(P) Produtividade	0,48	0,16	0,27	0,13	-0,10	0,65	0,63	0,55	-0,41	0,08	0,79	0,13	0,63	-0,30	0,08	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO M. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho primeira safra em Carazinho/RS.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,31	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,91	-0,11	1,00													
(D) Herbicidas	-0,44	0,54	-0,20	1,00												
(E) Inseticidas	-0,64	-0,10	-0,54	0,60	1,00											
(F) Fungicidas	-0,25	0,42	-0,13	0,37	0,28	1,00										
(G) Adjuvante	0,25	-0,20	0,07	-0,10	0,07	0,20	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,15	-0,54	-0,13	0,06	0,55	0,07	-0,08	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,15	0,03	-0,18	0,53	0,62	0,39	0,41	0,36	1,00							
(J) Mão de obra	0,07	-0,10	0,03	0,48	0,40	-0,31	0,36	-0,09	0,50	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,19	-0,06	-0,06	0,46	0,63	0,72	-0,01	0,57	0,53	-0,03	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,00	-0,22	0,09	0,51	0,70	0,42	0,29	0,69	0,75	0,36	0,82	1,00				
(M) Depreciação	0,00	-0,71	-0,09	-0,28	0,31	-0,16	0,00	0,92	0,21	-0,18	0,27	0,44	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,30	0,26	-0,18	0,68	0,65	0,71	0,12	0,44	0,85	0,16	0,80	0,80	0,16	1,00		
(O) Preço Médio	-0,25	0,65	-0,14	0,25	-0,23	-0,19	-0,66	-0,37	-0,11	-0,10	-0,37	-0,47	-0,38	-0,04	1,00	
(P) Produtividade	-0,28	0,26	-0,25	0,54	0,52	0,43	0,30	0,39	0,89	0,23	0,40	0,62	0,25	0,84	0,09	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO N. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho segunda safra em Londrina/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,10	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,53	0,59	1,00													
(D) Herbicidas	-0,24	0,64	0,34	1,00												
(E) Inseticidas	-0,49	0,53	0,08	0,64	1,00											
(F) Fungicidas	0,32	0,65	0,66	0,14	0,34	1,00										
(G) Adjuvante	0,16	0,21	0,11	-0,38	0,12	0,51	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,23	-0,15	-0,58	-0,17	0,13	-0,40	0,36	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,20	0,36	0,20	0,10	0,06	0,49	0,12	-0,48	1,00							
(J) Mão de obra	-0,20	0,10	-0,51	-0,18	-0,03	-0,16	-0,02	0,51	-0,02	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,36	-0,14	-0,09	0,50	0,04	-0,38	-0,72	-0,33	0,30	-0,29	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,32	0,15	-0,03	-0,09	0,09	0,17	0,23	0,57	-0,44	0,53	-0,52	1,00				
(M) Depreciação	0,01	-0,68	-0,19	-0,52	-0,28	-0,33	0,13	-0,10	-0,28	-0,54	-0,06	-0,52	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,05	-0,60	-0,14	-0,50	-0,41	-0,42	0,01	-0,15	-0,32	-0,44	-0,10	-0,56	0,94	1,00		
(O) Preço Médio	-0,14	-0,14	-0,47	-0,19	0,04	-0,45	0,37	0,95	-0,61	0,38	-0,42	0,47	0,05	0,06	1,00	
(P) Produtividade	0,17	0,04	0,31	-0,35	-0,26	0,55	0,15	-0,72	0,75	-0,17	-0,03	-0,43	0,13	0,11	-0,77	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO O. Matriz de correlação das simulações da cultura do milho segunda safra em Cascavel/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,03	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,63	-0,14	1,00													
(D) Herbicidas	-0,07	0,67	0,28	1,00												
(E) Inseticidas	-0,38	-0,34	-0,40	-0,38	1,00											
(F) Fungicidas	-0,12	-0,35	-0,35	-0,41	0,62	1,00										
(G) Adjuvante	-0,06	-0,81	0,00	-0,58	0,76	0,51	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,04	-0,32	-0,41	-0,53	0,70	0,78	0,60	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,05	0,33	-0,39	-0,33	-0,35	-0,08	-0,55	-0,02	1,00							
(J) Mão de obra	0,19	-0,19	-0,42	-0,75	0,14	0,18	0,18	0,58	0,59	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,40	0,27	-0,07	0,36	0,38	0,39	-0,05	0,11	-0,13	-0,51	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,38	-0,26	0,18	-0,28	-0,58	-0,06	-0,18	0,05	0,37	0,47	-0,62	1,00				
(M) Depreciação	-0,09	-0,31	-0,37	-0,54	0,50	0,74	0,41	0,91	0,23	0,61	0,20	0,24	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,15	-0,51	-0,38	-0,86	0,54	0,44	0,66	0,71	0,13	0,81	-0,44	0,15	0,56	1,00		
(O) Preço Médio	0,04	-0,49	-0,39	-0,68	0,50	0,90	0,53	0,73	0,11	0,45	0,02	0,16	0,68	0,68	1,00	
(P) Produtividade	-0,05	0,44	-0,48	-0,25	-0,04	-0,04	-0,38	0,28	0,83	0,68	0,02	0,14	0,45	0,24	0,02	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO P. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Londrina/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,09	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,85	0,60	1,00													
(D) Herbicidas	0,07	-0,99	-0,46	1,00												
(E) Inseticidas	0,82	-0,49	0,40	0,63	1,00											
(F) Fungicidas	0,31	0,98	0,76	-0,93	-0,29	1,00										
(G) Adjuvante	0,95	0,41	0,98	-0,26	0,59	0,60	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,73	0,74	0,98	-0,63	0,21	0,87	0,91	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,32	0,92	0,23	-0,97	-0,80	0,80	0,01	0,41	1,00							
(J) Mão de obra	-0,06	-1,00	-0,58	0,99	0,52	-0,97	-0,38	-0,73	-0,93	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,06	0,16	0,14	-0,15	-0,04	0,17	0,11	0,15	0,13	-0,16	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,80	-0,67	-1,00	0,54	-0,32	-0,82	-0,95	-0,99	-0,31	0,65	-0,14	1,00				
(M) Depreciação	0,44	0,93	0,84	-0,86	-0,15	0,99	0,71	0,93	0,71	-0,92	0,17	-0,89	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,98	-0,27	-0,93	0,11	-0,71	-0,47	-0,99	-0,84	0,14	0,24	-0,09	0,90	-0,59	1,00		
(O) Preço Médio	0,90	-0,35	0,55	0,49	0,99	-0,13	0,71	0,37	-0,69	0,37	-0,01	-0,47	0,01	-0,81	1,00	
(P) Produtividade	-0,83	0,47	-0,42	-0,61	-1,00	0,27	-0,61	-0,24	0,79	-0,50	0,04	0,34	0,13	0,72	-0,99	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO Q. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Cascavel/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,64	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,00	-0,61	1,00													
(D) Herbicidas	-0,48	0,71	-0,30	1,00												
(E) Inseticidas	-0,03	-0,01	-0,07	-0,18	1,00											
(F) Fungicidas	0,54	-0,25	-0,19	-0,52	0,22	1,00										
(G) Adjuvante	0,21	0,09	-0,54	-0,06	0,53	0,72	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,28	0,62	-0,50	0,40	0,73	0,11	0,58	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,68	-0,26	0,00	-0,21	-0,23	0,76	0,35	-0,15	1,00							
(J) Mão de obra	0,75	-0,54	0,09	-0,70	0,20	0,91	0,48	-0,09	0,79	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,49	0,77	-0,82	0,37	-0,11	-0,17	0,17	0,34	-0,40	-0,49	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,31	-0,90	0,73	-0,64	-0,16	-0,09	-0,42	-0,78	-0,07	0,20	-0,63	1,00				
(M) Depreciação	-0,23	0,31	-0,42	-0,33	0,69	0,34	0,48	0,61	-0,27	0,17	0,43	-0,34	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,41	-0,62	0,44	-0,62	0,32	0,76	0,45	-0,10	0,58	0,82	-0,66	0,38	0,11	1,00		
(O) Preço Médio	-0,37	0,68	-0,63	0,21	-0,16	-0,34	-0,22	0,19	-0,46	-0,48	0,85	-0,47	0,40	-0,79	1,00	
(P) Produtividade	0,62	-0,34	0,20	-0,23	0,36	0,67	0,44	0,23	0,77	0,79	-0,66	-0,05	-0,03	0,72	-0,66	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO R. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Castro/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,25	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,37	0,65	1,00													
(D) Herbicidas	-0,63	-0,34	-0,03	1,00												
(E) Inseticidas	-0,24	0,52	0,60	0,02	1,00											
(F) Fungicidas	0,10	-0,08	0,34	0,37	0,40	1,00										
(G) Adjuvante	-0,23	-0,27	0,04	0,54	0,24	0,61	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,36	0,07	0,56	0,06	0,31	0,69	-0,07	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,43	-0,38	0,32	-0,08	0,12	0,51	0,36	0,55	1,00							
(J) Mão de obra	-0,03	-0,39	0,29	0,52	0,17	0,74	0,27	0,82	0,60	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,45	0,14	-0,01	-0,11	0,77	0,26	0,12	0,10	-0,01	0,05	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,51	-0,33	0,37	0,17	-0,12	0,56	0,51	0,47	0,86	0,58	-0,41	1,00				
(M) Depreciação	-0,01	-0,24	0,41	0,27	0,36	0,57	0,03	0,86	0,63	0,91	0,23	0,44	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,19	-0,55	0,03	0,45	0,20	0,72	0,32	0,69	0,59	0,93	0,30	0,44	0,86	1,00		
(O) Preço Médio	-0,05	0,74	0,20	-0,50	0,33	-0,63	-0,41	-0,49	-0,55	-0,80	0,23	-0,65	-0,54	-0,80	1,00	
(P) Produtividade	0,10	-0,76	-0,11	0,13	-0,26	0,10	0,30	0,14	0,80	0,45	-0,22	0,69	0,44	0,50	-0,58	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO S. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Guarapuava/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,06	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,44	0,42	1,00													
(D) Herbicidas	-0,55	-0,03	-0,87	1,00												
(E) Inseticidas	-0,90	-0,03	-0,12	0,24	1,00											
(F) Fungicidas	-0,54	0,21	-0,52	0,64	0,33	1,00										
(G) Adjuvante	-0,24	-0,06	-0,66	0,87	0,07	0,38	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,87	-0,16	-0,71	0,64	0,65	0,68	0,27	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,10	0,37	-0,26	0,18	-0,45	0,45	-0,12	0,20	1,00							
(J) Mão de obra	-0,65	0,17	-0,41	0,59	0,50	0,25	0,36	0,44	-0,04	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,46	0,25	0,46	-0,57	-0,42	0,11	-0,68	-0,33	0,55	-0,44	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,41	-0,03	-0,80	0,87	0,12	0,83	0,75	0,64	0,35	0,19	-0,28	1,00				
(M) Depreciação	-0,81	-0,24	-0,74	0,60	0,59	0,67	0,21	0,99	0,25	0,38	-0,25	0,63	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,39	-0,27	-0,71	0,52	0,12	0,66	0,27	0,77	0,46	-0,14	-0,07	0,77	0,81	1,00		
(O) Preço Médio	-0,10	0,33	0,68	-0,55	0,35	-0,30	-0,60	-0,28	-0,30	0,30	0,28	-0,73	-0,32	-0,74	1,00	
(P) Produtividade	-0,31	0,51	-0,33	0,39	-0,07	0,37	0,01	0,39	0,79	0,50	0,14	0,27	0,38	0,26	-0,03	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO T. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Campos Novos/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,87	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,05	0,00	1,00													
(D) Herbicidas	-0,44	-0,20	0,57	1,00												
(E) Inseticidas	0,48	0,48	-0,18	0,12	1,00											
(F) Fungicidas	0,09	0,46	-0,40	0,05	0,44	1,00										
(G) Adjuvante	-0,30	-0,12	0,01	-0,21	-0,88	-0,03	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,05	-0,40	0,03	-0,04	0,39	-0,23	-0,69	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,13	0,11	0,29	0,11	0,34	0,40	-0,31	0,55	1,00							
(J) Mão de obra	0,03	-0,20	-0,29	-0,19	0,56	-0,16	-0,69	0,91	0,62	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,08	-0,37	0,26	0,10	0,30	-0,18	-0,59	0,95	0,72	0,83	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,13	0,26	-0,14	0,01	-0,15	0,80	0,51	-0,44	0,38	-0,16	-0,28	1,00				
(M) Depreciação	0,07	-0,24	-0,13	-0,23	0,44	-0,02	-0,63	0,96	0,65	0,97	0,91	-0,25	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,16	0,58	-0,42	-0,01	0,31	0,95	0,15	-0,50	0,15	-0,11	-0,47	0,80	-0,29	1,00		
(O) Preço Médio	0,06	-0,36	0,24	-0,14	0,17	-0,42	-0,51	0,93	0,56	0,76	0,94	-0,46	0,89	-0,65	1,00	
(P) Produtividade	0,05	0,03	0,13	-0,07	0,17	0,43	-0,12	0,49	0,96	0,61	0,65	0,50	0,64	0,20	0,52	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO U. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Xanxerê/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,25	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,86	-0,04	1,00													
(D) Herbicidas	-0,39	0,02	-0,25	1,00												
(E) Inseticidas	0,58	-0,14	0,54	-0,12	1,00											
(F) Fungicidas	-0,63	0,42	-0,84	0,56	-0,41	1,00										
(G) Adjuvante	-0,61	0,25	-0,64	0,47	-0,90	0,69	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,24	-0,18	0,18	0,42	0,80	0,06	-0,49	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,27	0,96	0,03	0,19	-0,22	0,41	0,37	-0,17	1,00							
(J) Mão de obra	0,66	-0,36	0,87	-0,42	0,69	-0,93	-0,87	0,24	-0,38	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,12	-0,18	0,23	0,10	0,43	-0,25	-0,49	0,23	-0,27	0,49	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,56	0,59	-0,79	0,34	-0,35	0,93	0,54	-0,05	0,50	-0,83	-0,09	1,00				
(M) Depreciação	0,51	0,06	0,39	0,16	0,93	-0,10	-0,68	0,92	0,02	0,42	0,28	-0,09	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,18	0,79	-0,31	-0,23	-0,03	0,50	0,14	-0,04	0,67	-0,46	-0,45	0,65	0,15	1,00		
(O) Preço Médio	0,49	-0,01	0,63	-0,21	0,83	-0,53	-0,88	0,46	-0,12	0,80	0,78	-0,34	0,67	-0,17	1,00	
(P) Produtividade	0,72	0,66	0,55	-0,15	0,62	-0,16	-0,53	0,35	0,58	0,39	0,24	0,04	0,67	0,48	0,68	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO V. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Carazinho/RS.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,70	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,55	0,90	1,00													
(D) Herbicidas	0,00	0,03	0,14	1,00												
(E) Inseticidas	-0,77	-0,64	-0,29	0,25	1,00											
(F) Fungicidas	-0,59	-0,89	-0,67	0,33	0,75	1,00										
(G) Adjuvante	-0,41	-0,07	-0,26	-0,09	0,04	-0,21	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,29	0,20	-0,15	-0,40	-0,79	-0,45	0,05	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,83	-0,32	-0,16	-0,05	0,71	0,20	0,63	-0,50	1,00							
(J) Mão de obra	0,17	0,38	0,03	-0,03	-0,53	-0,56	0,75	0,35	0,09	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,88	-0,59	-0,42	-0,40	0,68	0,38	0,29	-0,20	0,78	-0,32	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,04	0,07	-0,22	-0,18	-0,58	-0,27	0,13	0,93	-0,33	0,29	-0,06	1,00				
(M) Depreciação	0,15	0,11	-0,22	-0,58	-0,69	-0,45	0,20	0,96	-0,31	0,36	0,01	0,89	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,75	-0,92	-0,78	0,20	0,74	0,84	0,25	-0,35	0,47	-0,31	0,58	-0,13	-0,25	1,00		
(O) Preço Médio	0,06	0,47	0,39	-0,63	-0,21	-0,70	0,46	0,04	0,39	0,46	0,21	-0,14	0,20	-0,48	1,00	
(P) Produtividade	-0,76	-0,25	-0,20	0,15	0,53	0,16	0,77	-0,38	0,91	0,39	0,54	-0,20	-0,26	0,40	0,31	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO W. Matriz de correlação das simulações da cultura do trigo em Tupanciretã/RS.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,69	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,60	0,05	1,00													
(D) Herbicidas	0,43	-0,02	-0,35	1,00												
(E) Inseticidas	0,07	0,00	-0,04	0,19	1,00											
(F) Fungicidas	0,12	0,41	0,23	0,18	0,46	1,00										
(G) Adjuvante	-0,08	0,24	0,56	-0,23	0,50	0,53	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,62	-0,86	0,17	0,37	0,02	-0,24	-0,15	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,00	-0,27	0,10	0,78	0,22	0,28	0,23	0,64	1,00							
(J) Mão de obra	-0,26	-0,03	0,47	0,27	-0,40	0,43	0,11	0,33	0,55	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,43	-0,27	0,59	-0,04	-0,53	-0,15	0,24	0,47	0,44	0,70	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,36	-0,06	0,70	-0,25	0,44	0,14	0,85	0,19	0,25	0,00	0,38	1,00				
(M) Depreciação	-0,64	-0,85	0,25	0,30	0,05	-0,20	0,01	0,98	0,67	0,36	0,55	0,32	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,69	-0,83	0,21	-0,31	-0,12	-0,46	0,14	0,65	0,16	0,04	0,55	0,41	0,73	1,00		
(O) Preço Médio	0,55	0,46	-0,26	0,65	-0,08	0,61	-0,15	-0,20	0,39	0,53	-0,10	-0,51	-0,26	-0,69	1,00	
(P) Produtividade	-0,06	-0,31	-0,06	0,71	0,16	0,51	0,03	0,56	0,84	0,67	0,25	-0,10	0,55	0,05	0,62	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO X. Matriz de correlação das simulações da cultura do feijão primeira safra em Castro/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,32	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,69	0,60	1,00													
(D) Herbicidas	0,12	0,86	0,36	1,00												
(E) Inseticidas	0,16	0,49	0,12	0,78	1,00											
(F) Fungicidas	0,26	0,96	0,61	0,77	0,44	1,00										
(G) Adjuvante	0,51	0,90	0,61	0,75	0,56	0,82	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,61	0,63	0,73	0,71	0,74	0,59	0,69	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,18	0,28	0,11	0,30	0,26	0,22	0,49	0,16	1,00							
(J) Mão de obra	0,44	0,49	0,45	0,75	0,81	0,37	0,51	0,90	0,04	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,66	0,20	-0,51	0,56	0,48	0,12	0,00	-0,04	0,15	0,26	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,54	0,31	0,36	0,24	0,57	0,34	0,64	0,57	0,43	0,33	-0,32	1,00				
(M) Depreciação	0,37	0,44	0,47	0,70	0,80	0,39	0,41	0,91	-0,03	0,97	0,24	0,30	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,44	0,58	0,49	0,69	0,43	0,44	0,41	0,67	-0,28	0,80	0,23	-0,13	0,75	1,00		
(O) Preço Médio	-0,41	0,37	-0,32	0,42	0,27	0,27	0,44	-0,15	0,73	-0,11	0,56	0,16	-0,23	-0,21	1,00	
(P) Produtividade	-0,19	-0,31	0,08	-0,26	-0,28	-0,38	-0,12	-0,12	0,66	-0,15	-0,17	-0,03	-0,19	-0,33	0,17	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO Y. Matriz de correlação das simulações da cultura do feijão primeira safra em Campos Novos/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,82	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,05	0,05	1,00													
(D) Herbicidas	-0,47	-0,49	0,82	1,00												
(E) Inseticidas	0,02	-0,11	0,53	0,61	1,00											
(F) Fungicidas	-0,27	-0,25	0,75	0,76	0,77	1,00										
(G) Adjuvante	-0,60	-0,86	-0,49	0,05	-0,20	-0,24	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,20	0,50	0,28	0,01	-0,33	-0,38	-0,42	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,41	0,39	-0,21	-0,48	0,05	0,19	-0,39	-0,55	1,00							
(J) Mão de obra	0,31	0,49	0,56	0,23	-0,14	-0,12	-0,53	0,92	-0,48	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	0,70	0,62	0,61	0,25	0,52	0,26	-0,73	0,38	0,01	0,61	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,26	-0,46	0,51	0,66	0,74	0,91	0,05	-0,68	0,26	-0,40	0,11	1,00				
(M) Depreciação	-0,04	0,29	0,27	0,10	-0,41	-0,36	-0,25	0,97	-0,66	0,86	0,18	-0,65	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,15	0,05	0,24	0,25	0,74	0,64	-0,32	-0,34	0,33	-0,36	0,15	0,51	-0,39	1,00		
(O) Preço Médio	0,19	0,32	-0,20	-0,48	-0,24	0,12	-0,35	-0,40	0,91	-0,39	-0,22	0,12	-0,43	0,20	1,00	
(P) Produtividade	-0,19	0,19	0,23	0,08	0,36	0,57	-0,48	-0,22	0,53	-0,27	-0,03	0,36	-0,23	0,84	0,58	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO Z. Matriz de correlação das simulações da cultura do feijão segunda safra em Castro/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	-0,22	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,12	0,55	1,00													
(D) Herbicidas	-0,61	0,75	0,16	1,00												
(E) Inseticidas	-0,79	0,43	0,28	0,79	1,00											
(F) Fungicidas	-0,14	0,87	0,67	0,43	0,24	1,00										
(G) Adjuvante	-0,35	0,83	0,66	0,59	0,52	0,70	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,30	0,52	0,72	0,62	0,75	0,36	0,61	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,12	0,55	0,70	0,43	0,29	0,43	0,48	0,81	1,00							
(J) Mão de obra	-0,38	0,37	0,32	0,75	0,82	0,04	0,39	0,87	0,60	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,63	0,53	-0,10	0,76	0,66	-0,38	0,31	0,17	-0,15	0,38	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,41	0,17	0,66	0,06	0,52	0,30	0,59	0,56	0,20	0,26	-0,03	1,00				
(M) Depreciação	-0,35	0,33	0,36	0,70	0,79	0,08	0,27	0,88	0,65	0,96	0,35	0,23	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	0,12	0,55	0,26	0,66	0,39	0,16	0,34	0,58	0,57	0,75	0,38	-0,20	0,68	1,00		
(O) Preço Médio	-0,37	0,76	0,47	0,48	0,35	0,67	0,95	0,36	0,30	0,14	0,25	0,50	0,00	0,11	1,00	
(P) Produtividade	0,52	-0,14	0,34	-0,09	-0,08	-0,18	-0,28	0,44	0,65	0,41	-0,42	-0,14	0,53	0,44	-0,50	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO AA. Matriz de correlação das simulações da cultura do feijão segunda safra em Guarapuava/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,99	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,67	-0,78	1,00													
(D) Herbicidas	-0,99	-1,00	0,75	1,00												
(E) Inseticidas	0,34	0,19	0,47	-0,22	1,00											
(F) Fungicidas	-0,41	-0,54	0,95	0,52	0,72	1,00										
(G) Adjuvante	0,03	-0,12	0,72	0,09	0,95	0,90	1,00									
(H) Operações Mecânicas	0,63	0,51	0,15	-0,54	0,94	0,45	0,79	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	0,61	0,72	-1,00	-0,70	-0,55	-0,97	-0,78	-0,23	1,00							
(J) Mão de obra	-1,00	-1,00	0,73	1,00	-0,26	0,48	0,05	-0,57	-0,67	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,52	-0,64	0,98	0,62	0,63	0,99	0,84	0,33	-0,99	0,59	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	0,99	0,97	-0,59	-0,98	0,43	-0,31	0,13	0,71	0,52	-0,98	-0,43	1,00				
(M) Depreciação	0,97	1,00	-0,83	-0,99	0,10	-0,61	-0,21	0,43	0,78	-0,99	-0,71	0,94	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,57	-0,69	0,99	0,66	0,58	0,98	0,80	0,27	-1,00	0,64	1,00	-0,48	-0,75	1,00		
(O) Preço Médio	-0,52	-0,65	0,98	0,62	0,63	0,99	0,84	0,33	-0,99	0,59	1,00	-0,43	-0,71	1,00	1,00	
(P) Produtividade	0,99	1,00	-0,74	-1,00	0,24	-0,50	-0,07	0,55	0,68	-1,00	-0,60	0,98	0,99	-0,65	-0,60	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO BB. Matriz de correlação das simulações da cultura do feijão segunda safra em Xanxerê/SC.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,97	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	-0,99	-0,93	1,00													
(D) Herbicidas	0,18	0,41	-0,04	1,00												
(E) Inseticidas	-0,06	0,18	0,19	0,97	1,00											
(F) Fungicidas	0,17	0,40	-0,04	1,00	0,97	1,00										
(G) Adjuvante	0,39	0,60	-0,26	0,98	0,89	0,97	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,99	-0,99	0,97	-0,30	-0,06	-0,29	-0,50	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,90	-0,98	0,84	-0,58	-0,37	-0,58	-0,75	0,95	1,00							
(J) Mão de obra	0,96	0,86	-0,99	-0,11	-0,34	-0,11	0,12	-0,92	-0,75	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-1,00	-0,95	1,00	-0,10	0,14	-0,09	-0,31	0,98	0,87	-0,98	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,74	-0,56	0,82	0,53	0,72	0,53	0,33	0,65	0,38	-0,90	0,79	1,00				
(M) Depreciação	0,97	0,88	-0,99	-0,07	-0,31	-0,08	0,15	-0,93	-0,77	1,00	-0,99	-0,88	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,77	-0,90	0,68	-0,77	-0,59	-0,76	-0,89	0,84	0,97	-0,56	0,71	0,14	-0,59	1,00		
(O) Preço Médio	-0,99	-0,92	1,00	-0,02	0,21	-0,02	-0,24	0,96	0,83	-0,99	1,00	0,84	-1,00	0,66	1,00	
(P) Produtividade	-0,96	-1,00	0,92	-0,44	-0,21	-0,43	-0,63	0,99	0,99	-0,85	0,94	0,53	-0,86	0,91	0,91	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO CC. Matriz de correlação das simulações da cultura da cevada em Guarapuava/PR.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,36	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,37	0,16	1,00													
(D) Herbicidas	-0,74	0,30	-0,28	1,00												
(E) Inseticidas	-0,18	-0,06	0,73	0,20	1,00											
(F) Fungicidas	-0,81	-0,02	-0,13	0,82	0,18	1,00										
(G) Adjuvante	-0,60	0,00	0,14	0,64	0,67	0,44	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,56	0,11	0,10	0,76	0,68	0,53	0,72	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,28	0,60	-0,49	0,62	-0,40	0,39	-0,06	0,25	1,00							
(J) Mão de obra	-0,24	0,44	0,29	0,70	0,59	0,52	0,66	0,74	0,14	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,01	0,26	-0,41	0,04	-0,74	0,21	-0,65	-0,42	0,67	-0,41	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,85	-0,14	-0,39	0,84	0,31	0,63	0,77	0,81	0,32	0,50	-0,29	1,00				
(M) Depreciação	-0,60	0,06	0,05	0,76	0,64	0,57	0,65	0,99	0,29	0,68	-0,34	0,81	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,78	-0,29	-0,39	0,60	0,20	0,51	0,37	0,70	0,41	0,10	0,02	0,79	0,77	1,00		
(O) Preço Médio	0,08	0,78	0,30	0,42	0,04	0,41	0,12	0,08	0,42	0,58	0,30	-0,10	0,03	-0,36	1,00	
(P) Produtividade	-0,01	0,86	0,04	0,66	0,15	0,28	0,27	0,57	0,71	0,68	0,12	0,31	0,54	0,17	0,66	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).

ANEXO DD. Matriz de correlação das simulações da cultura da aveia branca em Tupanciretã/RS.

Correlações do @RISK	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
(A) Área Cultura	1,00															
(B) Fertilizante+Corretivo+Foliar	0,60	1,00														
(C) Sementes+Tratamento Semente	0,97	0,38	1,00													
(D) Herbicidas	-0,40	-0,97	-0,16	1,00												
(E) Inseticidas	-0,89	-0,16	-0,97	-0,06	1,00											
(F) Fungicidas	0,17	0,89	-0,08	-0,97	0,31	1,00										
(G) Adjuvante	0,83	0,94	0,67	-0,84	-0,48	0,69	1,00									
(H) Operações Mecânicas	-0,98	-0,74	-0,90	0,57	0,79	-0,35	-0,92	1,00								
(I) Transporte Produção +Comerc./Armazenam.+Impostos	-0,94	-0,29	-0,99	0,06	0,99	0,18	-0,59	0,86	1,00							
(J) Mão de obra	0,46	0,99	0,23	-1,00	-0,01	0,95	0,88	-0,62	-0,13	1,00						
(K) Custo Geral+Seguro+Assist. Téc.	-0,49	0,41	-0,69	-0,60	0,84	0,78	0,08	0,32	0,76	0,54	1,00					
(L) Financiamento de Capital de Giro	-0,63	-1,00	-0,42	0,96	0,21	-0,87	-0,96	0,77	0,33	-0,98	-0,36	1,00				
(M) Depreciação	-0,99	-0,49	-0,99	0,28	0,94	-0,04	-0,75	0,95	0,98	-0,34	0,60	0,53	1,00			
(N) Juros sobre capital investido	-0,85	-0,08	-0,95	-0,14	1,00	0,38	-0,41	0,73	0,98	0,08	0,88	0,13	0,91	1,00		
(O) Preço Médio	-0,95	-0,82	-0,84	0,67	0,70	-0,47	-0,96	0,99	0,78	-0,72	0,19	0,85	0,90	0,64	1,00	
(P) Produtividade	-0,19	0,68	-0,43	-0,82	0,62	0,94	0,39	0,00	0,51	0,78	0,95	-0,64	0,32	0,68	-0,13	1,00

Fonte: dados da pesquisa (2020).