

**Alexandre de Queiroz Stein**

**Heterogeneidade estrutural e complexidade  
econômica na agropecuária brasileira**

**Belo Horizonte**

**Dezembro de 2019**

**Alexandre de Queiroz Stein**

**Heterogeneidade estrutural e complexidade econômica na  
agropecuária brasileira**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Universidade Federal de Minas Gerais

Faculdade de Ciências Econômicas

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional

Orientador: Gustavo de Britto Rocha

Coorientador: Marcelo Antonio Conterato

Belo Horizonte

Dezembro de 2019

Ficha Catalográfica

S819h Stein, Alexandre de Queiroz.  
2019 Heterogeneidade estrutural e complexidade econômica na agropecuária brasileira [manuscrito] / Alexandre de Queiroz Stein. – 2019.  
190 f.: il.

Orientador: Gustavo de Britto Rocha  
Coorientador: Marcelo Antonio Conterato  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.  
Inclui bibliografia (f. 174-178)

1. Agropecuária - Brasil - Teses. 2. - Desenvolvimento econômico - Teses. 3. Economia – Teses. I. Britto, Gustavo. II. Conterato, Marcelo Antonio. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. IV. Título.

CDD: 330

Elaborada pela Biblioteca da FACE/UFMG – 066/2021  
Fabiana Pereira dos Santos CRB6 2530

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ALEXANDRE DE QUEIROZ STEIN

TÍTULO DO TRABALHO:

### “Heterogeneidade Estrutural e Complexidade Econômica na Agropecuária Brasileira”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Mestre em Economia, área de concentração em Economia.

APROVADO EM 16 DE DEZEMBRO DE 2019.

#### BANCA EXAMINADORA

Prof. Gustavo de Britto Rocha  
(Orientador) (CEDEPLAR/FACE/UFMG)



Prof. Pedro Vasconcelos Maia do Amaral  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Participação por videoconferência

Prof. Fabrício José Missio  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)



Prof. Elton Eduardo Freitas  
(TCE/MG)



Prof. Alexandre Mendes Cunha  
Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ALEXANDRE DE QUEIROZ STEIN

TÍTULO DO TRABALHO:

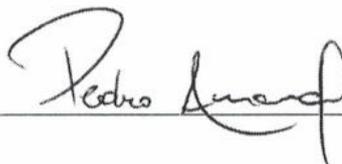
**“Heterogeneidade Estrutural e Complexidade Econômica na Agropecuária Brasileira”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Mestre em Economia, área de concentração em Economia.

APROVADO EM 16 DE DEZEMBRO DE 2019.

### BANCA EXAMINADORA

Prof. Pedro Vasconcelos Maia do Amaral  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)  
(participação por videoconferência)



*Prof. Alexandre Mendes Cunha*  
Subcoordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

*Só a tristeza que se foi. O amor ficou aqui.  
Para Anahi (in memoriam).*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão à classe trabalhadora do Brasil, que com o suor de seu trabalho permitiu a realização desse curso de mestrado. Jamais poderei retribuir tal oportunidade, mas afirmo que para sempre terei o compromisso de lutar por uma educação pública, gratuita, de qualidade, com autonomia de pensamento e socialmente inclusiva.

Agradeço a todos os profissionais da UFMG e especialmente aos professores do CEDEPLAR pela formação proporcionada. Da mesma forma, agradeço ao CNPQ pelo suporte recebido durante o mestrado.

Um agradecimento especial devo ao meu orientador e amigo Gustavo Britto. A gratidão que tenho pelas suas orientações sobre a dissertação, absolutamente fundamentais para a realização deste trabalho, é tão grande quanto a gratidão pela confiança em mim depositada nos últimos dois anos e pelo auxílio na tomada de decisões importantes sobre meu futuro profissional. Obrigado também ao meu coorientador, Marcelo Conterato, que mesmo de longe aceitou o desafio de participar do trabalho.

Ao Elton Freitas, Fabrício Missio e Pedro Amaral, agradeço tanto pela amizade cultivada no período do mestrado como pela disposição em avaliar o presente trabalho.

Ao João Romero e Allan Barbosa, pela parceria na Nova Economia, Gestão e Sociedade e outros projetos. Lucão e Philipe, mais do que pela parceria nos projetos, sou imensamente grato pela amizade e companheirismo.

Vitinho, Guilherme, Pedrinho, Jonas, Vitão, Davy, Gama. São vocês que deram sentido à vida em Belo Horizonte para além da universidade, foram minha família aqui. O que passamos juntos é algo que não se encontra em qualquer esquina e minha gratidão não tem como mensurar. Pedro Soares, além disso tudo, essa dissertação só existe pelo trabalho que fizemos juntos no início de 2018.

À Awa, que além do carinho imenso também contribuiu para o trabalho.

Ao pessoal de Estrela, por me lembrar de onde vim e que sempre tenho um lugar pra voltar.

A todas as pessoas do CEDEPLAR e de outros carnavais, que estiveram comigo entre 2017 e 2019 e que continuarão do meu lado no que está por vir. Queria nomear cada pessoa e cada momento, mas sei que não preciso. Grato por ter encontrado tantos corações gigantes pelo caminho.

À Anna, por alegrar nossa casa. Por último, e mais especial, obrigado Mauro, Tania e Gui. Mais uma vez: absolutamente tudo que tenho nessa vida devo a vocês três.

# Resumo

O setor agropecuário brasileiro é marcado por uma profunda heterogeneidade estrutural, entendida como coexistência de estruturas produtivas com níveis muito discrepantes de produtividade dentro do território nacional. Paralelamente, na literatura de desenvolvimento rural é possível identificar a carência de instrumentos para retratar empiricamente as diferenças estruturais entre as regiões. Partindo disso, o trabalho apresenta uma análise exploratória que tem por objetivo avaliar se os instrumentos empíricos da abordagem da complexidade econômica, proposta em [Hausmann et al. \(2014\)](#), podem contribuir para o entendimento da estrutura produtiva do setor agropecuário. Para tal, são realizados três exercícios empíricos que têm como principal base de dados o Censo Agropecuário 2006 do IBGE. O primeiro exercício utiliza o método de análise de correspondência múltipla com variáveis categóricas para desenvolver um índice de intensidade tecnológica da agropecuária, complementado por uma análise de *local indicators of spatial autocorrelation* (LISA), com o intuito de retratar a assimetria tecnológica desse setor entre as microrregiões brasileiras. No segundo exercício é realizada a construção e análise da rede de produtos (*product space*) da agropecuária brasileira buscando identificar como os produtos agropecuários estão relacionados com diferentes indicadores socioeconômicos das microrregiões que os produzem, especialmente na questão tecnológica. Por fim, o terceiro exercício consiste no cálculo dos índices de complexidade econômica agropecuária de produtos e microrregiões, visando avaliar se tais índices podem ser utilizados para retratar o problema da heterogeneidade estrutural nesse setor, bem como avaliar a distribuição espacial da complexidade econômica. A principal inovação que trabalho apresenta é realizar uma aplicação de complexidade econômica voltada para a dinâmica regional do setor agropecuário brasileiro, o que é algo ainda não realizado em outros trabalhos. Os exercícios realizados trouxeram contribuições importantes ao apresentar uma nova forma de visualizar a estrutura produtiva do setor agropecuário que permite compreender melhor qual a relação entre os bens agropecuários produzidos nas microrregiões e as discrepâncias de renda, produtividade, tecnologia, desigualdade fundiária e de desenvolvimento humano que são verificadas no Brasil. Por fim, o trabalho conclui que a abordagem da complexidade é apropriada retratar a heterogeneidade estrutural na agropecuária brasileira, trazendo avanços para pensar o desenvolvimento produtivo das regiões brasileiras.

**Palavras-chave:** complexidade econômica; heterogeneidade estrutural; agropecuária; desenvolvimento econômico; espaço de produtos.

# Abstract

The Brazilian agricultural sector is marked by a profound structural heterogeneity, understood as the coexistence of productive structures with very discrepant levels of productivity within the national territory. At the same time, in the rural development literature it is possible to identify the lack of instruments to empirically portray the structural differences between the regions. Therefore, the study presents an exploratory analysis that aims to evaluate if the empirical instruments of the economic complexity approach, proposed in [Hausmann et al. \(2014\)](#), can contribute to the understanding of the productive structure of the agricultural sector. To this end, three empirical exercises are carried out, based on the IBGE 2006 Agricultural Census. The first exercise uses the multiple correspondence analysis method with categorical variables to develop an agricultural technology intensity index, complemented by a local indicators of spatial autocorrelation analysis (LISA), in order to analyze the technological asymmetry of the sector among the Brazilian microregions. In the second exercise is carried out the construction and analysis of the product space network of Brazilian agricultural products seeking to identify how agricultural products are related to different socioeconomic indicators of the micro-regions that produce them, especially in the technological issue. Finally, the third exercise consists in the calculation of the agricultural economic complexity indexes of products and microregions, aiming to evaluate if these indexes can be used to represent the problem of structural heterogeneity in this sector, as well as to evaluate the spatial distribution of economic complexity. The main novelty the work presents is to make an empirical exercise of economic complexity focused on the regional dynamics of the Brazilian agricultural sector, something that has not been done before. The exercises bring important contributions by presenting a new way of visualizing the productive structure of the agricultural sector that allows a better understanding of the relationship between the agricultural goods produced in the microregions and the discrepancies in income, productivity, technology, land inequality and human development which are verified in Brazil. Finally, the paper concludes that the complexity approach is appropriate to represent the structural heterogeneity in the Brazilian agriculture, bringing advances to think the productive development of the Brazilian regions.

**Keywords:** economic complexity; structural heterogeneity; agriculture; economic development; product space.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Produtividade média da terra (a) e do trabalho (b) . . . . .	27
Figura 2 – Produtividade do trabalho por setores de atividade econômica de 2000 a 2007 (Em R\$ mil) . . . . .	29
Figura 3 – Índices de utilização de tecnologia na agricultura das mesorregiões brasileiras - agricultura familiar e não familiar . . . . .	30
Figura 4 – Sobreposição das regiões de valor alto-alto significantes dos dados analisados, exceto a agricultura orgânica. . . . .	31
Figura 5 – Índice de mudança estrutural para Brasil e Estados . . . . .	33
Figura 6 – Índice de diversificação para Brasil e Estados no período 1996 - 2006 . . . . .	34
Figura 7 – Distribuição do número de estabelecimento, por classe de diversidade da produção da agricultura familiar . . . . .	37
Figura 8 – distribuição do número de estabelecimentos por classe de diversidade, se- gundo faixa de renda (VBP) da agricultura familiar . . . . .	37
Figura 9 – VBP médio, por classes de diversidade da produção nos estabelecimentos da agricultura familiar (em mil reais) . . . . .	39
Figura 10 – Modelo geral do espaço de produtos . . . . .	49
Figura 11 – Espaço de produtos de Brasil e Coréia do Sul em 2005 . . . . .	50
Figura 12 – Boxplot das variáveis padronizadas . . . . .	61
Figura 13 – Exemplos de distribuições das variáveis . . . . .	62
Figura 14 – Resultado do método <i>HOMALS</i> para as variáveis . . . . .	63
Figura 15 – Resultado do método <i>HOMALS</i> para as variáveis - apenas quadrantes 1 e 4 . . . . .	64
Figura 16 – Resultado do método <i>HOMALS</i> para as variáveis - apenas quadrantes 2 e 3 . . . . .	66
Figura 17 – Boxplot e densidade de kernel do índice de tecnologia da agropecuária . . . . .	67
Figura 18 – Boxplot e densidade de kernel do índice de tecnologia da agropecuária por região . . . . .	68
Figura 19 – Resultado do método <i>HOMALS</i> para as microrregiões . . . . .	69
Figura 20 – Média do índice de tecnologia da agropecuária por região e por quadrantes selecionados . . . . .	69
Figura 21 – Média do índice de tecnologia da agropecuária por unidade federativa . . . . .	70
Figura 22 – Resultado do método <i>HOMALS</i> para as microrregiões e valor de produção por hectare . . . . .	71
Figura 23 – Relação entre índice de tecnologia da agropecuária e valor de produção por hectare . . . . .	72
Figura 24 – Distribuição espacial do índice de tecnologia da agropecuária entre as micror- regiões brasileiras . . . . .	73
Figura 25 – I de Moran do índice de tecnologia da agropecuária . . . . .	74

Figura 26 – Aglomerados de microrregiões por intensidade tecnológica . . . . .	75
Figura 27 – Distribuição do peso das arestas da rede inicial . . . . .	86
Figura 28 – Distribuição do peso das arestas do grafo original . . . . .	87
Figura 29 – Componentes do grafo de acordo com o ponto de corte das arestas . . . . .	89
Figura 30 – Distribuição peso das arestas dos grafo após corte . . . . .	90
Figura 31 – Representação 1 - Rede de produtos - Árvore geradora máxima . . . . .	93
Figura 32 – Representação 2 - Rede de produtos completa - Cores segundo classificação IBGE . . . . .	95
Figura 33 – Frequência do número de comunidades encontradas nas simulações de <i>bootstrap</i>	96
Figura 34 – Representação 3 - Rede de produtos completa - Partição em comunidades . . . . .	97
Figura 35 – Relação entre ubiquidade e indicadores de centralidade . . . . .	99
Figura 36 – Representação 4 - Rede de produtos como árvore geradora máxima - Partição em comunidades . . . . .	101
Figura 37 – Grupo 13 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens compara- tivas reveladas . . . . .	102
Figura 38 – Grupo 10 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens compara- tivas reveladas . . . . .	103
Figura 39 – Grupo 09 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens compara- tivas reveladas . . . . .	104
Figura 40 – Grupo 02 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens compara- tivas reveladas . . . . .	105
Figura 41 – Boxplot do Índice de tecnologia por grupo de produtos . . . . .	106
Figura 42 – Boxplot do valor de produção por hectare por grupo de produtos . . . . .	108
Figura 43 – Boxplot da variável área média dos estabelecimentos por grupo de produtos	109
Figura 44 – Relação entre tecnologia e tamanho dos estabelecimentos rurais por produtos	110
Figura 45 – Boxplot do índice de gini fundiário por grupo de produtos . . . . .	111
Figura 46 – Relação entre desigualdade de terras (Gini fundiário) e tecnologia . . . . .	112
Figura 47 – Boxplot da participação da indústria no valor adicionado bruto total da microrregião por grupo de produtos . . . . .	113
Figura 48 – Relação entre participação da indústria no valor adicionado bruto total da microrregião e o índice de tecnologia por grupo de produtos . . . . .	114
Figura 49 – Boxplot do Acesso a financiamento por grupo de produtos . . . . .	115
Figura 50 – Relação entre tecnologia e financiamento por grupo de produtos . . . . .	117
Figura 51 – Boxplot da variável pessoal ocupado por estabelecimento por grupo de produtos	119
Figura 52 – Boxplot da variável pessoal ocupado por hectare por grupo de produtos . . . . .	120
Figura 53 – Boxplot do IDHM (2010) por grupo de produtos . . . . .	121
Figura 54 – Relação entre IDHM (2010) e tecnologia . . . . .	122
Figura 55 – Percentual de estabelecimentos por nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - analfabetos, sabe ler e escrever e alfabetização de adultos	123

Figura 56 – Percentual de estabelecimentos por nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Fundamental incompleto a superior . . . . .	124
Figura 57 – Distribuição da população com domicílio rural por nível de instrução e grupos de produtos. . . . .	125
Figura 58 – Índice de complexidade de produtos - Densidades . . . . .	136
Figura 59 – Índice de complexidade de produtos - Boxplot . . . . .	137
Figura 60 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e ubiquidade ( $K_{p,0}$ ) . . . . .	138
Figura 61 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e diversificação média das microrregiões ( $K_{p,1}$ com $RCA \geq 1$ ) . . . . .	138
Figura 62 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e diversificação média das microrregiões ( $K_{p,1}$ com $RCA > 0$ ) . . . . .	139
Figura 63 – Relação entre ubiquidade dos produtos e diversificação média das microrregiões	140
Figura 64 – Relação entre complexidade de produtos e PRODY . . . . .	141
Figura 65 – Relação entre grau ponderado e complexidade de produtos . . . . .	141
Figura 66 – Relação entre proximidade ( <i>closeness centrality</i> ) e complexidade de produtos	142
Figura 67 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - Tamanho dos nós por PCI e cores por grupos de produtos . . . . .	143
Figura 68 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - Cores representando o Índice de Complexidade de Produtos . . . . .	144
Figura 69 – Relação entre complexidade de produtos e tecnologia . . . . .	145
Figura 70 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e produtividade (Valor de produção por hectare) . . . . .	146
Figura 71 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e produtividade (Valor de produção por pessoa ocupada na agropecuária) . . . . .	146
Figura 72 – Distribuição do índice de complexidade econômica para o Brasil . . . . .	148
Figura 73 – Distribuição do índice de complexidade econômica para as regiões . . . . .	148
Figura 74 – Distribuição espacial do Índice de Complexidade Econômica . . . . .	149
Figura 75 – Scatterplot do I de Moran do ECI . . . . .	150
Figura 76 – Aglomeração do índice de complexidade econômica das microrregiões . . . . .	151
Figura 77 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões (ECI) e ubiquidade média dos produtos ( $K_{c,1}$ ) . . . . .	152
Figura 78 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões e ubiquidade média dos produtos ( $K_{c,1}$ ) por macrorregiões brasileiras . . . . .	153
Figura 79 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões (ECI) e diversificação ( $K_{c,0}$ com $RCA \geq 1$ ) . . . . .	154
Figura 80 – Relação entre o índice de complexidade econômica (ECI) e diversificação ( $K_{c,0}$ com $RCA > 0$ ) . . . . .	154
Figura 81 – Relação entre diversificação das microrregiões ( $K_{c,0}$ ) e ECI - Apenas produtos de alta complexidade . . . . .	156

Figura 82 – Relação entre diversificação das microrregiões ( $K_{c,0}$ ) e ECI - Apenas produtos de baixa complexidade . . . . .	157
Figura 83 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões, $EXPYVP_{hec}$ e $EXPYYVP_{pessocup}$ . . . . .	158
Figura 84 – Relação entre ECI e produtividade da terra (esquerda) e do trabalho (direita)	159
Figura 85 – Relação entre ECI e o índice de tecnologia . . . . .	159
Figura 86 – Relação entre ECI e o índice de Gini fundiário e o IDHM médio das microrregiões . . . . .	160
Figura 87 – Relação entre ECI e área média dos estabelecimentos agropecuários . . . . .	161
Figura 88 – Relação entre ECI e indicadores de educação . . . . .	162
Figura 89 – Relação entre ECI e distância das microrregiões à cidade mais próxima com população igual ou superior a 250mil habitantes . . . . .	163
Figura 90 – Relação entre ECI e participação da indústria no valor adicionado bruto da microrregião . . . . .	163
Figura 91 – Relação entre ECI e participação dos serviços no valor adicionado bruto da microrregião . . . . .	165
Figura 92 – Relação entre ECI e PIB per capita da microrregião . . . . .	165
Figura 93 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - produtos em que a microrregião de Alto Paranaíba Piauiense (PI) tem $RCA \geq 1$ . . . . .	167
Figura 94 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - produtos em que a microrregião de Bocaiúva (MG) tem $RCA \geq 1$ . . . . .	168
Figura 95 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - produtos em que a microrregião de Piedade (SP) tem $RCA \geq 1$ . . . . .	169
Figura 96 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas . . . . .	181
Figura 97 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas . . . . .	182
Figura 98 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas . . . . .	183
Figura 99 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas . . . . .	184
Figura 100 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas . . . . .	185

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Variação da Produtividade Total dos Fatores entre 1970 e 2006 por estado brasileiro . . . . .	26
Tabela 2 – Estatística descritiva para a produtividade da terra nos municípios – Brasil e regiões – 2006 . . . . .	28
Tabela 3 – Estatística descritiva para a produtividade do trabalho nos municípios – Brasil e regiões – 2006 . . . . .	28
Tabela 4 – Número de estabelecimentos, área total e VBP total, por classe de diversidade produtiva da agricultura familiar . . . . .	36
Tabela 5 – Descrição das variáveis e transformações realizadas . . . . .	55
Tabela 6 – Estatísticas topológicas da rede original . . . . .	85
Tabela 7 – Estatísticas topológicas do espaço de produtos da agropecuária brasileira . . . . .	90
Tabela 8 – Descrição dos indicadores de Ubiquidade e Diversificação . . . . .	133
Tabela 9 – Scores HOMALS por categorias . . . . .	180
Tabela 10 – Número de produtos e participação percentual por grupo . . . . .	186
Tabela 11 – Grupos de produtos e classificação do IBGE . . . . .	186
Tabela 12 – Participação percentual das categorias do IBGE nos grupos de produtos . . . . .	187
Tabela 13 – Topologia dos 4 grandes grupos . . . . .	187
Tabela 14 – Topologia dos grupos secundários . . . . .	187
Tabela 15 – Produtos de maior complexidade . . . . .	188
Tabela 16 – Produtos de menor complexidade . . . . .	189
Tabela 17 – Microrregiões de maior complexidade econômica . . . . .	190
Tabela 18 – Microrregiões de menor complexidade econômica . . . . .	191

# Sumário

	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> . . . . .	<b>22</b>
1.1	<b>Heterogeneidade estrutural na agropecuária brasileira</b> . . . . .	<b>22</b>
1.1.1	<i>Uma visão geral sobre desigualdade no setor agropecuário</i> . . . . .	<b>24</b>
1.1.2	<i>As discrepâncias de produtividade</i> . . . . .	<b>25</b>
1.1.3	<i>Diferenças tecnológicas entre as regiões brasileiras</i> . . . . .	<b>29</b>
1.1.4	<i>Diversificação da produção e desigualdades regionais</i> . . . . .	<b>32</b>
1.2	<b>Observação sobre diversidade no meio rural e o recorte de dados utilizado no trabalho</b> . . . . .	<b>41</b>
1.3	<b>A abordagem da complexidade econômica</b> . . . . .	<b>44</b>
1.3.1	<i>A relação entre capabilities, produtos e estrutura produtiva</i> . . . . .	<b>44</b>
1.3.2	<i>Instrumentos empíricos: o product space e os índices de complexidade econômica</i> . . . . .	<b>48</b>
<b>2</b>	<b>HETEROGENEIDADE TECNOLÓGICA NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA</b> . . . . .	<b>52</b>
2.1	<b>Metodologia</b> . . . . .	<b>54</b>
2.1.1	<i>Base de dados e descrição das variáveis</i> . . . . .	<b>54</b>
2.1.2	<i>Opções metodológicas e tratamento das variáveis</i> . . . . .	<b>56</b>
2.1.3	<i>Método HOMALS</i> . . . . .	<b>57</b>
2.1.4	<i>I de Moran</i> . . . . .	<b>59</b>
2.2	<b>Resultados</b> . . . . .	<b>60</b>
2.2.1	<i>Estatísticas descritivas</i> . . . . .	<b>60</b>
2.2.2	<i>Homogeneity Analysis by Means of Least Squares - HOMALS</i> . . . . .	<b>62</b>
2.2.3	<i>Análise exploratória de dados espaciais</i> . . . . .	<b>72</b>
2.3	<b>Considerações Finais</b> . . . . .	<b>76</b>
<b>3</b>	<b>ESPAÇO DE PRODUTOS DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA</b> . . . . .	<b>78</b>
3.1	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>78</b>
3.2	<b>Metodologia</b> . . . . .	<b>80</b>
3.2.1	<i>Descrição e tratamento da base de dados</i> . . . . .	<b>80</b>
3.2.2	<i>Construção do grafo</i> . . . . .	<b>81</b>
3.3	<b>Resultados</b> . . . . .	<b>85</b>
3.3.1	<i>A rede inicial - descrição e ajustes metodológicos</i> . . . . .	<b>85</b>
3.3.2	<i>Análise visual da rede</i> . . . . .	<b>91</b>

3.3.3	<i>Análise das grandes comunidades</i> . . . . .	100
3.4	Considerações Finais . . . . .	125
4	<b>ÍNDICE DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA</b> . . . . .	128
4.1	Introdução . . . . .	128
4.2	Metodologia . . . . .	129
4.2.1	<i>Base de dados</i> . . . . .	129
4.2.2	<i>Cálculo do índice de complexidade de produtos (PCI) e complexidade econômica (ECI)</i> . . . . .	129
4.2.3	<i>Construção dos indicadores PRODY e EXPY</i> . . . . .	133
4.3	<b>Índice de Complexidade de Produtos</b> . . . . .	135
4.3.1	<i>Distribuição e interpretação do índice de complexidade de produtos</i> . . . . .	135
4.3.2	<i>Relação entre complexidade de produtos, PRODY e product space</i> . . . . .	140
4.3.3	<i>Relação do PCI com tecnologia e produtividade</i> . . . . .	142
4.4	<b>Índice de Complexidade Econômica</b> . . . . .	147
4.4.1	<i>Distribuição espacial do índice de complexidade econômica da agropecuária</i> . . . . .	147
4.4.2	<i>A interpretação do índice de complexidade econômica da agropecuária</i> . . . . .	151
4.4.3	<i>Relação entre complexidade econômica e demais indicadores econômicos</i> . . . . .	158
4.4.4	<i>Representação da relação entre redes e complexidade econômica das mi- croregiões</i> . . . . .	166
4.5	Considerações finais . . . . .	170
5	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	172
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	175
	<b>APÊNDICE A – COMPLEMENTOS DO CAPÍTULO 2</b> . . . . .	180
	<b>APÊNDICE B – COMPLEMENTOS DO CAPÍTULO 3</b> . . . . .	186
	<b>APÊNDICE C – COMPLEMENTOS DO CAPÍTULO 4</b> . . . . .	188

# Introdução

A relação entre a estrutura produtiva e desenvolvimento é indissociável. Os trabalhos seminais do campo do desenvolvimento econômico já afirmavam a importância das modificações na estrutura produtiva dos países para o processo de desenvolvimento econômico. Mesmo que a partir de diferentes perspectivas analíticas e com diferentes proposições normativas, um denominador comum é que caminhar em direção a uma estrutura produtiva com preponderância da indústria em detrimento do setor agropecuário é condição necessária para o desenvolvimento.

Essa mesma visão se reproduz nos trabalhos da vertente estruturalista latino-americana que, mesmo utilizando uma entonação distinta por considerar o subdesenvolvimento da América Latina como um fenômeno idiossincrático, vê a internalização de setores industriais com capacidade de geração de progresso técnico como necessária para redução das disparidades entre países centrais e periféricos, bem como para reduzir a marcante heterogeneidade estrutural interna dos países, expressa pelo diferencial de produtividade entre setores. Nessa perspectiva estruturalista o setor agropecuário é relegado a segundo plano, pois usualmente é considerado como menos dinâmico, de menor produtividade e com limitada capacidade de geração de progresso técnico. Seu papel importante no processo de desenvolvimento é corriqueiramente limitado à liberação de mão-de-obra para o crescimento industrial e produção de alimentos para a população urbana. Funções essas que seriam potencializadas pela agregação de tecnologia desenvolvida pelo setor industrial, sendo a agropecuária portanto um apêndice da indústria no processo de desenvolvimento.

O papel secundário que o setor agropecuário ocupa na teoria desenvolvimentista também se materializou na prática. A partir da década de 1930, até pelo menos meados da década de 1980, percebe-se que, em grande medida, o percurso da estrutura produtiva da economia brasileira se aproxima de muitas proposições estruturalistas, em que a agropecuária reduz sua participação no produto interno bruto em contraposição ao crescimento industrial. Apesar dos perceptíveis ganhos em termos de produto e produtividade na indústria e do avanço na consolidação de relações capitalistas de produção no meio urbano, foram negados à grande parcela da população rural elementos característicos do processo de modernização do século XX, como a consolidação dos direitos trabalhistas e previdenciários, o acesso a crédito, entre outras políticas de incentivo produtivo. Entretanto, a exclusão do setor agropecuário do processo de industrialização não foi completo, pois durante esse período de mudanças são mantidas relações estreitas entre a classe capitalista industrial emergente e a parcela das oligarquias rurais estabelecidas desde o período colonial. Essas últimas são inclusas no processo de modernização, passam a atuar dentro da lógica capitalista e compõe hoje o que se considera como a fração de classe agrário exportadora (TEIXEIRA; PINTO, 2012). As transformações produtivas no meio rural são, portanto, um retrato da chamada modernização conservadora (PIRES; RAMOS, 2009).

Nesse período ocorrem avanços substanciais na produtividade das propriedades voltadas à exportação de *commodities* agrícolas e de produtores integrados à indústria, devido principalmente à adoção de novas tecnologias por estratos da população rural com capacidade de acesso a pacotes tecnológicos avançados. Entretanto, permaneceram as profundas desigualdades fundiária e produtiva, com a manutenção de muitas propriedades que não incorporaram novas tecnologias, seguiram sem acessar os principais mercados de comercialização que foram abertos pelo avanço industrial e cujas relações de produção se distanciam da forma capitalista, sendo relegadas a um papel marginalizado, geralmente marcado por condições de vida extenuantes. Em linhas gerais, grande parte das estruturas econômica, social e política do meio rural não sofreram modificações significativas durante o processo de industrialização da economia brasileira, e as consequências da manutenção de tais estruturas são pontos fundamentais para compreender a realidade do meio rural bem como os caminhos de desenvolvimento possíveis. A mesma ideia, portanto, é válida para o meio rural: há uma relação essencial entre a estrutura produtiva da agropecuária e o desenvolvimento rural. Dessa forma, para que seja possível avançar na construção de um projeto de desenvolvimento, carece à perspectiva desenvolvimentista repensar e aprofundar os debates sobre o papel do setor agropecuário para o desenvolvimento.

O presente trabalho pretende contribuir com esse esforço e, para isso, toma como ponto de partida um conceito já conhecido sobre a estrutura produtiva: heterogeneidade estrutural. Dado esse contexto de marcantes desigualdades na agropecuária no Brasil, é usual valer-se desse conceito cepalino para se referir aos grandes diferenciais de produtividade que podem ser evidenciados entre diferentes setores produtivos, regiões e mesmo estabelecimentos agropecuários com características distintas. Entretanto a ideia de heterogeneidade na agropecuária é exacerbada para além dos diferenciais de produtividade, de forma que diversos trabalhos exploram as diferenças estruturais entre regiões em aspectos como a adoção e difusão de tecnologias, de diversificação e especialização produtiva, desigualdade, desenvolvimento humano, relações de trabalho entre outras perspectivas fundamentais à compreensão da multidimensionalidade da heterogeneidade estrutural (PINTO, 1970; VIEIRA-FILHO; FISHLOW, 2017; FORNAZIER; VIEIRA-FILHO, 2012; GASQUES et al., 2010; SAMBUICHI et al., 2016).

O presente trabalho busca explorar duas perspectivas diferentes da literatura econômica. A primeira delas é justamente relacionada ao de debate sobre heterogeneidade estrutural da agropecuária. O ponto de partida é que nessa literatura sobre a estrutura produtiva da agropecuária é possível encontrar duas lacunas que deixam espaços para novas pesquisas: i) a ausência de consenso sobre quais os indicadores mais adequados para retratar a heterogeneidade estrutural; e ii) o número reduzido de estudos que se valem de técnicas empíricas para compreender a heterogeneidade, relativamente a outros campos de estudo da economia. Há espaço, portanto, para estudos empíricos que busquem identificar indicadores para retratar a heterogeneidade da agropecuária.

A segunda perspectiva importante para o trabalho é a da complexidade econômica.

Tal abordagem tomou forma em anos recentes, pelos trabalhos de César Hidalgo e Ricardo Hausman, e foi importante no avanço da discussão empírica sobre proposições já conhecidas da teoria estruturalista, principalmente no sentido de corroborar a ideia de que a natureza dos bens produzidos em uma economia e, portanto, a estrutura produtiva são condicionantes da trajetória de desenvolvimento econômico dos países.

A contribuição empírica da abordagem da complexidade é devida a dois instrumentos principais. O primeiro tem por base a utilização da teoria dos grafos para o desenvolvimento de uma rede que conecta produtos, chamada de espaço de produtos (ou *product space*). Com esse instrumento foi demonstrado que determinados grupos de bens são característicos da estrutura produtiva de países desenvolvidos e que os países subdesenvolvidos que direcionaram sua produção para esses grupos apresentaram melhor desempenho no processo de *catching up* em comparação aos demais países subdesenvolvidos. Entre esses grupos são proeminentes os bens industriais, principalmente de alta tecnologia, que são ditos de alta complexidade, devido à maior sofisticação em sua produção, fruto da agregação de uma gama maior de conhecimentos (HAUSMANN; KLINGER, 2006; HIDALGO et al., 2007a; HIDALGO; HAUSMANN, 2008). É possível afirmar que esse instrumento permitiu entender com maior robustez qual a relação entre a natureza dos produtos de um país, considerando as condições econômicas necessárias a sua produção, e sua trajetória de desenvolvimento, reforçando a ideia de que entender a estrutura produtiva é um passo necessário para o entendimento do desenvolvimento dos países.

O segundo instrumento que teve importância para a abordagem da complexidade foi o índice de complexidade econômica. A partir da aplicação do chamado Método dos Reflexos, foram desenvolvidos indicadores que atribuem um nível de complexidade para países e produtos. Foram encontrados resultados que demonstraram que esses índices também contam com alto poder explicativo sobre a trajetória de desenvolvimento dos países. Entre os principais resultados é possível ressaltar que maiores níveis de complexidade econômica estão associados com maior crescimento da renda per capita e menores níveis de desigualdade de renda (HIDALGO; HAUSMANN, 2009a; FELIPE et al., 2012; HARTMANN et al., 2017).

A combinação desses instrumentos trouxe uma nova forma de perceber a evolução das estruturas produtivas e sua relação com o desenvolvimento econômico. Enquanto o índice de complexidade econômica apresenta uma avaliação quantitativa do nível de sofisticação de determinada estrutura produtiva, o *product space* possibilitou uma avaliação qualitativa de quais são os produtos e setores presentes nessa estrutura, bem como possíveis caminhos de diversificação produtiva a serem visando o desenvolvimento econômico.

Considerando que o entendimento da heterogeneidade estrutural na agropecuária ainda apresenta lacunas, principalmente em termos empíricos, e que a abordagem da complexidade econômica trouxe contribuições relevantes ao estudo do desenvolvimento econômico dos países, a presente dissertação tem como foco em responder o seguinte questionamento: a abordagem da complexidade econômica pode ser utilizada para ampliar a compreensão sobre a heterogeneidade

estrutural da agropecuária brasileira? De forma mais específica, o *product space* e o índice de complexidade econômica são instrumento capazes de representar a heterogeneidade estrutural da agropecuária no Brasil? Essas perguntas são válidas pois a abordagem da complexidade econômica até agora foi utilizada quase que exclusivamente para o estudo de problemas relacionados ao campo do desenvolvimento econômico em uma perspectiva agregada e ainda não há muitas experiências de sua utilização em trabalhos setoriais mais específicos, bem como sob a perspectiva regional.

Para responder à tais perguntas, o presente trabalho tem por objetivo principal realizar um estudo exploratório para verificar se a abordagem da complexidade permite representar a heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira, a partir do desenvolvimento do espaço de produtos setorial da agropecuária e do índice de complexidade agropecuário, utilizando dados sobre os produtos presentes na base de dados do Censo Agropecuário de 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A hipótese fundamental é que, apesar das diferenças devido às particularidades do setor e da perspectiva regional, o índice de complexidade e o *product space* têm capacidade de apresentar um retrato quantitativo e qualitativo da heterogeneidade estrutural da agropecuária.

O trabalho apresenta inovações, tanto para os estudos sobre complexidade econômica, quanto para a área de desenvolvimento rural. Em relação à complexidade, o estudo traz uma contribuição ao realizar um exercício setorialmente focalizado que utiliza tanto dados da produção voltada ao mercado interno quanto da produção voltada às exportações, algo que difere dos estudos usuais da complexidade que utilizam apenas dados referentes às exportações dos países. Além disso, como segunda inovação se deve destacar que a utilização dos dados do Censo Agropecuário permite visualizar a complexidade econômica em uma perspectiva regional, que ainda é algo pouco explorado <sup>1</sup>.

Ao campo de estudos de desenvolvimento rural, a inovação geral que pode ser apontada é a apresentação de um arcabouço teórico e empírico distinto para tratar o problema da heterogeneidade estrutural, que ainda não foi utilizado em nenhum outro estudo no Brasil. O trabalho inova também ao apresentar uma perspectiva para pensar a relação entre natureza dos produtos agropecuários e o desenvolvimento econômico das regiões de forma generalizante, pois são considerados mais de 280 produtos diferentes, enquanto usualmente os trabalhos com esse intuito utilizam uma quantidade restrita de produtos selecionados.

Para cumprir os objetivos propostos, o trabalho se divide em 4 capítulos, além desta introdução e das considerações finais. O primeiro deles é voltado à revisão teórica da abordagem da complexidade econômica e dos principais estudos empíricos sobre heterogeneidade estrutural no setor agropecuário. O principal objetivo desse capítulo é expor ao leitor a lógica que dá base aos estudos sobre complexidade econômica e como ela pode ser utilizada para entender a

<sup>1</sup> Os poucos trabalhos que abordaram especificamente a questão regional da complexidade são [Balland e Rigby \(2017\)](#), [Balland et al. \(2018\)](#), [Balland et al. \(2019\)](#), [Freitas e Paiva \(2015\)](#), [Freitas \(2019\)](#).

estrutura produtiva do setor agropecuário.

O segundo capítulo tem como objetivo explorar a tecnológica da heterogeneidade estrutural na agropecuária. Esse capítulo opera como um passo intermediário para conectar uma visão consolidada de desenvolvimento rural, que entende disseminação assimétrica de tecnologia como uma causa fundamental da heterogeneidade estrutural, e a perspectiva da complexidade, em que a sofisticação tecnológica dos produtos é tida como um elemento importante na trajetória de desenvolvimento dos países. Tal capítulo pretende proporcionar uma visão geral da distribuição espacial da tecnologia no país a partir da criação de um índice de tecnologia, que será utilizado nos demais capítulos como critério de comparação para analisar os resultados das aplicações dos instrumentos da complexidade para a agropecuária. Para isso é realizada uma aplicação de análise multivariada, utilizando o método denominado de *Homogeneity Analysis by Means of Least Squares* (HOMALS), a partir de variáveis da intensidade do uso de tecnologias na agropecuária. Também é realizada uma análise exploratória de dados espaciais através dos índices I de Moran global e local. A principal contribuição desse capítulo à literatura é desenvolver uma medida de tecnologia que considera variáveis referentes à quatro aspectos distintos (mecanização, infraestrutura, utilização de defensivos agrícolas e preparação do solo), diferindo da medida usual de tecnologia na agropecuária que considera apenas a mecanização, através do número de máquinas e implementos por hectare. Os resultados indicaram discrepâncias no uso de tecnologia na agropecuária ao longo do país, com presença de aglomerados de alta intensidade tecnológica nas regiões Sul e Sudeste e aglomerados de baixa intensidade nas regiões Norte e Nordeste.

O terceiro capítulo busca responder se o espaço de produtos da agropecuária brasileira é um instrumento apropriado para estudar a relação entre os produtos agropecuários e indicadores de desenvolvimento econômico. Para tal, foram realizados quatro grandes passos: i) construção da rede de produtos; ii) avaliação da organização do espaço de produtos a partir dos indicadores topológicos da rede e da ubiquidade dos produtos; iii) identificação de comunidades na rede para definição de grupos homogêneos de produtos e análise da localização espacial de cada grupo; e iv) análise da relação entre os grupos de produtos e indicadores de desenvolvimento econômico.

A construção do *product space* da agropecuária brasileira ainda não havia sido realizado por outros trabalhos. A partir da identificação dos grupos de produtos foi possível verificar como cada grupo está associado a regiões com diferentes níveis de intensidade tecnológica, produtividade, desenvolvimento humano, desigualdade fundiária e educação.

O quarto capítulo da dissertação é destinado à construção dos índices de complexidade econômica da agropecuária para produtos e microrregiões,<sup>2</sup> utilizando os dados do Censo Agropecuário de 2006. De forma condizente ao objetivo geral da dissertação, são propostos cinco objetivos específicos para esse capítulo: (i) verificar se os índices de complexidade econômica e de produtos podem ser interpretados da mesma forma que os índices de complexidade de Hidalgo

<sup>2</sup> Tanto o espaço de produtos do capítulo 3, quanto os índices de complexidade econômica do capítulo 4, foram construídos a partir da metodologia proposta por Hidalgo e Hausmann (2009a), Hausmann et al. (2014).

e Hausmann (2009a) e Hausmann et al. (2014); (ii) verificar qual a relação entre os índices de complexidade econômica e outros indicadores econômicos, incluindo o índice de tecnologia desenvolvido no capítulo 2; (iii) entender a distribuição espacial do índice de complexidade econômica das microrregiões a partir de uma análise exploratória de dados espaciais; iv) analisar qual a relação entre os níveis de complexidade econômica e o nível de diversificação das microrregiões; e v) verificar se a utilização conjunta do espaço de produtos e dos índices de complexidade econômica permitem representar a heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira. A principal inovação desse último capítulo é o cálculo dos índices de complexidade econômica setoriais da agropecuária, bem como o estudo exploratório da sua relação com as variáveis econômicas, algo que ainda não foi realizado em outros trabalhos.

Os resultados para o índice de complexidade de produtos demonstraram que, de forma condizente com o capítulo 3, os produtos do *product space* que apresentaram concentração em regiões de maior produtividade, intensidade tecnológica, desenvolvimento humano e menor desigualdade fundiária são também os produtos que contam com maior índice de complexidade. A análise sobre o índice de complexidade agropecuária das microrregiões também apresentou indícios de correlações significativas com os indicadores socioeconômicos selecionados.

A análise exploratória de dados espaciais mostrou indícios de correlação negativa entre a complexidade das microrregiões e a distância até os grandes centros populacionais e a não aleatoriedade da distribuição espacial do índice de complexidade econômica. Além disso, os exercícios realizados demonstraram que maiores níveis de diversificação não estão necessariamente ligados à maiores níveis de complexidade econômica (e portanto, desenvolvimento), mas que maiores níveis de diversificação entre produtos de alta complexidade estão.

Em linhas gerais, os resultados encontrados ao longo do trabalho apontam para a abordagem da complexidade como um caminho apropriado para avançar no entendimento da heterogeneidade estrutural da agropecuária. Ao visualizar fortes indícios de correlação entre variáveis socioeconômicas e os índices de complexidade, abre-se a possibilidade de utilizar esses índices como elementos chave para pensar o desenvolvimento rural das diferentes regiões brasileiras.

# 1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica apresentada a seguir buscará abordar quais os principais trabalhos que retratam empiricamente a heterogeneidade estrutural. O foco será apresentar dados que permitam ao leitor compreender as diferenças entre regiões em termos de produtividade e tecnologia. Além disso, será abordado um tema mais específico que ocupa papel importante na perspectiva da complexidade e que ainda não há grande consenso na literatura de desenvolvimento rural: o papel da diversificação da produção e a natureza dos bens produzidos em determinada região. Antecipando, é importante destacar que para maior completude do trabalho caberia uma discussão teórica mais longa a respeito da natureza e das causas da heterogeneidade estrutural. Entretanto, aprofundar esses aspectos demandaria alterações relevantes no escopo do trabalho. A opção por privilegiar os exercícios empíricos em detrimento da discussão teórica foi tomada pois são muitos os trabalhos que buscam apresentar dados que retratam a realidade rural e suas diferenças, porém, como afirma [Sambuichi et al. \(2016, p. 10\)](#), ainda são escassos os estudos voltados à análise empírica da diversidade produtiva, principalmente utilizando métodos estatísticos mais sofisticados. Optou-se portanto, por direcionar esforços ao aspecto que julgamos trazer maiores contribuições à literatura em seu estado atual.

## 1.1 Heterogeneidade estrutural na agropecuária brasileira

Heterogeneidade estrutural, tal como concebida pelos estudos clássicos da CEPAL, em especial por [Pinto \(1970\)](#), refere-se à coexistência de setores em uma economia com grandes discrepâncias de produtividade. Esse conceito também tem lugar nos estudos que buscam caracterizar o setor agropecuário brasileiro e compreender os caminhos do desenvolvimento econômico no meio rural. As palavras de [Vieira-Filho e Fishlow \(2017, p. 177\)](#) servem como caricatura da heterogeneidade estrutural: “enquanto se tem um segmento rural moderno, convive-se com outro atrasado, em que a pobreza se manifesta de forma aguda e regionalizada”.

Se for analisado com maior cuidado, compreender o setor rural brasileiro exige um esforço maior que simplesmente reconhecer a existência de uma dualidade estilizada. [Belik \(2015\)](#) afirma que não é mais possível falar em dualismo na agricultura, resumindo os problemas estruturais à contraposição entre os latifúndios agroexportadores e as pequenas propriedades de subsistência, tal como foi feita na tradição estruturalista até os anos 1960. Entretanto, afirma que a ideia de heterogeneidade estrutural continua ganhando espaço na explicação dos gargalos de desenvolvimento rural no Brasil, com evidências fortes de que existem enormes discrepâncias na produtividade total dos fatores entre diferentes regiões e empreendimentos agropecuários no país. Apesar da dificuldade de ser retratada, consideram que a heterogeneidade estrutural

pode ser evidenciada por meio da manutenção, no médio e no longo prazo, de diferenças na infraestrutura produtiva e nos indicadores de produção que vão além das diferenças naturais entre os agentes, considerando que estas ocorrem em resposta às habilidades específicas deles na alocação de fatores de produção (terra, trabalho, tecnologia e capital)(SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012, p. 8).

Na literatura não há uma visão consensual sobre qual a principal causa ou característica da heterogeneidade estrutural no setor agropecuário. Diversos autores consideram que suas causas são múltiplas, remetendo de questões geográficas até o desenho institucional das políticas das diferentes regiões. Abaixo, segue uma passagem que ilustra a multiplicidade de causas apontadas:

A heterogeneidade na produção tem como causas as condições tanto internas ao país (ligadas à produção e ao consumo doméstico) quanto externas (interdependência de mercados, trajetórias tecnológicas e termos de troca). Ademais, fatores estáticos inter-regionais (relevo, disponibilidade de água, tipo de solo e clima) e determinantes dinâmicos do porte e do nível tecnológico dos estabelecimentos são elementos que, combinados com as condições institucionais (acesso ao crédito, à capacitação e à assistência técnica), podem conferir diferenças na produção e na produtividade (SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012, p. 8).

Devido à isso, não existe consenso sobre quais são os indicadores mais adequados para retratar a heterogeneidade estrutural na agropecuária. São utilizados tanto indicadores sobre o desempenho econômico, como produtividade e valor de produção, como indicadores que buscam retratar diferenças sociais entre as regiões e suas implicações para a estrutura produtiva. É possível encontrar avaliações no recorte regional bem como em uma perspectiva microeconômica. Essa diversidade ocorre porque a heterogeneidade estrutural é composta tanto por disparidades estáticas – que não derivam da decisão de alocação de fatores do agente e estão relacionada ao âmbito regional – quanto por diferenças de produção (elementos dinâmicos), em que a decisão de alocação do agente é determinante (SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012, pp. 7-8). Em termos simples, é possível dizer que os primeiros fatores operam fora dos portões do estabelecimento rural enquanto os últimos operam dentro. Dessa forma, para retratar a heterogeneidade é usual que sejam avaliados os fatores que diferenciam as regiões do país em diversos níveis, tais como a produtividade do trabalho, da terra e a produtividade total dos fatores, a concentração fundiária das regiões, qualificação da mão de obra e dos dirigentes de estabelecimentos, características ocupacionais da mão de obra, os tipos de cultivo e os graus de especialização e diversificação, a rentabilidade dos estabelecimentos, entre outros.

Apesar disso, é possível identificar uma hipótese transversal a vários estudos: a heterogeneidade de estruturas produtivas na agropecuária se deve à difusão assimétrica de tecnologia (SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012; SAMBUICHI et al., 2014; SAMBUICHI et al., 2016; OLIVEIRA-FERREIRA; VASCONCELOS, 2014; VIEIRA-FILHO, 2014; VIEIRA-FILHO; FISHLOW, 2017). A hipótese é bem expressa pela passagem abaixo:

A hipótese básica é que as inovações tecnológicas guiadas por mudanças institucionais e as especificidades regionais e produtivas conduzem a uma maior desigualdade na produção e no crescimento agropecuário, favorecendo os espaços organizacionais dinâmicos e inovadores em detrimento da estagnação das regiões marginalizadas da moderna produção (VIEIRA-FILHO; FISHLOW, 2017, p. 177).

Tal hipótese será levada adiante no presente trabalho, uma vez que ela permite dialogar diretamente com a perspectiva da complexidade econômica, em que a tecnologia ocupa um papel preponderante.

### 1.1.1 *Uma visão geral sobre desigualdade no setor agropecuário*

Segundo dados do Censo Agropecuário 2006, o Brasil contava com mais de cinco milhões de estabelecimentos agropecuários (5.175.636), que apresentavam uma área total de mais de 300 milhões de hectares (333.680.037ha). Desses, 84,36% dos estabelecimentos eram considerados de agricultura familiar, sendo responsáveis por 24,01% da área total dos estabelecimentos, e 15,64% considerados de agricultura não familiar e possuíam 75,99% da área total. Os primeiros contavam com uma área média de 18ha, enquanto os últimos contavam com uma área média de 313ha por estabelecimento. Em termos de pessoal ocupado, a agricultura familiar é responsável por 74,38% da mão de obra ocupada no campo, ao passo que a agricultura patronal ocupa apenas 25,62% das pessoas. Soma-se a isso o fato de que a agricultura familiar é responsável por 33,23% da riqueza produzida na agropecuária, em contraste aos 66,77% da agricultura não familiar. (AQUINO; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2018, p. 129).

O presente trabalho não adotará o critério de agricultura familiar para realizar a análise, entretanto, a partir desses dados é possível compreender algumas das principais facetas da heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira que é a grande desigualdade na distribuição fundiária e na geração de riqueza. É didático, para uma primeira aproximação, retratar essa dualidade estilizada: de um lado uma forma de agricultura que ocupa grandes extensões de terra, emprega poucas pessoas, tem produção abundante e fortes incrementos tecnológicos. De outro, uma forma de agricultura que ocupa a maioria das pessoas do meio rural, em pequenas propriedades e com produção em pequena escala (muitas vezes de subsistência), o que remete a prováveis baixos níveis de incorporação tecnológica e uma produção trabalho-intensiva.

Em termos de população ocupada, Santos e Vieira-Filho (2012) destacam em sua análise que no Brasil, em 2007, contava com 17,6 milhões de pessoas ocupadas no meio rural, sendo 45,79% delas residentes no Nordeste. Constatam também discrepância na relação entre população economicamente ativa da agricultura e população economicamente ativa total. Em alguns estados, como RJ e SP, essa relação é menor que 5%, enquanto em outros, como PI, TO, MA, AL e BA, essa relação varia entre 30% e 40% aproximadamente. Em termos fundiários, segundo Belik (2015, p.19), o índice de Gini da distribuição de terras no Brasil está estagnado há 30 anos em 0,85 e a metade dos estabelecimentos de menor área representa apenas 2,3% da área total de

estabelecimentos do país, ou seja, mais de 97% da área de estabelecimentos rurais pertence aos 50% dos estabelecimentos com maior área.

Além disso, [Vieira-Filho \(2013\)](#) divide o valor bruto de produção dos estabelecimentos (considerando a produção voltada para autoconsumo), obtido no Censo Agropecuário 2006, pelo valor do salário mínimo (R\$350,00 em dezembro de 2006), criando uma medida de salário mínimo equivalente (SME). Seus resultados mostram que 3,2 milhões de estabelecimentos (62,6% do total) apresentam SME entre 0 e 2, o que indica baixos valores de produção, 900 mil estabelecimentos (18,5%) com SME entre 2 e 10 e apenas 439 mil (8,4%) com valores de SME maiores que 10. Essa medida é um indício da discrepância produtiva geral da agropecuária brasileira. O autor destaca ainda que 60% dos estabelecimentos na faixa de menor valor estão localizados no Nordeste.

Ou seja, uma análise preliminar já permite identificar grandes discrepâncias na distribuição das pessoas ocupadas no campo entre as regiões, na importância do emprego gerado na agricultura para cada região, bem como em termos de desigualdade fundiária e produtiva.

### **1.1.2 As discrepâncias de produtividade**

Mesmo não havendo consenso sobre os melhores indicadores, para falar de heterogeneidade estrutural é necessário debater produtividade. Segundo [Belik \(2015\)](#), a análise da produtividade total dos fatores (PTF) caracteriza a heterogeneidade estrutural, pois, como argumentado anteriormente, a produtividade ocupa papel central na concepção inicial de heterogeneidade da CEPAL.

O trabalho de [Gasques et al. \(2010\)](#), que teve por objetivo compreender a evolução da produtividade total dos fatores na agropecuária entre 1970 e 2006, apontou que a economia brasileira tem crescido com base nos aumentos de produtividade e não no total de fatores utilizados. Para a média do país, constatou-se uma taxa média de aumento da produção agropecuária no período de 3,48% ao ano, sendo 65% devido ao aumento da PTF e 35% pelo aumento da quantidade de insumos. Esse trabalho utiliza o Censo Agropecuário de 2006, considerando 367 produtos da agropecuária brasileira, bem como todos os insumos disponíveis nessa base de dados<sup>1</sup>. A partir da relação entre insumo e produto calculam a variação da produtividade das regiões entre os Censos Agropecuários.

A tabela 1 ilustra como as regiões brasileiras apresentam discrepâncias na trajetória de sua produtividade. Destaca-se que enquanto alguns estados apresentaram grande crescimento, como é o caso do Mato Grosso, do Ceará e de Santa Catarina, outros, como Amazonas, Acre e Pará, apresentaram baixo crescimento de produtividade, ou até mesmo decréscimo. As taxas apresentadas, como discutem os autores, representam variações no uso das terras, na eficiência

<sup>1</sup> Ao realizar a coleta de dados para o presente trabalho foi encontrada uma quantidade menor de produtos disponíveis na base de dados do Censo Agropecuário. É possível que os dados dos autores tenham sido obtidos a partir de alguma tabulação especial do IBGE.

das máquinas, na qualificação da mão de obra e da gestão dos estabelecimentos agropecuários e inovações em pesquisa e métodos de produção.

Tabela 1 – Variação da Produtividade Total dos Fatores entre 1970 e 2006 por estado brasileiro

UF	Variação PTF (1970/2006)	UF	Variação PTF (1970/2006)
<b>Norte</b>	<b>1.228</b>	<b>Sudeste</b>	<b>2.035</b>
Acre	0.697	Espírito Santo	3.062
Amapá	2.322	Minas Gerais	1.721
Amazonas	-0.902	Rio de Janeiro	1.644
Pará	0.833	São Paulo	1.713
Rondônia	1.133		
Roraima	3.285	<b>Sul</b>	<b>2.815</b>
Tocantins	-	Paraná	3.482
<b>Nordeste</b>	<b>2.779</b>	Rio Grande do Sul	1.432
Alagoas	3.426	Santa Catarina	3.532
Bahia	1.647		
Ceará	3.863	<b>Centro-Oeste</b>	<b>3.554</b>
Maranhão	2.495	Distrito Federal	3.021
Paraíba	2.471	Goiás	2.968
Pernambuco	3.170	Mato Grosso	4.672
Piauí	2.568	Mato Grosso do Sul	-
Rio Grande do Norte	3.190		
Sergipe	2.178	<b>Brasil</b>	<b>2.267</b>

**Fonte: Gasques et al (2010, p. 33). Adaptado pelo autor.**

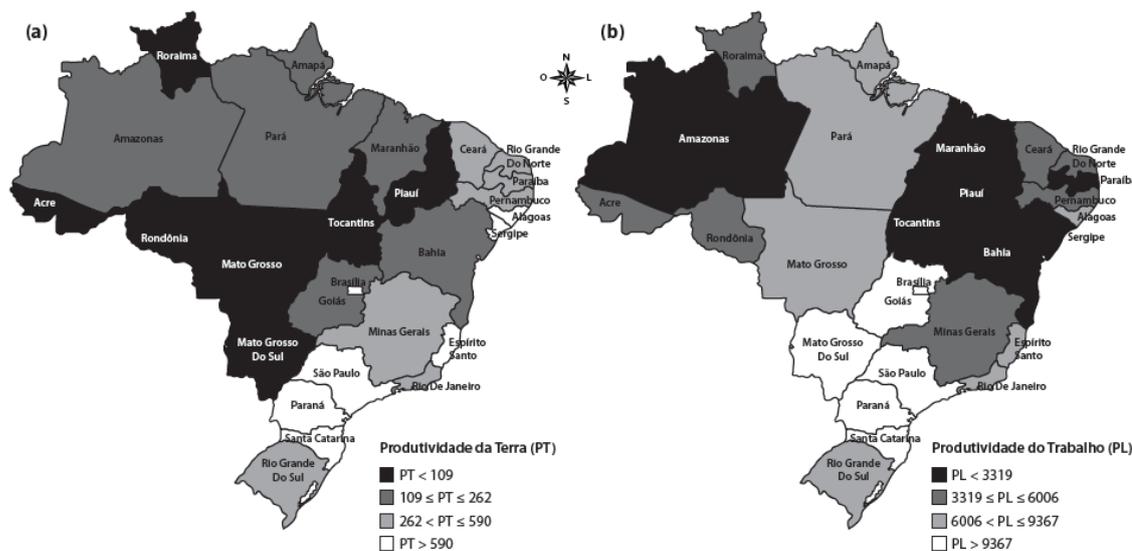
O estudo de [Felema, Raiher e Ferreira \(2013\)](#) explora a hipótese de uma distribuição desigual da produtividade da terra e do trabalho ao longo do território nacional para a agropecuária. Vale-se dos dados do Censo Agropecuário 2006 para calcular a produtividade média da terra e do trabalho, através da razão entre valor bruto de produção e a área total explorada (para a terra) e equivalentes-homen ocupados <sup>2</sup> (para o trabalho), com fins a estudar a distribuição espacial da produtividade.

O resultado, indicado na figura 1, mostra que tanto a produtividade da terra como do trabalho são mais elevadas nas regiões Sul e Sudeste do país. Quando se avalia somente a produtividade da terra, a região Centro-Oeste aparece com o pior desempenho, o que condiz com a existência de estabelecimentos de maior área (452,26ha em média)<sup>3</sup> e maior nível de mecanização. Por outro lado o Nordeste, cuja área média dos estabelecimentos é menor (36,58 ha na média das microrregiões), aparece com valores intermediários. Para a produtividade do

<sup>2</sup> Segundo os autores: "Equivalentes-Homem Total (EHT) é dado por  $EHT = RFEH + EPEH + ETEH + PEPH + OCEH + ETSEEH + SEEH$ , em que: RFEH são os responsáveis e membros não remunerados da família, em EH; EPEH são os empregados permanentes, em EH; ETEH são os empregados temporários em equivalentes-homem; PEPH são os parceiros em equivalentes-homens; OCEH refere-se à outra condição em equivalentes-homens; ETSEEH são os empregados temporários para serviços esporádicos em equivalentes-homens; e SEEH refere-se aos serviços de empreitada em equivalentes-homens" ([FELEMA; RAIHER; FERREIRA, 2013](#), p560)

<sup>3</sup> As áreas apontadas foram calculadas pelo autor do presente trabalho, com base nos dados para as microrregiões.

Figura 1 – Produtividade média da terra (a) e do trabalho (b)



Fonte: [Felema, Raiher e Ferreira \(2013\)](#)

trabalho há mudanças, em que o Centro-Oeste passa a contar com alta produtividade nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul e o Nordeste, especialmente na região do semi-árido, mostra valores muito baixos. Esse comportamento da produtividade do trabalho é condizente, dado que a maior população rural do país encontra-se no Nordeste, em termos relativos ao total da população das regiões, o que tende a reduzir os indicadores de produtividade. A região Norte tem todos os seus estados nos dois quartis inferiores da distribuição, na avaliação da produtividade da terra, e apresenta uma melhoria nos estados do Pará e Amapá quando avaliada a produtividade do trabalho ([FELEMA; RAIHER; FERREIRA, 2013](#)).

Na avaliação por municípios, os autores afirmam que 82% dos municípios da região Norte tem produtividade da terra abaixo da média nacional, seguida das regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul, com os percentuais de 79%, 61%, 36%, e 13%, respectivamente. O desvio padrão nesse indicador e o coeficiente de variação, que podem ser visualizados na tabela 2, indicam uma grande heterogeneidade interna das regiões, principalmente no Nordeste e no Sudeste. Entretanto, "no Sudeste predomina uma heterogeneidade com grandes desigualdades no que concerne à produtividade da terra, mas tendo, na média, bons resultados" ([FELEMA; RAIHER; FERREIRA, 2013](#), p. 563), o que não ocorre no Nordeste. O Sul, por sua vez, apresenta a maior produtividade média da terra e a menor heterogeneidade.<sup>4</sup>

A análise que os autores realizam sobre a produtividade do trabalho também traz uma caracterização interessante. Primeiramente, apontam uma correlação de aproximadamente 0,69

<sup>4</sup> Os autores ainda trazem uma informação pertinente de ser levada em conta para o restante do trabalho: "a região Sul e principalmente o Centro-Oeste tiveram seu desempenho agrícola comprometido em razão de uma seca prolongada, resultando em quebra acentuada na produção de grãos" ([FELEMA; RAIHER; FERREIRA, 2013](#), p. 563).

Tabela 2 – Estatística descritiva para a produtividade da terra nos municípios – Brasil e regiões – 2006

<b>Região</b>	<b>Média (R\$/ha)</b>	<b>Desvio padrão (R\$/ha)</b>	<b>Coefficiente de Variação (CV) (em %)</b>
Centro-Oeste	81	338	414
Norte	115	381	330
Nordeste	250	3335	1332
Sudeste	539	3102	575
Sul	600	1446	241
Brasil	266	2644	993

Fonte: [Felema, Raiher e Ferreira \(2013\)](#)

Tabela 3 – Estatística descritiva para a produtividade do trabalho nos municípios – Brasil e regiões – 2006

<b>Região</b>	<b>Média (R\$/EH)</b>	<b>Desvio padrão (R\$/HE)</b>	<b>Coefficiente de Variação (CV) (em %)</b>
Centro-Oeste	10137	43156	425
Norte	4755	16318	343
Nordeste	2895	32631	1126
Sudeste	9796	82968	846
Sul	9666	41754	431
Brasil	6290	54359	864

Fonte: [Felema, Raiher e Ferreira \(2013\)](#)

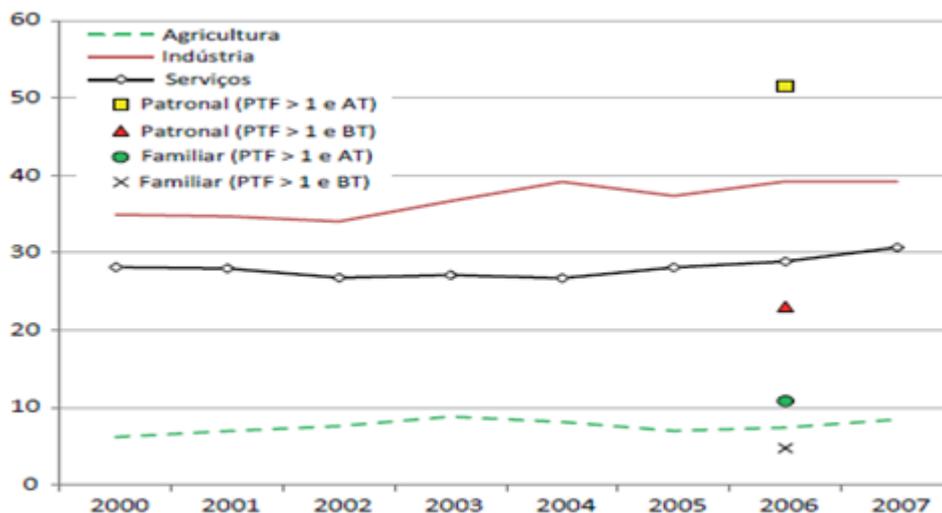
entre os dois indicadores de produtividade, considerando todos os municípios do Brasil, indicando que os municípios de maior produtividade da terra também são os com maior produtividade do trabalho. A principal diferença está no Centro-Oeste, que tem maior produtividade do trabalho. Além disso, também verificaram alta heterogeneidade entre os municípios de uma mesma região, principalmente no Nordeste e Norte, em que a média, apesar de ser baixa, foi fortemente influenciada por poucos municípios de produtividade muito alta ([FELEMA; RAIHER; FERREIRA, 2013](#), p. 564).

Esse trabalho traz uma visão geral sobre a distribuição da produtividade que elucida sobre a heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira. Tal visão será corroborada posteriormente pelos indicadores utilizados no presente trabalho e que consideraram medidas mais rudimentares de produtividade.

Apenas para exemplificar como as discrepâncias produtivas podem ser identificadas a partir de recortes diversos, é apresentada abaixo uma figura que compara a produtividade em diferentes setores econômicos com a estratificação da agricultura entre familiar e não familiar, de alta e baixa intensidade tecnológica. A figura retirada de [Vieira-Filho e Fishlow \(2017\)](#), mostra que de acordo com a estratificação realizada, o setor agropecuário pode apresentar um nível de produtividade maior ou menor do que os serviços e a indústria. A agricultura familiar conta com

menores níveis de produtividade, principalmente aquela de baixa tecnologia (BT) retratada pelo "X". Em contraposição, a agricultura não familiar de alta tecnologia (AT) é a que apresenta os níveis de produtividade mais elevados<sup>5</sup>.

Figura 2 – Produtividade do trabalho por setores de atividade econômica de 2000 a 2007 (Em R\$ mil)



Fonte: Vieira-Filho e Fishlow (2017, p. 191)

A partir dessa visão geral sobre a distribuição da produtividade entre as regiões, é importante abordar a questão da tecnologia, dado que esse tema está intimamente conectado com o restante do trabalho e com a hipótese assumida.

### 1.1.3 Diferenças tecnológicas entre as regiões brasileiras

O nível de intensidade tecnológica da agropecuária no Brasil e sua distribuição assimétrica ao longo do território é um tema corriqueiramente apontado como uma das principais causas da heterogeneidade estrutural, como foi exposto anteriormente. Todavia, essa ideia está muito mais no âmbito teórico, de forma que nesta subseção serão apresentados os dois estudos empíricos analisados que fornecem uma visão espacial sobre esse tema.

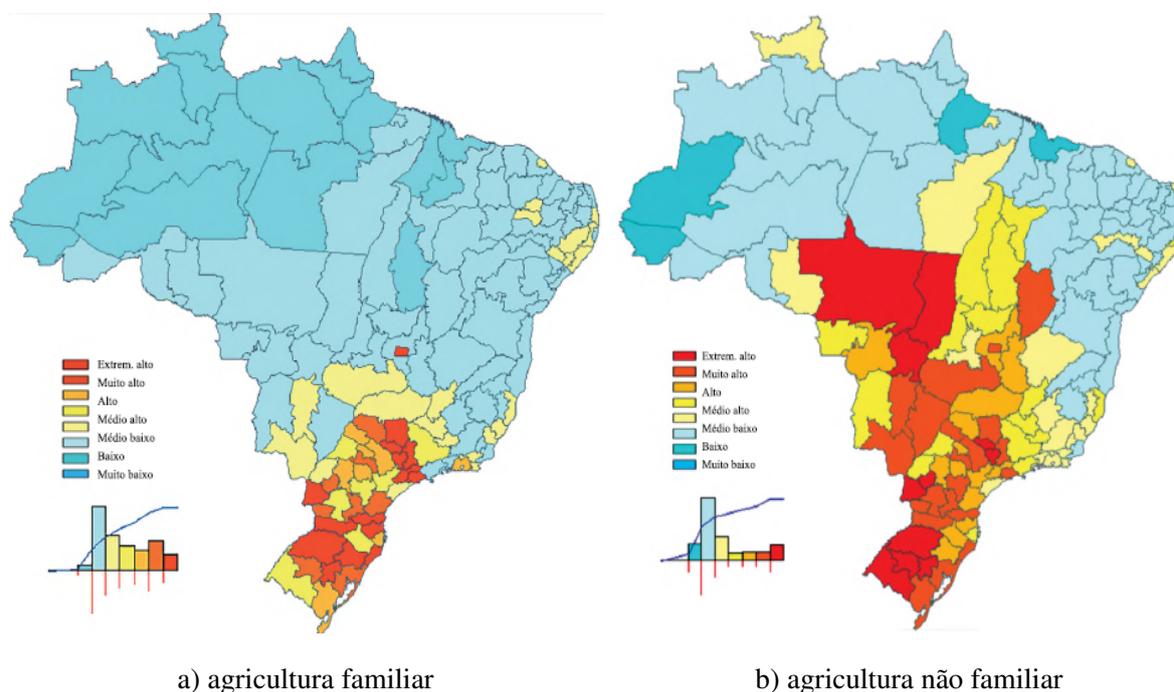
O primeiro é o trabalho de Souza et al. (2018), em que os autores utilizam 47 indicadores de tecnologia para criar um índice de intensidade tecnológica, o que é muito semelhante ao exercício que será realizado no segundo capítulo deste trabalho. Para isso, os autores utilizam dados do Censo Agropecuário para as 137 mesorregiões do Brasil e se valem de uma técnica de análise fatorial. A partir dos resultados da análise fatorial, os autores calculam um índice dado pela soma dos escores fatoriais ponderados pelo percentual de variância total do sistema que

<sup>5</sup> É válido recomendar aos leitores que estiverem interessados em uma revisão bibliográfica mais completa sobre o tema da produtividade que consultem Freitas (2014). O autor faz uma síntese dos principais estudos sobre esse tema na agricultura brasileira, apresentando os principais métodos e bases de dados que foram utilizados por diversos autores.

cada escore fatorial representa. Dado esse índice final, são elencadas seis faixas de intensidade tecnológica.

Além de utilizar mesorregiões, enquanto a aplicação deste trabalho utilizará microrregiões, há outra diferença significativa, que é a divisão entre agricultura familiar (AF) e agricultura não familiar (ANF) realizada pelos autores. Os resultados gerais do trabalho podem ser compreendidos na figura 3. A primeira coisa a ser observada é que em ambos os recortes, as mesorregiões do sul do Rio Grande do Sul, até o sul de Minas Gerais são de intensidade tecnológica de nível médio ou superior. Quando observada somente a ANF, esse padrão se estende até algumas mesorregiões do norte de Minas Gerais. Por outro lado, em ambas as regiões Norte e Nordeste aparecem com baixos níveis de tecnologia, havendo somente algumas variações na tecnologia da ANF, em que algumas regiões do Maranhão e Tocantins apresentam um valor alto. Vale destacar que as diferenças existentes no Centro-Oeste entre AF e ANF são muito grandes, de forma que não é possível ter uma conclusão geral o nível médio de tecnologia para essa região. Entretanto é possível assegurar que, na média, os valores de tecnologia mais altos estão nas regiões Sul e Sudeste, enquanto os menores valores estão nas regiões Norte e Nordeste.

Figura 3 – Índices de utilização de tecnologia na agricultura das mesorregiões brasileiras - agricultura familiar e não familiar



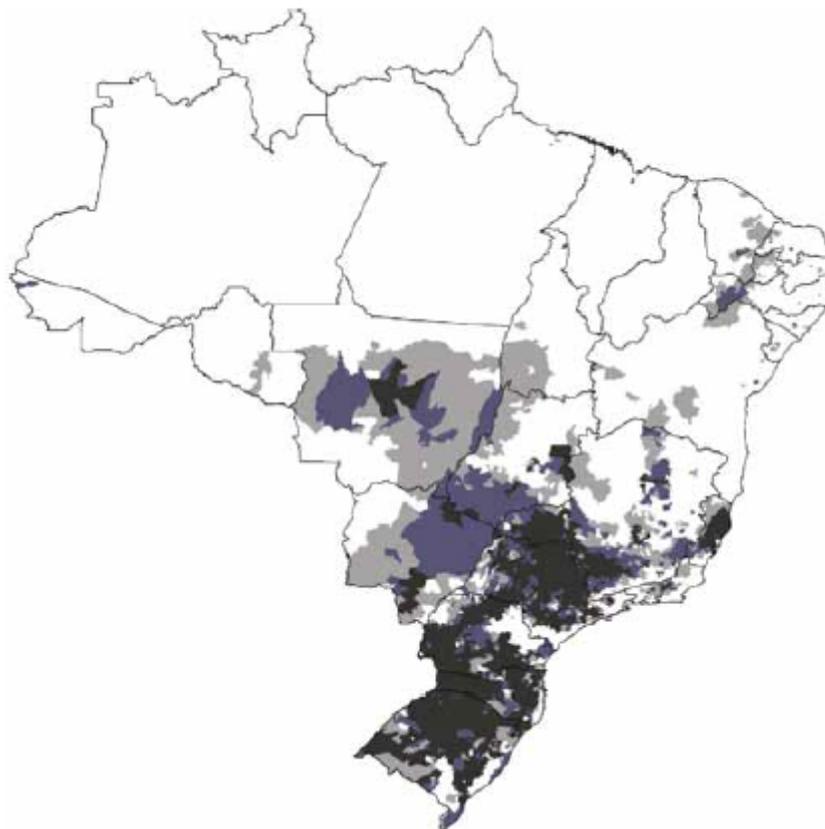
Fonte: Souza et al. (2018)

Um segundo trabalho que retrata a heterogeneidade tecnológica entre as regiões é o estudo de Marconato, Larocca e Quintanilha (2012). Os autores utilizam a análise de *local indicators of spatial autocorrelation* (LISA) para avaliar a distribuição espacial e a formação de aglomerados de 8 variáveis tecnológicas (adubos, agrotóxicos, calcário, irrigação, plantio direto na palha, tratores com menos de 100CV, tratores com mais de 100 CV e uso de agricultura

orgânica), através da estatística I de Moran. Os dados utilizados também são provenientes do Censo Agropecuário 2006 do IBGE, mas seu recorte são os municípios brasileiros. Seus resultados mostraram que a maioria das tecnologias analisadas não são distribuídas de forma aleatória no espaço, exceto o uso de agricultura orgânica.

De maneira geral os autores identificam a concentração de aglomerados do tipo alto-alto (municípios de alta tecnologia que são cercadas por municípios de também alta tecnologia) na região Sul e Sudeste do país (também até o sul de Minas Gerais) para o uso de adubos e agrotóxicos. Quando avaliam a utilização de calcário encontram também uma quantidade significativa de aglomerados alto-alto também na região Centro-Oeste, o que é intensificado quando avaliam a utilização de tratores (tanto de baixa potência, com menos de 100 CV, como de alta potência, com mais de 100CV).

Figura 4 – Sobreposição das regiões de valor alto-alto significantes dos dados analisados, exceto a agricultura orgânica.



Fonte: [Marconato, Larocca e Quintanilha \(2012\)](#)

A análise dos autores tem valor para a compreensão da heterogeneidade tecnológica ao demonstrar que, de forma geral, há maior intensividade tecnológica nas regiões Sul e Sudeste e que a região Centro-Oeste também conta com intensidade em algumas variáveis. Essa visão dialoga com os resultados encontrados no capítulo 2 e que serão expostos mais a frente. Por outro lado, também são condizentes os resultados que afirmam as regiões Norte e Nordeste com

baixa intensidade tecnológica, sendo a formação de aglomerados de alta tecnologia esporádicos no espaço para algumas variáveis nessas regiões. Quando sobrepostos os aglomerados do tipo alto-alto de todas as variáveis, obtém-se a imagem da figura 4, em que as cores mais escuras indicam maior número de aglomerados das diferentes tecnologias naquela região.

#### 1.1.4 *Diversificação da produção e desigualdades regionais*

Estudar mais a fundo o nível de diversificação das regiões é importante para compreender a heterogeneidade estrutural da agropecuária, pois, segundo Santos e Vieira-Filho (2012, p. 15), a concentração da produção em alguns tipos de cultivo que se verifica nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (a chamada região Centro-Sul) são a expressão de um desenvolvimento “regionalmente desequilibrado e socialmente excludente no campo e nas pequenas cidades de base agrícola”. Assim, ao lado das discrepâncias de produtividade entre as regiões apontadas por Gasques et al. (2010) e Felema, Raiher e Ferreira (2013), é necessário avaliar a concentração produtiva para ter um quadro geral do que se conhece hoje sobre as desigualdades regionais na estrutura produtiva da agropecuária no Brasil.

Segundo Santos e Vieira-Filho (2012), em 2010, 86% do valor total produzido em produtos agrícolas (desconsiderando produção animal) estava distribuído em apenas 12 tipos de cultivos, apontando para a concentração de fatores de produção em algumas culturas, sendo elas soja, cana-de-açúcar, milho, café, arroz, mandioca, laranja, feijão, fumo, algodão herbáceo, banana e batata inglesa. Em termos regionais e por outra classificação, a região Sul destaca-se pela sua participação como líder na produção total das lavouras temporárias (33,45% do valor total de produção do país), suínos (47,86%) e aves (47,43%), enquanto a região sudeste aparece como líder na produção de lavouras permanentes (58,76%) e a região centro-oeste como líder na produção de bovinos (34,63%). As regiões Norte e Nordeste não aparecem como líderes em nenhum dos grupos de culturas, apesar da alta participação da primeira na produção de bovinos (20,09%) e da segunda na lavoura permanente (21,72%) (SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012).

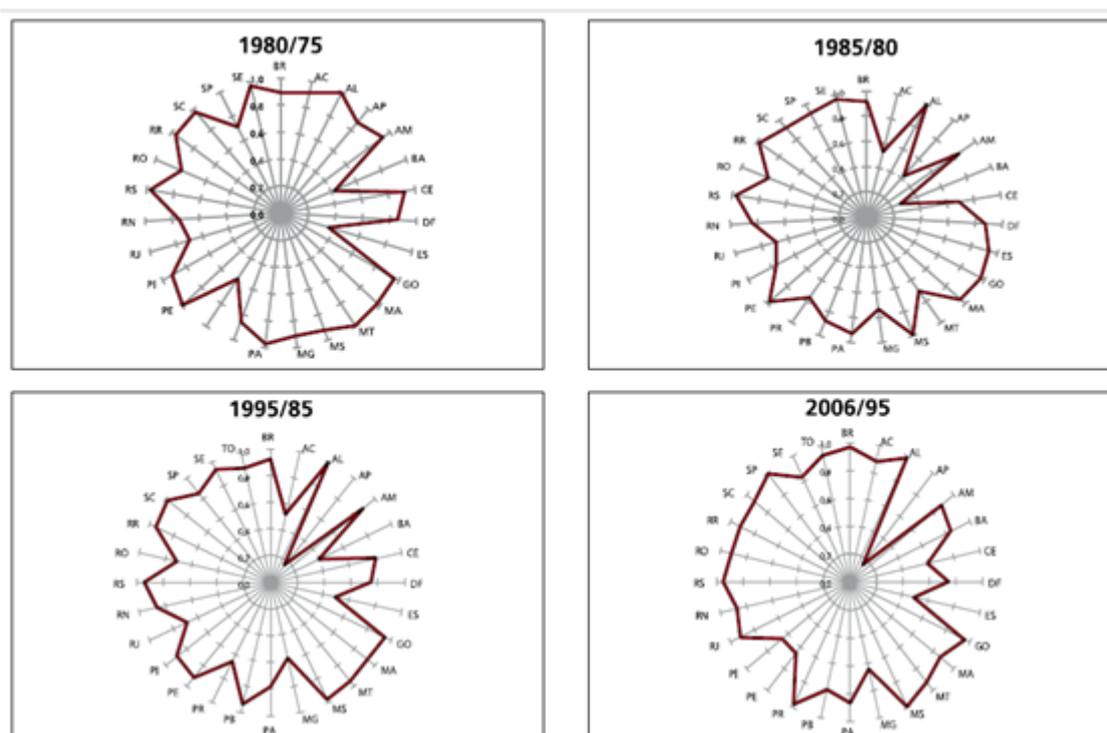
Argumentam também que a escala de produção e a produção baseada em *commodities* são determinantes para a concentração do valor bruto de produção, dado que no Centro-Sul há maior predominância dos 12 principais produtos do que no norte e nordeste. Vão além ao afirmar que, apesar do crescimento das cadeias agroalimentares desde a década de 1960, principalmente pela integração das cadeias de soja, milho, sorgo e animais, a heterogeneidade estrutural se mantém pois não se permitiu, nesse processo de integração, a ascensão de produtores desprovidos do acesso a tecnologias e técnicas modernas de produção. Mesmo que a produção dessas culturas tenha se voltado para a produção de alimentos para o mercado interno, sua natureza é excludente daqueles produtores que não passaram pelo processo de modernização (SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012). Ou seja, há fortes indícios de há relação entre heterogeneidade e o tipo de bem agropecuário produzido, pois certas culturas somente são acessíveis a produtores com níveis mínimos de competitividade, que se dá pela modernização tecnológica.

Deve-se destacar que o trabalho de [Gasques et al. \(2010\)](#) traz importante contribuição ao avaliar as mudanças que ocorreram na estrutura produtiva da agropecuária e sua relação com a diversificação da produção. Apresentam um índice de mudança estrutural para cada estado entre 1970 e 2006, que foi construído utilizando dados do Censo Agropecuário do IBGE e considerando 367 produtos disponíveis. Sua construção se deu com base em Ramos (1991), e pode ser expresso pela fórmula abaixo, em que  $S_{it}$  refere-se ao valor de produção do produto  $i$  no período  $t$ :

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n S_{it} \cdot S_{i(t-1)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{it})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (S_{i(t-1)})^2}} \quad (1.1)$$

Quanto mais próximo de zero o valor do indicador, maior a mudança na composição da produção ocorrida na região, e quanto mais próximo de 1, menor a mudança estrutural. Essa construção considera a mudança estrutural em termos de quais bens são produzidos pela agropecuária em um local. Essa visão é interessante para nossos propósitos, justamente por ter subjacente a ideia de que “o que se produz” traz informações importantes sobre uma região. Os autores permitem ao leitor compreender em quais estados a composição da produção mais se alterou, considerando todos os produtos (que entre 1996 e 2006 se destacam as mudanças sofridas pelo Amapá, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco e Piauí).

Figura 5 – Índice de mudança estrutural para Brasil e Estados



Fonte: [Gasques et al. \(2010, p. 39\)](#)

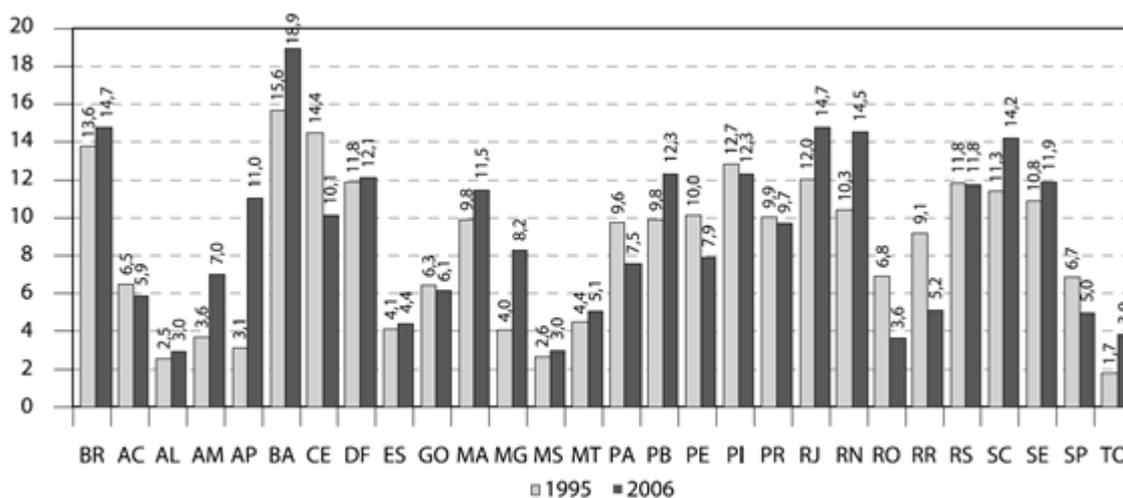
Outra contribuição importante de [Gasques et al. \(2010\)](#) é a apresentação da evolução da diversificação da agricultura dos estados. Para medir a diversidade utilizaram o índice descrito

em 1.2, baseado em Hoffmann et al. (1984), em que  $S_{it}$  novamente indica a participação do produto  $i$  no valor de produção no período  $t$ . Nesse caso, o índice é igual a 1 se o estado produzir apenas um produto e cresce de acordo com o aumento do número de produtos:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (S_{it})^2} \quad (1.2)$$

Os autores trazem a importante contribuição de que o Brasil aumentou sua diversificação no período 1996/2006, e que alguns estados como Bahia, Amazonas, Amapá, Minas Gerais, Rio Grande do Norte e Santa Catarina aumentaram expressivamente sua diversificação. Ao mesmo tempo, outros como Ceará, Pará, Rondônia, Roraima e São Paulo diminuíram fortemente seu índice de diversificação.

Figura 6 – Índice de diversificação para Brasil e Estados no período 1996 - 2006



Fonte: Gasques et al. (2010, p. 40)

Afirmam que entre 1996 e 2006 houve a “redução da importância de atividades tradicionais como as relacionadas a bovinos, leite, cacau, café, caju, mandioca, milho e arroz” e o crescimento da importância da produção de frutas, especialmente no Nordeste. As produções de melancia, mamão, coco, banana, uva e manga cresceram no Rio Grande do Norte, Bahia e Pernambuco. Enquanto isso, destacam que em Rondônia decresceu a produção de café, dado lugar à produção de bovinos, da mesma forma que no Pará esses últimos produtos cresceram sua participação na produção em detrimento da produção de madeira. Ou seja, os autores buscam avaliar mudanças na estrutura produtiva a partir de quais produtos os estados produzem.

É importante destacar que apesar de focar na importância das diferentes culturas, o trabalho dos autores ainda não traz uma metodologia que permita ao leitor compreender a importância dos diferentes produtos como um todo. Além disso, é possível perceber que usualmente a análise utiliza como parâmetro a divisão do valor bruto de produção entre os diferentes produtos. A proposta metodológica da complexidade, que será apresentada posteriormente, busca avaliar a

diversificação de conhecimentos em uma região através da diversificação de produtos, mas utiliza um critério em que, apesar participação de cada produto no valor de produção ser a variável chave, realiza-se uma comparação com a média do valor de produção das demais regiões para calcular o indicador de diversificação que será utilizado. A ideia subjacente ao que será proposto é que considerar apenas os valores de produção em termos absolutos pode mascarar facetas da diversificação que carregam informações relevantes para explicar a heterogeneidade estrutural. Essa diferença ficará mais clara nas aplicações propostas nos próximos capítulos.

Apesar de existirem trabalhos que estudam a heterogeneidade estrutural, ainda há um esforço que deve ser realizado no sentido de averiguar com maior minúcia os aspectos que conformam essas discrepâncias regionais. Os trabalhos que se debruçam sobre essa temática ainda não esgotaram as questões. São inúmeras as perguntas que podem ser feitas quando se pensa sobre o papel da diversificação da produção, tanto em nível regional como em nível dos estabelecimentos.

O que o presente trabalho propõe é verificar a validade de um arcabouço metodológico que permita avançar no estudo da relação entre heterogeneidade estrutural, tecnologia, a natureza dos produtos agropecuários e a diversificação produtiva da agropecuária brasileira. Perguntas subjacentes aos objetivos deste trabalho seriam, por exemplo: existe associação entre alguns tipos específicos de cultivo e maiores níveis de produtividade ou desenvolvimento humano? Será que as regiões brasileiras que têm melhor desempenho econômico apresentam semelhanças em termos de quais produtos são especializadas? Será que a elevação da produtividade passa pela especialização em algum produto específico, ou deve-se à maior diversificação da produção? Os impactos da produção de soja sobre variáveis como concentração fundiária são os mesmos que os impactos da produção de alface? Para tentar resumir um pouco melhor o tipo de problema de pesquisa que se julga poder ser melhor explorado através dos instrumentos da complexidade: considerando que a adoção de novas tecnologias e o desenvolvimento de novos conhecimentos, que varia de acordo com o tipo de produção, tem relação com a produtividade das regiões, qual é a relação entre heterogeneidade estrutural e os diferentes bens produzidos na agropecuária brasileira?

Apesar do foco geral do trabalho ser as diferenças em nível regional, é interessante frisar que outras formas de explorar a questão da diversificação e sua relação com aspectos econômicos da agropecuária. Os trabalhos de [Sambuichi et al. \(2014\)](#) e [Sambuichi et al. \(2016\)](#) são os estudos interessantes de serem observados. Sua proposta é mostrar e entender a diversificação produtiva no meio rural por meio de uma abordagem quantitativa, buscando, com isso, retratar a heterogeneidade estrutural. Entretanto, seu recorte é restrito à agricultura familiar no Brasil e seu objetivo é investigar quais variáveis impactam no nível de diversificação produtiva dos estabelecimentos. Para tal, utilizaram o Índice de Diversidade de Simpson (*Simpson Index of Diversity* - SID), que considera a participação na renda de cada produto produzido no estabelecimento em relação ao total. Quando se aproxima de zero, o índice aponta especialização produtiva (monocultura,

quando zero) e na medida em que se aproxima de 1, indica diversificação. Tal índice é dado pela fórmula 1.3, em que  $X_i$  significa o valor bruto de produção (VBP) do produto  $i$  e  $N$  é o número de produtos:

$$SID = 1 - \sum_{i=1}^N \left( \frac{X_i}{\sum_{i=1}^N X_i} \right)^2 \quad (1.3)$$

Para além disso, os autores estabeleceram classes de diversificação, sendo o estabelecimento considerado "muito especializado", "especializado", "diversificado" ou "muito diversificado", de acordo com o valor apresentado no SID. Na prática, o enquadramento na categoria de "muito especializado" ocorreu quando o produtor declarou apenas um produto em sua produção e "especializado" quando declarou mais de um produto, mas o produto principal representava mais de 80% do VBP. A categoria "diversificado" era apontada pelo índice quando havia mais de um produto e nenhum deles com peso maior que 80%, enquanto a categoria "muito diversificado" exigia que pelo menos três produtos fossem produzidos com pesos semelhantes e nenhum produto com participação maior que 80% do VBP.

Tabela 4 – Número de estabelecimentos, área total e VBP total, por classe de diversidade produtiva da agricultura familiar

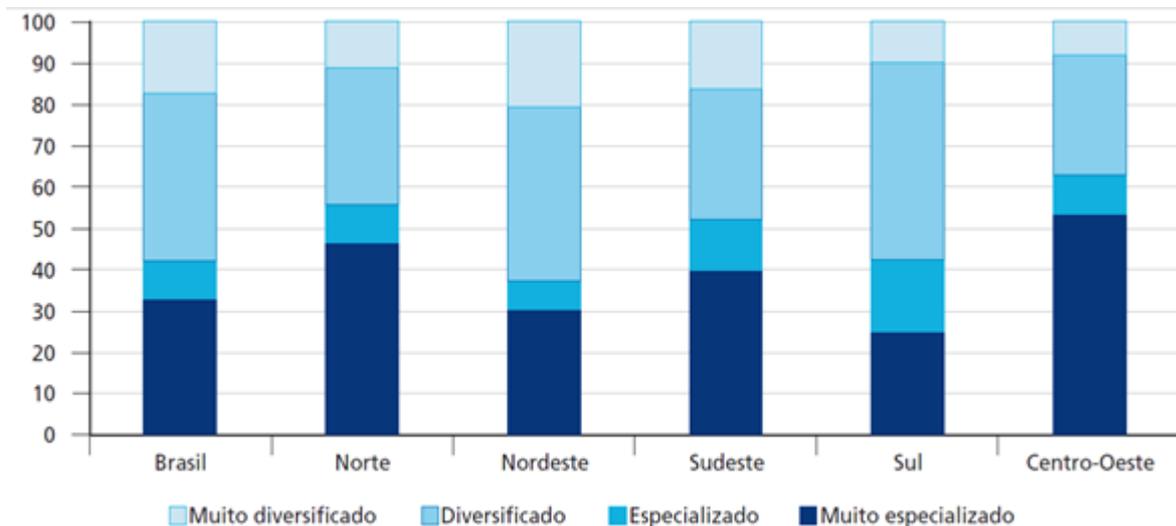
Classe de diversidade	Número de estabelecimentos		Área total		VBP total	
	Milhões de unidades	%	Milhões de hectares	%	R\$ bilhões	%
Muito especializado	1,5	33	24,5	27	25,9	30
Especializado	0,4	9	9,1	10	15,7	18
Diversificado	1,9	40	39,2	44	33,6	39
Muito diversificado	0,8	17	16,8	19	11,5	13
<b>Total</b>	<b>4,7</b>	<b>100</b>	<b>89,7</b>	<b>100</b>	<b>86,6</b>	<b>100</b>

Fonte: [Sambuichi et al. \(2014, p. 23\)](#)

Por essa classificação, [Sambuichi et al. \(2016, p. 22\)](#) apontam que, no Brasil, a classe estabelecimentos familiares classificados como "diversificado" é a principal, correspondendo a "40% dos estabelecimentos, 44% da área explorada e 39% do VBP total". Somando os estabelecimentos das classes "diversificado" e "muito diversificado", são englobados 57% dos estabelecimentos de agricultura familiar do país. Entretanto, a segunda classe mais importante foi a "muito especializado", que representou "33% dos estabelecimentos, 27% da área total e 30% do VBP".

Além disso, para ter uma visão regionalizada da diversificação é interessante visualizar a figura 8, em que os autores apresentam a diversificação de acordo com as regiões brasileiras. Percebe-se que há diferenças entre as regiões no quesito diversificação. Enquanto no Centro-

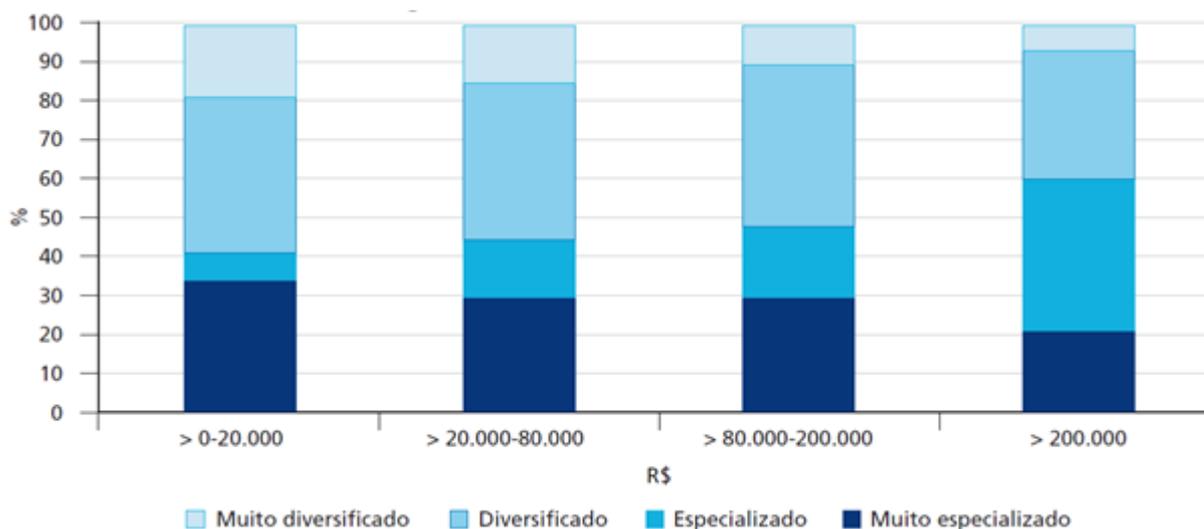
Figura 7 – Distribuição do número de estabelecimento, por classe de diversidade da produção da agricultura familiar



Fonte: Sambuichi et al. (2016, p. 23)

Oeste e no Norte predominam os estabelecimentos familiares "muito especializados", no Sul e no Nordeste predominam os estabelecimentos "diversificados". Mais que isso, pela figura 5 os autores mostram que a diversificação varia de acordo com o VBP dos estabelecimentos. Sendo que a classe de "especializados" foi a que apresentou maior VBP médio (35,7 mil reais), seguida pelas classes "diversificado" (17,7 mil reais), "muito especializado" (16,7 mil reais) e "muito diversificado" (14,0 mil reais). Entretanto, a classe de especializados foi a que apresentou maior variabilidade com as variações de VBP (SAMBUÍCHI, 2016, p.25).

Figura 8 – distribuição do número de estabelecimentos por classe de diversidade, segundo faixa de renda (VBP) da agricultura familiar



Fonte: Sambuichi et al. (2016, p. 24)

Para pensar a heterogeneidade estrutural, essas informações permitem levantar a hipótese de que há variação de produto e produtividade de acordo com o nível de diversificação. Na proposta aqui realizada, de entender a diversidade produtiva por uma abordagem de redes de produtos, abre-se espaço para entender como o nível de diversificação e a diversificação em cada tipo de produto está associada a maiores níveis de produtividade. Partindo do fato estilizado de que as regiões brasileiras produzem produtos muito distintos (que na percepção comum deve-se à aspectos geográficos, mas que pela ideia de heterogeneidade estrutural tem relação com a distribuição de fatores de produção, tecnologia, instituições e etc), coloca-se como um imperativo compreender quais as especificidades que cada tipo de produto exige em seu processo produtivo, bem como as consequências que sua produção engendra, para assim compreender melhor a realidade da produção agropecuária brasileira e o desenvolvimento do meio rural. Na abordagem da complexidade, isso é representado pela visão de que pelos produtos exigirem *capabilities* diferentes em sua produção, esses produtos carregam informações importantes sobre a região onde são produzidos. Aposta-se que analisar a diversidade de produtos, olhando para os próprios produtos, resultará na obtenção de informações importantes que ajudarão a compreender um pouco melhor a heterogeneidade estrutural do país.

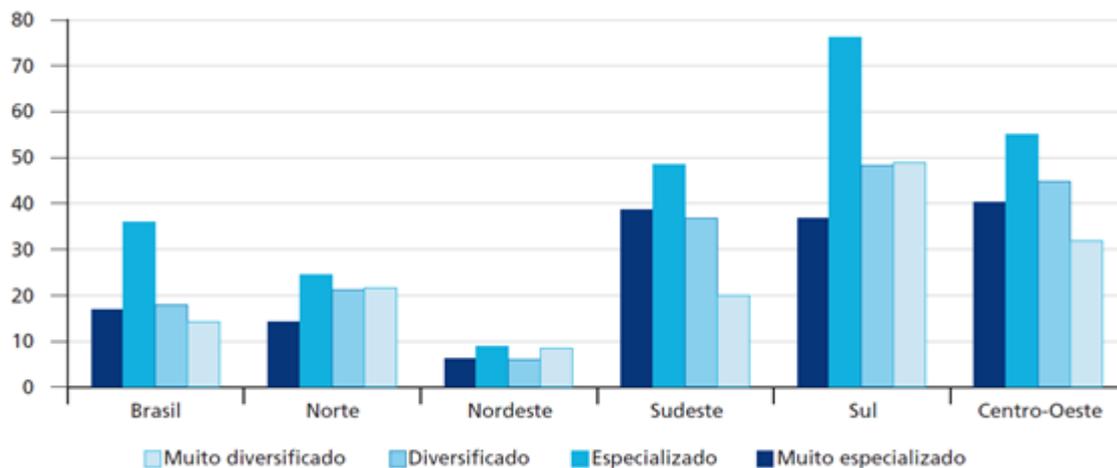
A importância de ir além da mensuração da diversificação e ver quais produtos que estão relacionados ganha impulso no figura 9, em que a relação entre VBP e diversidade varia entre as regiões do Brasil. É possível perceber que a média do VBP é muito discrepante entre as regiões do país. Além disso, percebe-se que enquanto no Norte, no Nordeste e no Sul os estabelecimentos da categoria "muito diversificado" tem um VBP médio maior que os da categoria "muito especializado", essa relação se inverte no Sudeste e Centro-Oeste.

Apenas para ilustrar a importância do estudo dos produtos, uma hipótese para explicar essas diferenças seria que culturas como soja, cana-de-açúcar e produção de bovinos, que são intensas nas regiões Sudeste e Centro-oeste, apresentam ganhos de escala e inibem a diversificação das propriedades, fazendo com que os produtores que se especializam tenham rendas melhores em relação àqueles que se diversificam. Assim como seria uma aposta interessante que a produção de frutas, presentes no Norte, Nordeste e Sul, exigem maior diversificação dos produtos, devido, entre outros motivos, à sazonalidade que muitas culturas apresentam .

Mesmo que o foco proposto neste estudo não seja microeconômico, é interessante notar as variáveis que os autores elencaram como influentes na diversificação, pois ao avaliar em nível regional, apesar de haver uma dinâmica própria desse recorte, são realizadas agregações. Nesse caso, os autores escolheram variáveis como “a região onde fica o estabelecimento, rendas on-farm e off-farm, idade do produtor, escolaridade, cooperativismo, propriedade do imóvel, área do estabelecimento, número de imóveis, força de trabalho e assistência técnica” (SAMBUICHI et al., 2014, p. 19)

Dos resultados da estimação, o que mais interessa destacar é que as *dummies* de regiões apontaram que as regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste são significativamente mais diversifi-

Figura 9 – VBP médio, por classes de diversidade da produção nos estabelecimentos da agricultura familiar (em mil reais)



Fonte: [Sambuichi et al. \(2016, p. 25\)](#)

casas que a região Centro-Oeste. Os resultados apontaram uma fazenda na região Sul tem, em média, um índice de diversificação 0,154 maior que uma fazenda na região Centro-Oeste com as demais características sendo semelhantes. Para as regiões Norte, Nordeste e Sudeste esse número foi de “0,082”, “0,181” e “0,093” respectivamente. Esse resultado da influência da localização sobre a diversificação é interessante pois dá indícios favoráveis ao argumento anterior que, dadas as diferenças dos tipos de bens produzidos entre as regiões brasileiras, há uma relação entre o nível de diversificação, o tipo de produto que é feito e demais variáveis econômicas. Por fim, vale destacar que variáveis como rendas de benefícios sociais, idade do produtor, a área dos estabelecimentos e principalmente assistência técnica tem uma relação positiva com a maior diversificação das propriedades ([Sambuichi et al., 2014, p. 24](#))

Como já foi abordado, poucos trabalhos quantitativos que buscam retratar a diversificação produtiva no meio rural e a partir disso compreender a estrutura produtiva e sua heterogeneidade. Entretanto, há alguns estudos de caso que são de imenso valor. É o caso de [Oliveira-Filho et al. \(2014\)](#), que busca entender os determinantes da diversificação produtiva enquanto uma estratégia de redução de riscos no Polo Petrolina-Juazeiro, bem como relacionar a adoção de estratégias de diversificação com variáveis socioeconômicas dos produtores e características das propriedades, como tecnologia empregada e tamanho. Os autores assumem que a concentração na produção de uva e manga, que juntas correspondem a 65% do total da região, levam a maior vulnerabilidade dos produtores quando da ocorrência de choques de demanda. Nessa conta pesa a dificuldade de substituição da produção dessas culturas por outras nos momentos de crise, devido ao grande volume de capital imobilizado nessas plantações. Argumentam que a diversificação faria o papel de amortecer as consequências dos choques sofridos por essas culturas, uma vez que no mal desempenho dessas um percentual menor das receitas seria afetado.

Para o estudo empírico, os pesquisadores entrevistaram 173 produtores da região. Para

medir a diversificação foi utilizado o índice de diversificação de Simpson e realizada a categorização da variável em quatro estratos diferentes de especialização, assim como [Sambuichi et al. \(2016\)](#). Interessa destacar que, para compreender o que aumenta ou reduz a probabilidade de um produtor diversificar a produção, os autores utilizaram um modelo de regressão logística ordinal (logit ordenado), com o SID como variável dependente. Apesar de sua abordagem ter um viés microeconômico, destoando do recorte da dissertação, é válido destacar que os resultados do modelo mostraram que um produtor médio (em que se considere o valor da média para todas as variáveis explicativas do modelo) tem 46,29% de chances de ser fortemente especializado, 18,51% de chances de ser especializado moderadamente, 32,74% de chances de ser diversificado moderadamente e apenas 2,46% de chances de ser fortemente diversificado. Essas probabilidades para o produtor médio se alteram se levarmos em conta algumas características específicas, por exemplo o caso de considerarmos como presente a variável “colono” (quando a propriedade tem menos de 5 hectares de área plantada), em que a probabilidade do produtor ser fortemente especializado sobe para 70,46% ([OLIVEIRA-FILHO et al., 2014](#), p. 127).

Dentro dessa perspectiva, ([OLIVEIRA-FILHO et al., 2014](#), pp. 130-131) avaliam qual o impacto do aumento da participação de algumas culturas dentro das propriedades em termos de diversificação da produção na propriedade. Apontam que o aumento de 1% de participação do cultivo de uvas na área total da propriedade eleva probabilidade do produtor ser fortemente especializado em 1,67%. Esse mesmo impacto na probabilidade para as culturas de goiaba, manga, coco, banana e acerola são de 1,07%, 0,96%, 0,96%, 0,62% e 0,26% respectivamente.

De forma geral, essas constatações não são essenciais para a análise que será realizada posteriormente. Primeiro porque será discutida a diversificação em termos de microrregiões, em uma perspectiva mais estruturalista, não microeconômica. Segundo porque esses resultados são interessantes para compreender o caso da região, mas como estão limitados a alguns produtos e em uma região muito específica, não é possível tomá-los como parâmetro para uma média da realidade brasileira. Entretanto, é importante mostrar que já consta na literatura a ideia de que a avaliação de quais produtos uma região produz pode trazer informações interessantes para conhecer a realidade do meio rural, especialmente no caso da diversificação.

A partir dessa rápida revisão bibliográfica, foi possível compreender que há grande discrepância na agricultura entre as regiões brasileiras no que diz respeito aos níveis de produto, produtividade, tecnologia e diversificação. De forma geral, é possível dizer que as regiões Sul e Sudeste apresentam um setor agropecuário mais dinâmico em termos de produto e produtividade, em contraposição às regiões Norte e Nordeste, enquanto a região Centro-Oeste flutua na questão da produtividade, sendo muito produtiva em relação ao fator trabalho, mas pouco na produtividade da terra. Em termos tecnológicos, a mesma percepção é válida, mas com a região Centro-Oeste apresentando alta intensidade tecnológica no que diz respeito à agricultura não familiar e baixa intensidade no que diz respeito à agricultura familiar, sendo seu resultado geral também um meio termo entre a alta intensidade do Sul-Sudeste e da baixa intensidade tecnológica de Norte

e Nordeste. Por fim, em termos de diversificação, a relação entre as regiões não segue um padrão muito claro, dado que a predominância de estabelecimentos com maior ou menor nível de diversificação coloca as regiões em diferentes rankings e assim não é possível apontar uma relação muito clara entre o nível de diversificação e as demais variáveis. Uma vez feita essa análise geral, é importante entender um pouco melhor da lógica econômica que opera por trás dos instrumentos da abordagem da complexidade que se propõe aplicar nos próximos capítulos.

## 1.2 Observação sobre diversidade no meio rural e o recorte de dados utilizado no trabalho

Duas posições antagônicas ocuparam o centro do debate sobre o desenvolvimento rural durante tempos. A primeira delas é que o processo de modernização da produção agropecuária através do uso de tecnologias seria responsável por diminuir o atraso relativo da agricultura em relação aos setores rurais e urbanos. Essa compreendia que a ampliação da quantidade de insumos e produtos comercializados com outros setores econômicos seria um fator essencial ao desenvolvimento, sendo um imperativo ao processo. De outro lado, a visão ligada à economia política marxista, chamada de abordagem da *commoditization*, focava nos aspectos sociais e econômicos negativos relacionados à maior integração dos produtores ao mercado, devido às grandes modificações no ambiente econômico e social, bem como nas relações de produção, operadas no cotidiano dos agricultores que passavam pelo processo de mercantilização, enfatizando que a ampliação da inserção em mercados de comercialização não necessariamente significaria desenvolvimento econômico (CONTERATO et al., 2011, p. 69).

Ambas as perspectivas se encontraram expostas à uma crítica de que o determinismo estrutural ocupava papel demasiado central no entendimento do desenvolvimento rural, enquanto a ação dos agentes perante tais estruturas era completamente ignorada, desconsiderando a diversidade de formas de vida existentes no meio rural. A partir de tal crítica há uma convergência entre os autores da chamada "perspectiva orientada aos agentes" (POA) e a nova sociologia econômica (NSE), que entendem o processo de mercantilização não necessariamente como um projeto nefasto e homogeneizador nem como a panaceia para o desenvolvimento no meio rural. Tais perspectivas passam a se preocupar em analisar a diversidade encontrada fora do meio urbano e que refletem diferentes estilos de agricultura existentes, derivados de um processo não uniforme de mercantilização, que estão intimamente conectados diferentes formas de agência dos agricultores. A ideia do mercado e do processo de mercantilização como uma estrutura rígida e exógena aos agentes perde espaço para a concepção do mercado enquanto um espaço social que é fruto da interação entre agentes diversos atores (CONTERATO et al., 2011).

Levando em conta esse arcabouço, o problema da heterogeneidade estrutural na agropecuária e os desníveis de produtividade não podem ser entendidos sem considerar as distintas formas de vida no meio rural e suas diferentes maneiras de realizar a produção. Essa multi-

plicidade no campo engendra amplo debate sobre quais as categorias de análise que devem ser utilizadas para permitir aos pesquisadores entender com maior profundidade o processo de desenvolvimento rural, mas sempre com a premissa de que a utilização de categorias muito amplas tende a impedir a percepção de quais variáveis são determinantes para entender do desenvolvimento rural.

A partir dos anos 1990, a agricultura familiar se consolidou enquanto importante categoria de análise, abarcando categorias sociais que antes eram referidas como produção de subsistência, pequena produção ou produção de baixa renda. Desde então, é usual a categorização de agricultura familiar e agricultura não familiar (ou patronal). Tal divisão consolida-se a partir da Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e da Lei da Agricultura Familiar (Lei 11.326/2006), que especifica critérios para definir se o estabelecimento agropecuário pode ser considerado como familiar.

Dentro do que é considerado como agricultura familiar é possível encontrar uma diversidade grande das chamadas “formas familiares”, que são nomeadas de diferentes maneiras, tais como colonos, posseiros, moradores, sitiantes, ribeirinhos, entre outros (SCHNEIDER, 2010). Entretanto, é frequente o retrato da agricultura familiar no debate público como um “ser único e homogêneo”, o que se deve ao uso, em diversos trabalhos tanto nacionais como internacionais, de percentuais médios de indicadores sobre essa categoria. Isso, por sua vez, acaba por encobrir a enorme diversidade existente dentro da agricultura familiar e enviesar as políticas públicas (especialmente a política creditícia), propiciando assim a manutenção de desigualdades históricas (AQUINO; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2018, pp. 124-125). Dessa maneira,

Reconhecer essa situação é estratégico tanto para ajustar o foco das políticas públicas que estão sendo operacionalizadas, como para lançar as bases de um projeto de desenvolvimento rural sustentável que avance além da modernização econômica e coloque a ampliação das capacidades das pessoas como meta prioritária. (AQUINO et al, 2018, p. 125).

A diversidade de denominações e categorizações possíveis, mesmo entre aquelas englobadas pela categoria agricultura familiar, está ligada às diversas características apresentadas pelos tipos de produção. O grau de integração com mercados, de dependência de insumos externos, de produção para autoconsumo, de tecnologia empregada, bem como a importância da renda de outras atividades não agrícolas (pluriatividade), a relação de propriedade com a terra, a rentabilidade da produção, o tipo de bens produzidos, etc, variam bastante dentro da ampla categoria agricultura familiar. Ou seja, há um desafio enorme em realizar exercícios que busquem retratar os diferentes tipos de estrutura produtiva que existem ao longo do território brasileiro, dada a infinidade de variáveis presentes e os mais variados comportamentos que elas apresentam de acordo com a racionalidade dos atores que compõe determinada estrutura. A simplificação que qualquer modelo científico (*lato sensu*) impõe necessariamente deixará de lado questões relevantes.

Faz-se questão de deixar evidente esse aspecto da realidade rural para que as limitações do trabalho sejam claras e que os resultados obtidos não sejam tomados como argumento para desconsiderar a rica diversidade de formas de vida que existe para além do meio urbano, uma vez que nos exercícios empíricos realizados optou-se por utilizar um recorte de microrregiões, sem considerar as diferenças entre estratos de estabelecimentos, tais como valor bruto de produção, condição legal em relação à terra ou área dos estabelecimentos. Mais importante ainda é ressaltar que não foi realizada a distinção entre agricultura familiar e não familiar. Tal opção ocorre por três motivos: i) o recorte de agricultura familiar utilizado pelo Censo Agropecuário, como foi dito, é insuficiente para retratar a heterogeneidade dessa categoria; ii) o caráter exploratório do trabalho e a escassez de estudos que podem servir de base de comparação já são um limitante da análise da robustez dos resultados empíricos encontrados e realizar estratificação social seria um agravante de tal condição; e iii) a estratificação das análises demandaria um tempo adicional que não se dispunha para a realização do trabalho. Considerando que o trabalho busca dar um passo inicial no estudo da relação entre complexidade econômica e desenvolvimento rural, a ausência de uma análise socialmente estratificada deixa espaço para estudos futuros.

Entretanto, o uso da abordagem da complexidade pelo menos em alguma medida avança na consideração da diversidade rural para análise das estruturas produtivas. Segundo [Conterato et al. \(2011\)](#), entender os mercados a partir da interação social entre os agentes é necessário para que seja possível desenvolver novos marcos analíticos que permitam compreender a diversidade do meio rural. Considerando essa perspectiva, quer-se, neste trabalho, apresentar uma nova leitura da estrutura produtiva da agropecuária. Não é muito forte argumentar que usualmente os estudos sobre estrutura produtiva que debatem o problema da heterogeneidade estrutural, tanto para economia como um todo quanto para a agricultura, têm uma concepção de estrutura cuja existência e funcionamento é determinado quase que exclusivamente pelas dinâmicas macroeconômicas e dificilmente se referem à importância das interações entre os agentes. Como será detalhado mais adiante, a abordagem da complexidade parte da concepção de que a estrutura produtiva deriva da interação entre a multiplicidade de conhecimentos que os distintos agentes presentes em uma economia possuem. Quanto maior a diversidade de conhecimentos, maior o acúmulo social de conhecimento produtivo e disso deriva o nível de desenvolvimento de uma economia. Logo, mesmo buscando realizar uma avaliação sobre a estrutura da economia, desafio que dificilmente consegue fugir da simplificação da multidimensionalidade característica que existe em qualquer fenômeno econômico, ao utilizar os instrumentos propostos pela abordagem da complexidade o trabalho apresenta, como ponto de partida, uma ideia distinta sobre estrutura produtiva, que em sua concepção considera o espaço de interação entre os diversos agentes. Acredita-se, portanto, que tal metodologia pode proporcionar novas compreensões sobre a heterogeneidade estrutural por ser mais condizente com a diversidade existente no mundo rural em comparação às outras de análise de estrutura da agropecuária utilizadas até então.

## 1.3 A abordagem da complexidade econômica

### 1.3.1 *A relação entre capabilities, produtos e estrutura produtiva*

Os trabalhos de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#), [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#) e [Hausmann et al. \(2014\)](#) que mais chamam a atenção dos estudiosos do desenvolvimento econômico ligados à tradição estruturalista, devido aos resultados empíricos que apresentam. Os autores inovam ao demonstrar que da análise da sofisticação e da diversificação dos bens produzidos em uma economia é possível extrair informações sobre a estrutura produtiva da economia e seu desenvolvimento.

A questão que permeia desde o início os trabalhos desses autores é a mesma que baliza toda a teoria do desenvolvimento: porque algumas nações são desenvolvidas e outras não? Tomando como base o trabalho de [Hausmann et al. \(2014\)](#), é possível afirmar que, para esses autores, a diferença no padrão de vida entre os países não está atrelada ao estoque de capital ou ao nível de poupança, como nos modelos convencionais. A resposta está ligada ao fato de que alguns países conseguiram realizar uma “acumulação social de conhecimento produtivo” em larga escala, enquanto outros não. Tal acúmulo tem relação direta com o processo de complexificação da economia.

Para entender esta proposição, primeiro precisamos notar que a resposta apresentada destaca a importância do conhecimento. Este, por sua vez, apresenta duas facetas: o conhecimento explícito e o conhecimento tácito. O conhecimento explícito é de fácil disseminação, passível de aprendizagem através de leituras, palestras, cursos e treinamentos específicos. Já o conhecimento tácito é aquele que não pode ser facilmente transferido, sendo aprendido muito mais pela experiência prática.

Essas mesmas dimensões do conhecimento são válidas para a produção de um bem ou serviço, e compõe o que os autores denominam de conhecimento produtivo. Há questões que podem ser facilmente aprendidas, como qual a temperatura ideal da água para esterilizar um equipamento cirúrgico (conhecimento explícito), entretanto há outras que requerem esforços em termos econômicos e de tempo, como por exemplo a habilidade prática de um dentista para extrair um dente (conhecimento tácito). Apenas ler instruções sobre como se realiza o processo de extração não permite que a isso seja realizado, sendo necessário um período de aprendizagem prática.

A concepção de que existe um conhecimento tácito essencial para a produção de cada produto é um pressuposto importante para entender porque maior complexidade de produtos indica maior desenvolvimento. Retomando Adam Smith, os autores argumentam que a divisão do trabalho permite que os indivíduos acessem o conhecimento tácito das demais pessoas na sociedade, através dos múltiplos bens e serviços existentes, sem ter que passar pelo processo de aprendizagem de todos os conhecimentos específicos que a produção de cada produto requer. Ou seja, os bens são fruto da combinação do conhecimento tácito das mais diversas pessoas

que contribuíram para sua produção. A partir disso, cabe a ideia de que o leque de produtos de uma sociedade representa uma gama de conhecimentos que estão enraizados (*embedded*) nessa economia – nos diferentes indivíduos – e que foram conectados de formas variadas para gerar produtos diversos.

Markets allow us to access the vast amounts of knowledge that are scattered among the people of the world. Toothpaste embeds our knowledge about the chemicals that prevent tooth decay, just like cars embody our knowledge of mechanical engineering, metallurgy, electronics and design. Computers package knowledge about information theory, electronics, plastics and graphics, whereas apples embody thousands of years of plant domestication as well as knowledge about logistics, refrigeration, pest control, food safety and the preservation of fresh produce. Products are vehicles for knowledge, but embedding knowledge in products requires people who possess a working understanding of that knowledge. (HAUSMANN et al., 2014, p. 15)

Tais frações de conhecimento necessários à produção de um bem os autores denominam *capabilities*<sup>6</sup>. Quanto mais *capabilities* diferentes um país tem, maior a gama de produtos que o país consegue produzir, dado que cada bem exige uma combinação de *capabilities* diferente. Portanto a “acumulação social de conhecimento produtivo” refere-se ao acúmulo de diferentes tipos de conhecimento não transacionáveis que permitem ampliar a gama de produtos da economia. No trabalho de Hausmann e Hidalgo (2011, p. 311) a ideia de *capabilities* é mais ampla, de forma que além dos conhecimentos tácitos que são de difícil transmissão, também são considerados *capabilities* os insumos não-transacionáveis (ou de difícil transmissão) dos mais diversos tipos, de forma que os bens não são apenas combinações de diversos tipos de conhecimento, mas de diversos elementos que não podem ser transacionados tais como instituições, condições climáticas e dotações de mão de obra e recursos naturais.

O conhecimento produtivo de uma sociedade não depende da quantidade de conhecimento acumulado em cada indivíduo, mas da diversidade de conhecimentos e demais *capabilities* que existem nessa sociedade, bem como da capacidade de conectar essas peças. Quanto maior o número de conexões entre os diferentes tipos de *capabilities*, maior o número de produtos diferentes essa economia poderá produzir. Além disso, assume-se como pressuposto que as economias produzem todos os bens que podem, ou seja, são produzidos todos os bens cujas *capabilities* necessárias à produção estão presentes na economia. Se a economia produz automóveis, é porque tem as *capabilities* necessárias para tal. Se não produz, é porque não as tem. Se for adicionado um conhecimento novo ao leque que já existe na economia, ele irá se conectar com diversos outros tipos de conhecimento e permitirá a produção de produtos antes não existentes.

<sup>6</sup> A ideia de que existem fatores fundamentais que compõe diferentes produtos como outros bens intermediários, distintas tecnologias, conhecimentos ou instituições não é uma inovação dos autores da complexidade. Sua referência são trabalhos como Leamer (1984), Lall (2000), Lahr e Dietzenbacher (2001), Rodrik, Subramanian e Trebbi (2004), Acemoglu, Johnson e Robinson (2001). A principal diferença é que em Hidalgo et al. (2007a), Hidalgo e Hausmann (2009a), Hausmann et al. (2014) não é assumido algum fator que é mais importante a priori.

Assim, com o crescimento da diversidade de *capabilities* na sociedade é possível produzir bens que exigem uma combinação maior de conhecimentos diferentes.

A analogia utilizada em [Hausmann et al. \(2014\)](#) para explicar essa noção é interessante. Imagine que cada *capability* é uma peça de um jogo de legos, cada economia é uma pessoa e os brinquedos construídos com as peças são os produtos. Uma pessoa que possui um balde com peças de lego mais variadas poderá construir uma variedade maior de brinquedos que outra pessoa com um balde contendo peças menos variadas. Da mesma forma, possuir peças mais raras permite que sejam construídos brinquedos mais exclusivos. Ou seja, uma economia que possui *capabilities* mais diversificadas e mais raras será capaz de produzir bens diferentes e provavelmente mais valorizados, dada sua escassez devido à maior complexidade que envolve sua produção.

A partir dessa perspectiva é possível pensar na ideia de sofisticação de uma forma simples: bens que exigem uma maior quantidade de *capabilities* diferentes são mais sofisticados. Quanto mais sofisticados os bens que uma economia produz, maior sua complexidade. Por exemplo, é razoável supor que a gama de conhecimentos necessários para produzir bananas é menor do que para produzir automóveis, logo bananas são menos sofisticadas que automóveis. Portanto aqueles países que produzem automóveis, tudo mais constante, indicam um conhecimento acumulado maior do que os países que produzem bananas, e conseqüentemente uma complexidade maior.

Complex economies are those that can weave vast quantities of relevant knowledge together, across large networks of people, to generate a diverse mix of knowledge-intensive products. Simpler economies, in contrast, have a narrow base of productive knowledge and produce fewer and simpler products, which require smaller webs of interaction. ([HAUSMANN et al., 2014](#), p. 18)

Chega-se assim à lógica básica que guia os trabalhos referidos: compreender o funcionamento de uma economia a partir da gama de produtos que ela apresenta, buscando avaliar o grau de diversidade e sofisticação dos produtos. Ao final, maior a diversidade e sofisticação dos produtos indica uma rede mais completa de conhecimentos entrelaçados – com maior diversidade de conhecimentos e maior número de combinações diferentes entre esses conhecimentos.

Our most prosperous modern societies are wiser, not because their citizens are individually brilliant, but because these societies hold a diversity of knowhow and because they are able to recombine it to create a larger variety of smarter and better products. ([HAUSMANN et al., 2014](#), p. 6)

A complexidade de produtos indica, portanto, o grau de desenvolvimento de uma economia? Os autores não discutem diretamente o que entendem por desenvolvimento econômico, entretanto algumas passagens permitem inferências sobre essa questão. Na mais elucidativa, [Hausmann et al. \(2014, p. 8\)](#) afirmam que o desenvolvimento é tratado em seu trabalho como um “processo de aprendizagem social”. Pode-se perceber, portanto, que a ideia de desenvolvimento

está ligada à expansão da complexidade da rede conhecimentos produtivos da sociedade, o que significa em última instância uma maior disponibilidade de bens e serviços.

Isso carrega uma questão fundamental: como ampliar a complexidade da economia, ou seja, a variedade de conhecimentos disponíveis, e, portanto, promover o desenvolvimento econômico? Para os autores, o processo de complexificação, que é basicamente aumento do conhecimento produtivo da economia, ocorre através do aumento do conjunto de atividades que um país realiza (HAUSMANN et al., 2014, p. 7). Ou seja, o fato do país conseguir produzir um novo bem mostra que ocorreu uma ampliação do seu conhecimento produtivo. Portanto aumentar a complexidade da economia significa aumentar a diversidade de bens produzidos.

Entretanto, existe uma circularidade inerente nessa compreensão econômica: somente é possível ampliar o conhecimento produtivo enraizado em uma sociedade através da produção de novos bens e serviços, propiciando a prática da produção (pois o conhecimento tem uma dimensão tácita); porém somente é possível produzir novos bens e serviços se o conhecimento produtivo necessário (capabilities) estiver enraizado na economia. Ou seja, para produzir é preciso o conhecimento, mas para ter o conhecimento, é preciso da produção.

É possível perceber, portanto, que essa abordagem pressupõe a existência de uma estrutura econômica, na medida que condiciona o conhecimento da sociedade aos produtos existentes na economia. Essa estrutura, compreendida a partir da combinação da diversidade de conhecimentos que os agentes possuem, condiciona o desenvolvimento econômico. Tal concepção acaba por inserir na análise uma dimensão histórica. Portanto a resposta ao questionamento inicial inclui necessariamente modificações estruturais na economia que rompam com essa circularidade:

Accumulating productive knowledge is difficult. For the most part, it is not available in books or on the Internet. It is embedded in brains and human networks. It is tacit and hard to transmit and acquire. It comes from years of experience more than from years of schooling. Productive knowledge, therefore, cannot be learned easily like a song or a poem. It requires structural changes. Just like learning a language requires changes in the structure of the brain, developing a new industry requires changes in the patterns of interaction inside an organization or society. (HAUSMANN et al., 2014, p. 7)

Concebe-se, assim, as estruturas produtivas como fruto de uma rede de interações sociais dos agentes, que compartilham seus diversos conhecimentos, cuja determinação é dada pela trajetória das sociedades. A pergunta subjacente às aplicações empíricas realizadas no presente trabalho é a seguinte: essa concepção de estrutura produtiva é válida para compreender as diferenças estruturais que existem no setor agropecuário das diferentes regiões brasileiras? É possível pensar dessa maneira quando são consideradas as particularidades do setor e a dinâmica espacial? Se não for rejeitada a hipótese de que os exercícios empíricos trarão informações novas sobre o problema da heterogeneidade estrutural, serão obtidos fortes indícios de que é válida essa compreensão de estrutura para pensar o setor agropecuário brasileiro.

### 1.3.2 Instrumentos empíricos: o *product space* e os índices de complexidade econômica

Os esforços empíricos desses trabalhos são na direção de mapear a estrutura produtiva e o nível de complexidade da economia através da criação de uma rede de produtos e de um índice de complexidade econômica. Os índices de complexidade, que são o instrumento mais importante dentro dessa abordagem, aparecem em [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), porém os trabalhos precedentes e posteriores – como [Hausmann, Hwang e Rodrik \(2007\)](#), [Hausmann e Klinger \(2006\)](#), [Hidalgo et al. \(2007a\)](#), [Hidalgo e Hausmann \(2008\)](#), [Hausmann e Hidalgo \(2011\)](#), [Felipe et al. \(2012\)](#), [Hausmann et al. \(2014\)](#), [Hartmann et al. \(2017\)](#) – desenvolvem uma série de elementos importantes para compreender a complexidade, como por exemplo a mensuração das vantagens comparativas reveladas dos países na exportação de produtos, a construção do *product space* e a criação dos indicadores de ubiquidade e diversificação de produtos, que compõe o índice de complexidade das nações.

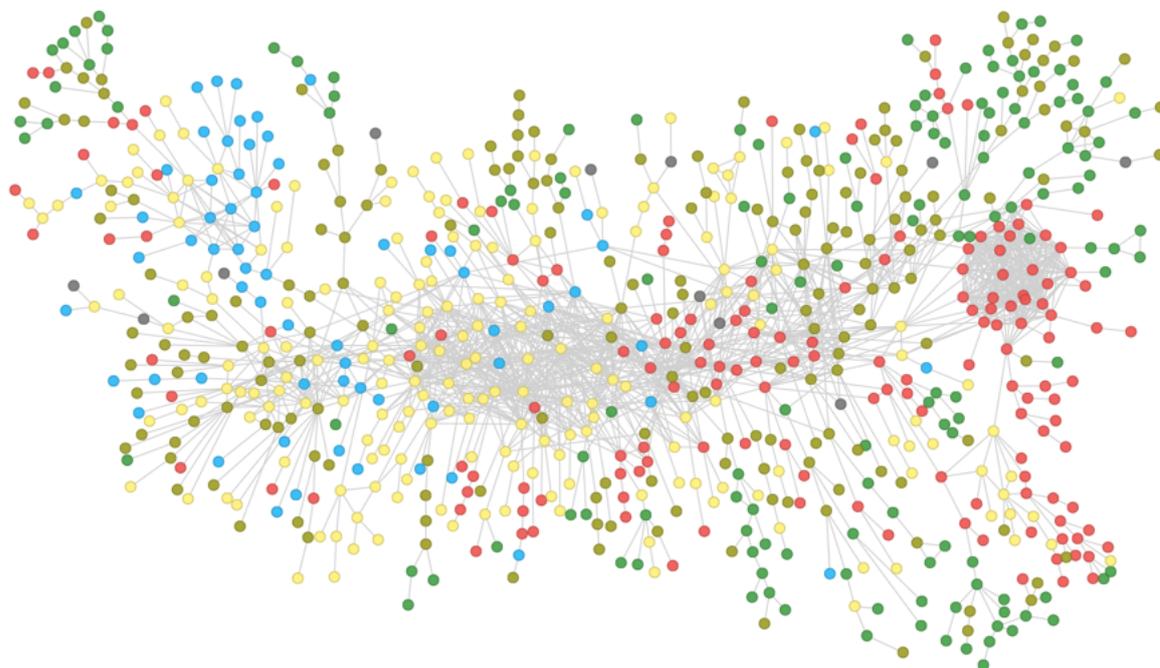
Primeiramente, sem entrar em maiores detalhes metodológicos, pois eles serão explorados nos próximos capítulos, é relevante compreender a importância que o espaço de produtos, ou *product space* tem nessa abordagem. Esse espaço de produtos é uma rede representada por um grafo, em que cada nó (cada ponto) se refere a um produto da economia e cada aresta (ligação entre os nós) mostra a similaridade que dois produtos apresentam, formando uma rede de produtos que se aproximam de acordo com sua similaridade. Essa similaridade é dada pela probabilidade de um país exportar o bem A, dado que exporta o bem B, pois parte da ideia de que se dois produtos são frequentemente exportados conjuntamente é porque as *capabilities* necessárias à produção de ambos são semelhantes. Se os países que exportam notebooks usualmente também exportam celulares, supõe-se que esses dois produtos são semelhantes nas condições que permitem a existência de seu processo produtivo. Na representação da rede, produtos semelhantes ficarão próximos, formando comunidades (ou grupos, aglomerados ou *clusters*) de produtos que acabarão por representar setores diferentes da estrutura produtiva das economias.

Cria-se um modelo geral de rede que indica como a natureza de cada par de produtos se relaciona, considerando todos os bens envolvidos no fluxo de comércio entre países. Entretanto, dado que um país não produz todos os bens existentes, cada país terá seu *product space* específico, sua rede de produtos particular, que será necessariamente um subconjunto do modelo geral da rede de produtos. Assim, é possível realizar comparações entre a gama de produtos que cada país produz, permitindo visualizar quais as diferenças entre as estruturas produtivas de dois países sob uma ótica mais qualitativa.

Para exemplificar é apresentada abaixo as representações do espaço de produtos do trabalho de [Britto et al. \(2019\)](#), que foram construídas para realizar a comparação entre a evolução das estruturas produtivas de Brasil e Coréia do Sul. Na figura 10 é apresentado o modelo geral construído com 784 produtos exportados por diversos países do mundo. Cada nó representa um produto diferente e as cores indicam diferentes níveis de tecnologia dos produtos.

Como é possível visualizar, há produtos que são mais centrais na rede e outros que são mais periféricos.

Figura 10 – Modelo geral do espaço de produtos



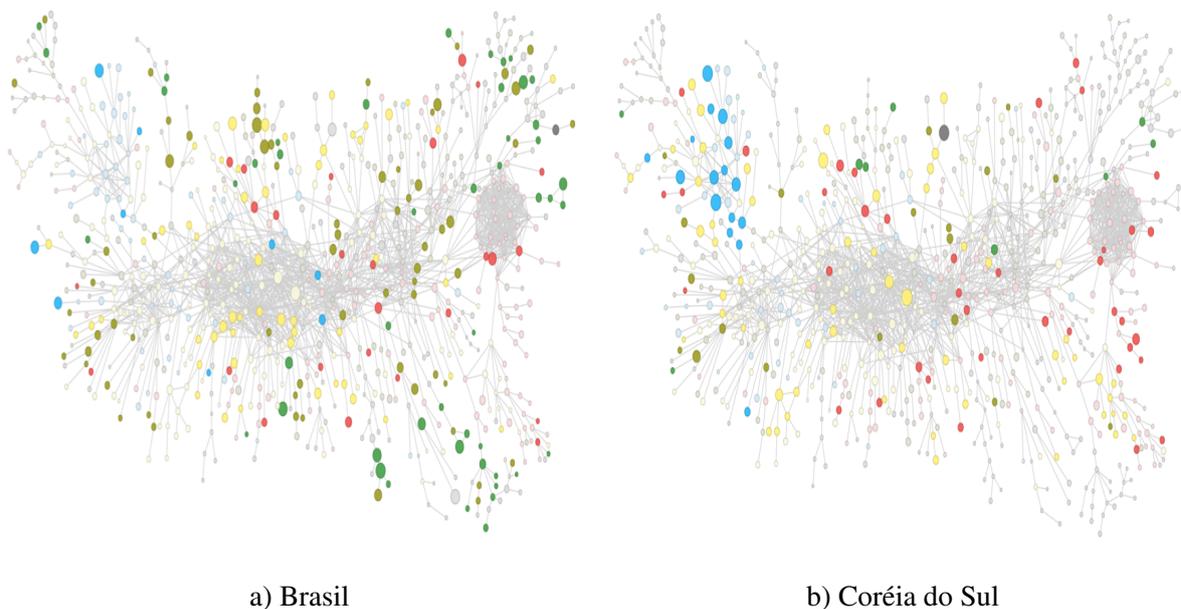
Fonte: Britto et al. (2019, p. 200)

Para realizar a comparação entre os dois países, na figura 11 os autores mantêm com cor apenas os produtos que os países produzem com vantagem comparativa. Assim é possível visualizar quais são os produtos que formam a cesta de exportações de cada país, o que serve como uma proxy de suas estruturas produtivas. A partir dessas representações, é possível observar qual país tem uma estrutura produtiva mais diversificada, mais densa e qual o nível tecnológico associado. Ou seja, tem-se uma visão mais geral das estruturas com aspectos qualitativos importantes<sup>7</sup>.

Voltando à reflexão geral, dado que o espaço de produtos é uma rede, alguns produtos e setores ocupam lugares mais centrais que outros e apresentam maior número de conexões. No trabalho de Hidalgo et al. (2007a), é apresentada uma divisão no *product space*, em que o centro da rede, onde estão os produtos com maior número e intensidade de conexões (e que portanto são mais importantes para a formação do tecido produtivo, pois têm maiores encadeamentos – pensando a partir de Hirschmann), é tomado por bens típicos dos setores industriais de maquinaria, química e produtos metálicos, enquanto a periferia da rede é composta produtos de origem animal, de pesca e agrícolas. Mais que isso, os autores também identificam

<sup>7</sup> Para entender melhor as especificidades da análise dessas redes específicas consultar diretamente Britto et al. (2019), uma vez que o propósito desta revisão é proporcionar ao leitor uma ideia geral sobre os instrumentos da complexidade econômica.

Figura 11 – Espaço de produtos de Brasil e Coréia do Sul em 2005



Fonte: Britto et al. (2019, p. 202-203)

que os países das regiões industrializadas – que inclui EUA, Canadá, Austrália, Europa e Japão – são os que produzem os bens mais centrais da rede, enquanto os países da América Latina e África produzem os produtos mais periféricos da rede (HIDALGO et al., 2007a, p. 4). Ou seja, países desenvolvidos produzem os produtos centrais da rede (majoritariamente industriais), e diversos outros países subdesenvolvidos que produzem os produtos que estão na periferia da rede, portanto na parte externa e menos relevante (majoritariamente produtos primários). O que vale destacar é a conclusão lógica que está por traz dessa constatação: países que produzirem certos tipos de produtos apresentarão um nível de desenvolvimento maior.

Ou seja, além da rede de produtos ser um instrumento que permite uma visualização mais geral, intuitiva e com aspectos qualitativos da estrutura produtiva, ela também permite ter uma ideia sobre o nível de desenvolvimento dos países a partir da localização dos produtos que cada país possui em sua rede.

Essa visualização da rede é complementada por um segundo instrumento: os índices de complexidade econômica. Tais índices são desenvolvidos a partir da relação entre ubiquidade dos produtos e diversificação dos países<sup>8</sup>, a partir de uma metodologia de análise de redes chamada "Método dos Reflexos", que coleta informações sobre cada nó a partir da sua relação com os demais nós. Tais índices medem o nível de complexidade dos produtos e dos países e são conectados com o espaço de produtos porque os países com maiores níveis de complexidade são aqueles que apresentam um *product space* mais completo, em que pode ser identificada a produção de um número maior de produtos, que remete à maior diversificação daquela economia, e de produtos mais complexos, que estão localizados mais ao centro da rede.

<sup>8</sup> A metodologia completa é explorada no último capítulo deste trabalho

O índice de complexidade dos países acabou por se mostrar um poderoso instrumento para mensurar o nível de complexidade da estrutura produtiva dos países. Valendo-se disso, os trabalhos dessa área apresentam resultados que atestam como esse nível de complexidade está relacionado ao nível de desenvolvimento dos países, através de relações como: forte correlação positiva entre complexidade econômica e crescimento da renda per capita (HIDALGO; HAUSMANN, 2009a; HAUSMANN et al., 2014); correlação positiva entre aumento da participação de produtos complexos nas exportações do país e crescimento da renda (FELIPE et al., 2012); correlação negativa entre complexidade e desigualdade de renda (HARTMANN et al., 2017). Ou seja, a partir dos produtos de uma nação é possível compreender melhor a estrutura produtiva do país e criar indicadores que tem grande poder explicativo sobre o desenvolvimento econômico.

A expectativa do presente trabalho é que avaliar o comportamento do setor agropecuário brasileiro a partir da lógica introduzida pela abordagem da complexidade traga frutos semelhantes. Espera-se que entender a relação entre os produtos e setores de agropecuária possa apresentar informações de grande valor para compreender melhor a estrutura produtiva do setor agropecuário das microrregiões e o problema da heterogeneidade estrutural.

## 2 Heterogeneidade tecnológica na agropecuária brasileira

O ambiente rural brasileiro é marcado por uma ampla diversidade de formas de vida, que se diferenciam tanto pelas relações sociais e de produção como pela estrutura produtiva de cada região. Pode-se dizer que há um consenso, na literatura de desenvolvimento rural, de que no Brasil é marcante a heterogeneidade estrutural na agropecuária, o que é caracterizado em termos gerais pelas desigualdades inter e intrarregiões.

A versão mais conhecida dessa perspectiva é expressa pela concepção dualista de que convivem no país um setor de agricultura moderna e outro de agricultura atrasada. O primeiro, seria marcado por alta produtividade dos estabelecimentos, com relações de trabalho e produção que tendem a ser mais típicas do capitalismo e de forma generalista é associado à chamada agricultura não familiar. Já o segundo seria caracterizado por pequenos estabelecimentos, de baixa produtividade, voltadas à produção de subsistência ou venda aos mercados locais, e estaria associado à chamada agricultura familiar. Entretanto, sabe-se que tal dualismo representa uma caricatura de uma realidade muito mais complexa e heterogênea, como afirma [Belik \(2015\)](#). [Aquino, Gazolla e Schneider \(2018\)](#) vão além, e argumentam que, quando é realizada a oposição dualista, acaba-se por tomar a média dos indicadores das categorias "familiar" e "patronal" que mascaram a realidade e contribuem para a existência de políticas públicas enviesada e que não entregam os melhores resultados possíveis à população. Ficar preso a categorias desenvolvidas a partir de determinada abordagem, seja ela empírica ou teórica, é um risco analítico muito grande para o estudo de fenômenos reais que são essencialmente multidimensionais, pois sua natureza demanda um tratamento diferenciado.

Dentro de cada categoria da oposição "moderno" vs "atrasado", ou "agricultura familiar" vs "patronal", flutuam diversas categorias que apresentam diferentes níveis de produtividade, lógicas de reprodução sociais, níveis de integração com mercados, entre outras diversas características sociais e econômicas. Dentro da categoria da agricultura familiar, segundo [Schneider \(2010\)](#), estão inclusas inúmeras populações muito distintas, como ribeirinhos, quilombolas, indígenas, pequenos produtores integrados aos mercados, pescadores artesanais entre outros.

Por esses motivos, retratar a heterogeneidade estrutural do setor agropecuário brasileiro coloca-se como um desafio de grande importância. Dentre os trabalhos que buscam retratar compreender a ampla diversidade da produção agropecuária e da vida no meio rural brasileiro, e que conseqüentemente retratam a questão da heterogeneidade estrutural, pode-se destacar [Santos e Vieira-Filho \(2012\)](#), [Schneider e Cassol \(2013\)](#), [Belik \(2015\)](#), [Conterato et al. \(2014\)](#), [Sambuichi et al. \(2016\)](#), [Sambuichi et al. \(2014\)](#), [Oliveira-Ferreira e Vasconcelos \(2014\)](#), [Vieira-Filho e Fishlow \(2017\)](#), [Aquino, Gazolla e Schneider \(2018\)](#). Entretanto, ainda não há um consenso

sobre quais os melhores indicadores a serem utilizados para retratar esse fenômeno. Isso ocorre devido à natureza da heterogeneidade estrutural, que segundo Santos e Vieira-Filho (2012) é composta tanto por fatores estáticos - que dizem respeito ao ambiente econômico e não dependem da decisão individual de alocação dos agentes - quanto por fatores dinâmicos, da produção, que estão associados à decisão individual.

No presente trabalho buscaremos explorar uma das diversas facetas da heterogeneidade estrutural, que diz respeito às discrepâncias técnicas na produção agropecuária entre as regiões. Escolhemos tal aspecto, porque há relativa aceitação da hipótese de que as discrepâncias na agropecuária entre as regiões estão fortemente conectadas com a propagação desigual dos avanços tecnológicos (SANTOS; VIEIRA-FILHO, 2012; SAMBUICHI et al., 2014; SAMBUICHI et al., 2016; OLIVEIRA-FERREIRA; VASCONCELOS, 2014; VIEIRA-FILHO; FISHLOW, 2017). Tal hipótese é bem descrita pela passagem abaixo:

A hipótese básica é que as inovações tecnológicas guiadas por mudanças institucionais e as especificidades regionais e produtivas conduzem a uma maior desigualdade na produção e no crescimento agropecuário, favorecendo os espaços organizacionais dinâmicos e inovadores em detrimento da estagnação das regiões marginalizadas da moderna produção. (VIEIRA-FILHO; FISHLOW, 2017, p.177)

Existem na literatura diversos trabalhos que discutem a geração, adoção, difusão e os efeitos de novas tecnologias no meio rural, cuja abordagem teórica varia do arcabouço neoclássico até uma perspectiva neoschumpeteriana<sup>1</sup>. Entretanto, poucos são os trabalhos empíricos que permitem verificar a intensidade e a distribuição espacial do uso de tecnologias na agropecuária brasileira em uma perspectiva regional. Os trabalhos de Lemos et al. (2003), Campos, Pereira e Teixeira (2014) e Souza et al. (2018), que realizam análises multivariadas para a agropecuária mineira e do Brasil, são exemplos de como ultrapassar a simples análise das estatísticas descritivas pode colaborar para o entendimento da realidade do meio rural. Dentre esses, é importante destacar que o trabalho de Souza et al. (2018) é o que mais se assemelha ao exercício realizado neste capítulo, pois utilizam análise fatorial para verificar as diferenças tecnológicas na agricultura familiar e não familiar nas mesorregiões brasileiras.

Assim sendo, o objetivo desse capítulo é proporcionar ao leitor uma compreensão mais completa sobre a heterogeneidade da agricultura brasileira no que se refere ao uso de tecnologias. As perguntas que guiam o presente capítulo são as seguintes: qual a intensidade de uso de tecnologia nas diferentes regiões brasileiras? Existe grande heterogeneidade entre as regiões nesse quesito? Onde se localizam as regiões brasileira de maior e menor intensidade tecnológica? Para tal, desenvolveu-se um índice de tecnologia para as microrregiões através da agregação de indicadores sobre as técnicas utilizadas na produção, valendo-se de uma análise multivariada de correspondência múltipla em que se utiliza o método *Homogeneity Analysis by Means of Least*

<sup>1</sup> Para uma introdução geral ver os trabalhos de Gastal (1986), Paiva (1971), Silveira (2014), Vieira-Filho (2014), Vieira-Filho e Fishlow (2017).

*Squares (HOMALS)*. Ao final, foi realizada uma análise exploratória sobre a distribuição espacial do índice de tecnologia desenvolvido.

Em relação aos objetivos gerais da dissertação, esse capítulo opera como um instrumento intermediário que visa conectar uma ideia amplamente conhecida nos estudos do desenvolvimento rural, que é a hipótese da heterogeneidade estrutural proveniente da assimetria tecnológica, ao arcabouço da complexidade. Optou-se por proceder de tal maneira porque a tecnologia tem um papel importante na perspectiva da complexidade, uma vez que é possível verificar correlação entre positiva entre complexidade dos produtos e tecnologia nos trabalhos de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#), [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), [Hausmann et al. \(2014\)](#) e [Britto et al. \(2019\)](#). Além disso, não foi encontrada uma classificação de tecnologia existente voltada especificamente para produtos agropecuários, fato que, combinado à pouca intuitividade para inferir sobre quais produtos agropecuários têm maior nível de tecnologia agregada, dificulta a análise dos resultados obtidos pela construção do espaço de produtos e dos índices de complexidade econômica que é realizada nos capítulos posteriores. Assim, o presente capítulo, em linhas gerais, pretende prover uma base de comparação para tornar inteligíveis os resultados apresentados nos próximos exercícios.

## 2.1 Metodologia

### 2.1.1 Base de dados e descrição das variáveis

Foram utilizados os dados do Censo Agropecuário do IBGE, para o ano de 2006. A escolha dessa base ocorreu devido aos dados sobre características dos estabelecimentos agropecuários que ela apresenta, entre os quais estão informações sobre as técnicas de produção utilizadas. Como recorte regional, utilizamos as 558 microrregiões brasileiras.

Como não foram encontrados trabalhos similares para tomar como base<sup>2</sup>, desenvolveu-se uma seleção *ad hoc* de variáveis, de acordo com a disponibilidade do Censo. Para tal, foram divididas em cinco classificações distintas: (i) mecanização; (ii) infraestrutura; (iii) defensivos; (iv) preparo do solo; e (iv) outras variáveis.

Em cada uma dessas dimensões, foram elencadas variáveis que julgamos importante na caracterização dos métodos de produção. Após isso, as variáveis foram transformadas em indicadores relativos, que considerando a quantidade de propriedades de cada microrregião e a área total das propriedades, para poder realizar comparação entre regiões.

Por exemplo, a variável que apresentava o número de colheitadeiras foi dividida pela área total dos estabelecimentos, obtendo o número de colheitadeiras por hectare. A variável irrigação, que apresentava o número de estabelecimentos de cada microrregião que possuía irrigação,

<sup>2</sup> No período de desenvolvimento deste capítulo o trabalho de [Souza et al. \(2018\)](#), que serviria como um guia de escolha de variáveis, ainda não estava disponível.

Tabela 5 – Descrição das variáveis e transformações realizadas

Dimensão	Variável	Unidade	Abreviação	Transformação
Mecanização	Tratores com menos de 100CV	Nº de Tratores	tratP	tratP/area
	Tratores com mais de 100CV	Nº de Tratores	trat100	trat100/area
	Arados	Nº de Arados	arados	arados/area
	Grades	Nº de Grades	grades	grades/area
	Roçadeiras	Nº de Roçadeiras	rocad	rocad/area
	Semeadeiras ou plantadeiras	Nº de Sem. ou Plant.	plantad	plantad/area
	Colheitadeiras	Nº de Colheitadeiras	colheit	colheit/area
	Pulverizadores ou atomizadores	Nº de Pulv. ou Atomiz.	pulveri	pulveri/area
	Adubadeiras ou distribuidoras de calcário	Nº de Adub. ou Distrib.	adubade	adubade/area
	Ceifadeiras	Nº de Ceifadeiras	ceifadei	ceifadei/area
	Óleo diesel	Mil Litros	diesel	diesel/area
Infraestrutura	Irrigação	Nº de Estabelecimentos com uso de irrigação	irrigacao	irrigação/estab
	Transporte	Nº de Estabelecimentos que tem meio de transporte	transp	transp/estab
	Energia elétrica	Nº de Estabelecimentos com energia	energ	energ/estab
	Silos para armazenamento de grãos	Nº de depósitos e silos para armazenamento de grãos	silos	silos/estab
	Tratamento de esterco	Nº de Estabelecimentos com tratamento	esterco	esterco/estab
	Uso de tração animal	Nº de Estabelecimentos com uso de tração animal	trac_ani	trac_ani/estab
	Uso de tração mecânica	Nº de Estabelecimentos com uso de tração mecânica	trac_mec	trac_mec/estab
Defensivos	Utilização de agrotóxicos	Nº de Estabelecimentos que utilizaram agrotóxicos	agrototoxicos	agrototoxicos/estab
	Controle biológico de pragas	Nº de Estabelecimentos com controle biológico	pragas_biologico	pragas_biologico/estab
	Controle de pragas por queima de resíduos agrícolas	Nº de Estabelecimentos com controle por queimadas	pragas_queima	pragas_queima/estab
	Outros controles de pragas (uso de repelente, caldas, iscas, etc.)	Nº de Estabelecimentos com outros controles	pragas_outros	pragas_outros/estab
Preparação do Solo	Cultivo convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda	Nº de Estabelecimentos com cultivo convencional	prep_solo_conv	prep_solo_conv/estab
	Cultivo mínimo (só gradagem)	Nº de Estabelecimentos com cultivo mínimo	prep_solo_min	prep_solo_min/estab
	Plantio direto na palha	Nº de Estabelecimentos com plantio direto	prep_solo_palha	prep_solo_palha/estab
	Correção do PH do solo	Nº de Estabelecimentos que fazem correção	corrPH	corrPH/estab
	Adubação	Nº de Estabelecimentos que fazem adubação	adubacao	adubacao/estab
Outros	Área total dos estabelecimentos agropecuários	Hectares	area	-
	Número total de estabelecimentos agropecuários	Nº de Estabelecimentos	estab	-
	Orientação técnica	Nº de Estabelecimentos que NÃO receberam orientação técnica	otec_ao	otec_ao/estab

Obs.: A coluna de transformação refere-se à divisão da variável pela área ou pelo número de estabelecimentos, representando o formato final em que a variável foi utilizada. Por exemplo, o número de tratores, ao final, foi utilizado como número de tratores por hectare, uma vez que dividimos o pela área. No caso das divisões pelo número de estabelecimentos, temos como variável final o percentual de estabelecimentos daquela região com a característica em questão.

Fonte: elaboração do autor.

foi dividida pelo número total de estabelecimentos, de forma que se obteve o percentual de estabelecimentos da região que possuíam irrigação. Tais transformações foram necessárias para poder comparar regiões com tamanhos e número de propriedades distintas. A tabela 1 apresenta a relação de variáveis utilizadas e suas transformações.

É importante destacar que o Censo Agropecuário apresenta um critério de não individualização da produção que suprime a informação ao constatar que uma variável apresenta menos de três estabelecimentos na região com determinada característica. Na ocorrência desses casos, optou-se por aferir o valor zero para aquela variável, naquela observação. Como será mostrado mais adiante, foi necessário realizar a transformação dos indicadores em variáveis categóricas considerando apenas os valores acima da média, o que reduz um ocasional viés causado pelas observações faltantes.

### 2.1.2 Opções metodológicas e tratamento das variáveis

Sendo o principal objetivo do capítulo criar um indicador de intensidade tecnológica que permita compreender melhor a heterogeneidade existente na agropecuária brasileira, inicialmente, duas técnicas de análise multivariada apareciam como possíveis caminhos: (i) a análise de componentes principais (ACP) e (ii) a análise de homogeneidade por meio de mínimos quadrados (HOMALS).

Ambas as técnicas servem o propósito de agregar diversas variáveis correlacionadas em poucos indicadores que mantenham a maior parte da variância do sistema original. A principal diferença entre os dois métodos é a natureza das variáveis que serão utilizadas. Usualmente, a ACP é utilizada quando o trabalho é realizado com variáveis contínuas e HOMALS é destinado a sistemas com variáveis categóricas. Dado que as variáveis de interesse nesse caso são contínuas, pois foram transformadas em percentuais do total de estabelecimentos de cada microrregião ou em unidades por área, a escolha natural seria a utilização da ACP.

Foi experimentada a utilização do método ACP. Contudo, após inúmeras tentativas, não foi possível reunir em poucos componentes uma variância representativa do sistema como um todo (os melhores resultados alcançaram cerca de 60% da variância do sistema). É possível que isso se deva justamente à enorme heterogeneidade entre as microrregiões, o que leva ao baixo nível de correlação entre as variáveis e dificulta a condensação da informação em poucas variáveis. Além disso, sabe-se que o método de ACP não é robusto quando existem muitos *outliers* na base de dados, que é o presente caso, como será evidenciado nas estatísticas descritivas a seguir. Assim sendo, optou-se por utilizar a análise de homogeneidades (HOMALS).

A ideia de transformar as variáveis contínuas em variáveis categóricas foi inspirada no trabalho de Rodrigues e Simões (2004), apesar das diferenças no método de transformação<sup>3</sup> Para discretizar as variáveis, foi tomada como base a seguinte regra: se a região  $c$  tem o valor da

<sup>3</sup> Rodrigues e Simões (2004) transformam as variáveis contínuas em 4 categorias de intensidade. Aqui optou-se por utilizar apenas duas.

variável  $k$  maior do que a média aritmética dessa variável, atribuiu-se o valor 1, caso contrário atribuiu-se o valor zero.  $X_{ck}$  indica o valor da variável  $k$  na região  $c$ <sup>4</sup> antes da transformação e  $Z_{ck}$  refere-se ao valor após a transformação.

$$Z_{ck} = \begin{cases} 1, & \text{se } X_{ck} \geq \bar{X}_k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.1)$$

Dessa forma, as regiões que apresentaram determinada característica com uma intensidade maior do que a média constarão como sendo dotadas dela, enquanto as demais não. Aqui gerou-se um problema que não foi possível contornar, que é a perda de informação dada pela desconsideração de casos intermediários, como é o caso daquelas regiões que estão próximas à média, mas ligeiramente abaixo.

Foram testadas outras regras de transformação, como a atribuição do valor 1 para regiões com valores acima da mediana da distribuição de cada variável (também foi testado para o terceiro quartil e nono decil). Entretanto, essas outras regras acabavam por atribuir a mesma quantidade de valores 1 para todas as variáveis, ou seja, a assimetria da distribuição era totalmente desconsiderada. Ao utilizar a média de cada variável como ponto de corte, permitimos que no caso em que há uma assimetria à direita (ou negativa) na distribuição, em que poucas microrregiões tem um valor alto para aquela variável, menor quantidade de valores 1 sejam atribuídos, pois a média apresenta um valor mais alto que a mediana. O caso análogo também ocorre, pois quando uma característica é muito comum, e sua distribuição apresenta uma assimetria à esquerda, com a média sendo menor que a mediana e um número maior de valores 1 são atribuídos. De forma simples, considerar a média em vez da mediana leva à que mais (menos) regiões sejam consideradas portadoras de uma característica que é abundante (escassa), valorizando o fato de que existem tecnologias mais comuns e tecnologias mais raras. Com essa manipulação, acabou-se por atribuir valor 1 às microrregiões que são mais intensivas no uso de determinada técnica do que a média das demais, o que está de acordo com o objetivo de construir um índice que mostra a intensidade técnica das regiões.

### 2.1.3 Método HOMALS

O método de análise correspondência múltipla - ACM ou HOMALS - tem como principal objetivo identificar grupos de indivíduos (unidade de análise) que apresentam certa semelhança em relação ao comportamento de um conjunto de variáveis. A identificação de grupos homogêneos é uma tarefa difícil de ser realizada quando são utilizadas mais de três variáveis. O método em questão buscar reunir informações de um conjunto inicial de variáveis em poucas dimensões que permitam um entendimento mais fácil do conjunto do sistema e preserve a variabilidade desse conjunto. Ao final, espera-se que, além de poder formar grupos de microrregiões por

<sup>4</sup>  $X_{ck}$  já considera o valor após a divisão de cada variável em relação à área ou número de estabelecimentos, conforme apresentado na tabela 1, portanto contava com valores entre 0 e 1.

intensidade tecnológica, seja possível também entender como as diferentes técnicas produtivas se agrupam.

O método HOMALS é desenvolvido para trabalhar com variáveis categóricas. Ou seja, para cada variável é possível elencar uma série de categorias diferentes, cujo indivíduo em questão pode possuir ou não. No presente trabalho o indivíduo é a microrregião e a maioria das variáveis contam com duas categorias que são: apresentar intensidade na utilização de determinada tecnologia ou não apresentar intensidade.

O usual na ACM é a utilização de uma matriz de indicadores, em que nas linhas constam os indivíduos e nas colunas estão as categorias de cada variável, de forma que se atribui o valor 0 ou 1 para a ausência ou presença daquela categoria para aquele indivíduo, respectivamente (GREENACRE; BLASIUS, 1994, p. 151). Essa matriz chamamos de  $Z_{ck}$ , em que  $c$  refere-se aos indivíduos e  $k$  refere-se às categorias, tal que:

$$Z_{ck} = \begin{cases} 1 & , \text{ se o indivíduo } C \text{ possui a categoria } k \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (2.2)$$

Entender a formação da matriz de categorias por essa ótica facilita a compreensão do método, mas para a realização do cálculo pelo software, é utilizada a chamada "matriz de Burt", que é uma matriz simétrica em que na diagonal principal são apresentadas as frequências absolutas de cada variável e fora da diagonal principal estão as frequências conjuntas de cada par de categorias. Tal matriz é dada pela multiplicação da matriz  $Z_{ck}$  pela sua transposta::

$$B_{kk} = (Z_{ck})^T \cdot Z_{ck} \quad (2.3)$$

Para calcular a proximidade entre duas categorias  $p$  e  $q$  quaisquer, utiliza-se o critério abaixo, em que  $B_{pq}$  é a quantidade de indivíduos que apresentam valor 1 simultaneamente para as categorias  $p$  e  $q$ ,  $B_p$  representa a quantidade de indivíduos que apresentam 1 na categoria  $p$  e  $B_q$  representa a quantidade de indivíduos que apresentam 1 na categoria  $q$ . Por fim,  $n$  refere-se à quantidade total de indivíduos.

$$d_{p,q}^2 = (B_{pp} + B_{qq} - 2 \cdot B_{pq}) \cdot \frac{1}{\left(\frac{B_{pp} \cdot B_{qq}}{n}\right)} \quad (2.4)$$

Observando o numerador é possível perceber que maior será a distância entre duas variáveis quanto maior a diferença entre o número de indivíduos que possui as categorias  $p$  ou  $q$  e o número de indivíduos que possui as duas categorias. Além disso, quanto maior for a frequência das categorias em relação ao total de indivíduos, menor será a distância, devido ao termo que se encontra no denominador da expressão. Ou seja, de forma geral é possível interpretar que a proximidade entre duas categorias quaisquer será maior quanto maior for a ocorrência conjunta delas e quanto maiores forem as frequências absolutas de cada uma.

Duas categorias de uma mesma variável que forem mutuamente exclusivas não estarão próximas e duas categorias que forem sempre encontradas conjuntamente estarão representadas no mesmo ponto gráfica (RODRIGUES; SIMÕES, 2004, p. 214). Além disso, categorias mais raras serão apresentadas mais afastadas de todas as demais.

Nessa ótica, considerando que as categorias deste trabalho são possuir a tecnologia ou não possuir, espera-se que, em um cenário de heterogeneidade estrutural de alta discrepância, sejam identificados um grupo de regiões que contam com a maioria das tecnologias e outro grupo praticamente desprovido de tecnologias. Um cenário de maior homogeneidade deve apresentar uma distribuição mais regular, com uma distância semelhante entre cada tecnologia.

#### 2.1.4 *I de Moran*

Uma vez obtido o índice de tecnologia da agropecuária das microrregiões, foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais, visando identificar padrões na distribuição da tecnologia no espaço. Para tal análise, foi utilizada a estatística I de Moran.

Para explorar o aspecto espacial, primeiro foi necessário elaborar uma matriz de vizinhanças para as microrregiões brasileiras. Utilizou-se uma matriz de contiguidade do tipo rainha de ordem 1, em que qualquer ponto de contato direto entre duas regiões é suficiente para que elas sejam consideradas vizinhas. A matriz  $W_{cd}$  indica vizinhança entre as regiões  $c$  e  $d$  conforme indicado abaixo:

$$W_{cd} = \begin{cases} 1 & , \text{ se } c \text{ e } d \text{ são vizinhos} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (2.5)$$

Após, foi calculado o I de Moran Global e Local, que são indicadores de autocorrelação espacial adequados para variáveis contínuas. Com o primeiro, busca-se verificar se existe um padrão de distribuição espacial da variável  $X$  quando se considera todas as observações conjuntamente, ou seja, busca-se entender se existe algum tipo de aglomeração, mesmo que não se olhe a localização específica de onde isso ocorre. Essa estatística é calculada de acordo com a fórmula abaixo, extraída de Silva, Souza e Martins (2012, p. 345), em que  $W_{cd}$  indica vizinhança entre a região  $c$  e a região  $d$ ,  $T_c$  representa a desvio do valor da variável  $X$  observado na região  $c$  em relação à média global dessa variável e  $n$  é o número de observações (microrregiões, nesse caso).

$$I = \frac{n}{\sum_c \sum_d W_{cd}} \frac{\sum_c \sum_d W_{cd} (T_c T_d)}{\sum_i T_c^2} \quad (2.6)$$

e

$$T_c = X_c - \overline{X_k} \quad (2.7)$$

O cálculo do I de Moran local é semelhante, mas como apresentado abaixo, há uma multiplicação direta entre  $W_{cd}$  e  $T_c$ , dentro do somatório, que indica que somente as vizinhanças locais realmente influenciam no cálculo. O I de Moran local apresenta quais localidades representam aglomerados, ou seja, onde ocorre aglomeração. O cálculo desse indicador é dado por:

$$I_c = \frac{T_c \sum_d W_{cd}(T_d)}{\sum_d T_d^2/n} \quad (2.8)$$

Após calcular esses dois indicadores, realizou-se um teste de hipótese para validar a existência de um padrão na distribuição espacial da variável em questão. Realizou-se o teste para autocorrelação espacial, em que se testa se há dependência entre a variável e ela mesma com uma defasagem no espaço, que é determinada pela matriz de vizinhanças. A hipótese nula é que o espaço não importa, ou seja, que não há um padrão de distribuição espacial, de forma que a probabilidade da variável assumir determinado valor é a mesma em qualquer lugar.

## 2.2 Resultados

### 2.2.1 Estatísticas descritivas

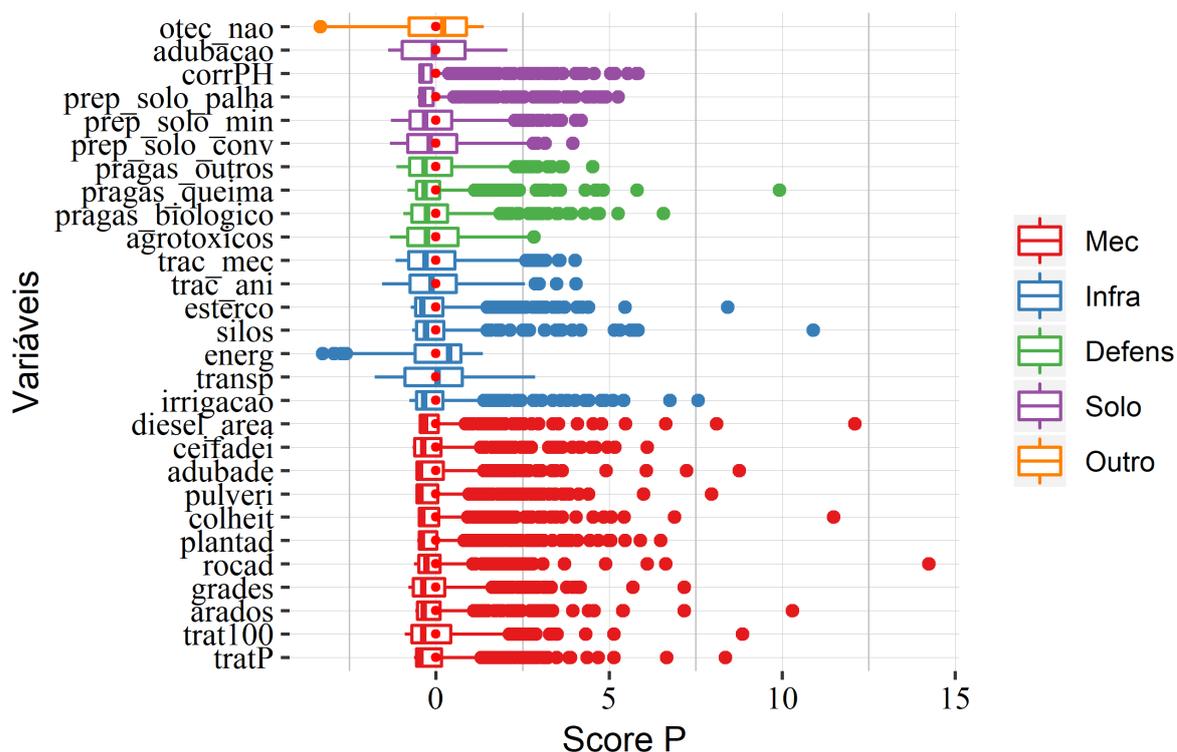
Antes de aplicar os métodos propostos é interessante apresentar estatísticas descritivas das variáveis utilizadas pois elas permitem ter uma boa compreensão prévia sobre a assimetria de incorporação de tecnologia, a partir da avaliação de quais tecnologias têm uma distribuição mais uniforme e quais apresentam maiores assimetrias. Para calcular essas estatísticas e podermos compará-las, realizamos uma padronização das variáveis para um escore  $P$ , dado pela fórmula abaixo em que  $X_{ck}$  é o valor da variável  $k$  para a região  $c$ ,  $\overline{X_k}$  é a média aritmética da variável  $K$  e  $\sigma_k$  é o desvio padrão da variável  $k$ .

$$P_{ck} = \frac{X_{ck} - \overline{X_k}}{\sigma_k} \quad (2.9)$$

A padronização com base em desvios padrões em torno da média permite visualizar a distribuição das variáveis e compará-las, através do boxplot abaixo:

É importante salientar que essa análise é totalmente relativa dentro de cada variável. Isso significa que se está observando o quanto as microrregiões estão distantes da média da variável para o país, independente se essa média é alta ou baixa. Por exemplo, se houver uma microrregião em que 50% dos estabelecimentos utilizam energia elétrica, ela aparecerá como pouco dotada dessa característica, pois na média 73% dos estabelecimentos das microrregiões em todo o Brasil utilizam energia elétrica. O análogo é válido para microrregiões que apresentem valores absolutos baixos mas acima da média nacional. Escolheu-se esse tipo de avaliação pois permite inferir sobre a homogeneidade da distribuição das variáveis.

Figura 12 – Boxplot das variáveis padronizadas



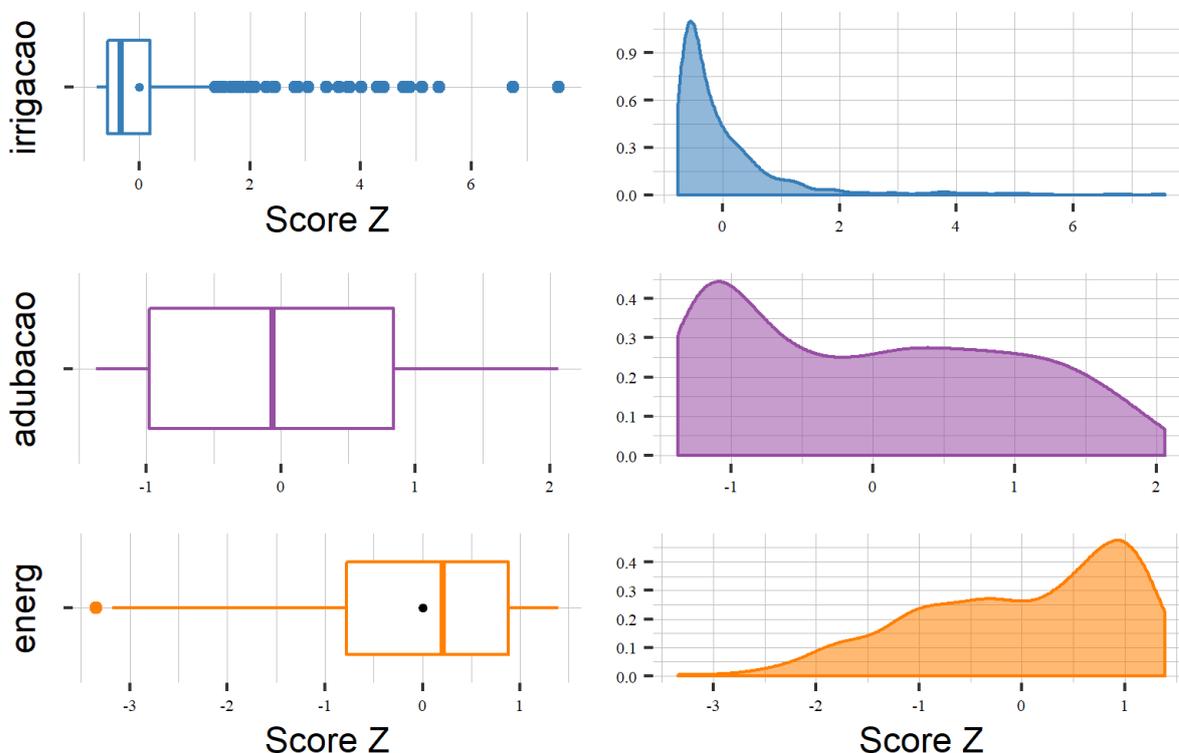
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Como é possível notar na figura 12, a grande maioria das regiões apresenta uma distribuição assimétrica à direita, com muitos *outliers* positivos e com a média da distribuição (indicada pelo ponto vermelho dentro de cada box) maior do que a mediana (indicada pela linha em cada box). Nessas variáveis, a maior parte das observações apresenta valores abaixo da média. Em consequência disso, a maioria das regiões receberá o valor zero quando as variáveis forem transformadas em categóricas para a aplicação da análise de correspondência múltipla, pois poucas microrregiões possuem alto percentual dos seus estabelecimentos com a utilização dessas técnicas (ou com alta intensidade de utilização por hectare, no caso das variáveis sobre mecanização). Esse formato de distribuição indica que, entre a microrregião de maior intensidade nessa tecnologia e a microrregião de menor intensidade, o padrão é que a maioria das microrregiões estejam próximas à região de menor intensidade. Ou seja, o padrão é que as microrregiões sejam pouco intensas na utilização dessa tecnologia, em termos relativos.

Apresentando uma distribuição assimétrica à esquerda estão apenas as variáveis de energia e não recebimento de orientação técnica. Esse formato de distribuição indica que a maioria das microrregiões tem um percentual de estabelecimentos com acesso à energia elétrica e um percentual de estabelecimentos que não recebe orientação técnica que é muito semelhante à microrregião do país que tem os maiores percentuais nessas duas variáveis. Ou seja, são raras as microrregiões em que têm a maioria dos estabelecimentos não utilizam energia e tem alto acesso

à orientação técnica, em termos relativos.

Figura 13 – Exemplos de distribuições das variáveis



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

As variáveis adubação, agrotóxicos e transporte apresentam uma distribuição com assimetria menor do que as demais, com poucos outliers positivos e negativos, ou seja, as observações estão bem distribuídas em torno da média, indicando que há um número semelhante de microrregiões próximas à região de mais alta intensidade e de menor intensidade nessas variáveis.

Por fim, é interessante salientar que a maioria das variáveis apresentam uma variância elevada. Isso indica que, de forma geral, sempre é possível encontrar microrregiões com grandes discrepâncias no uso dessas tecnologias, em termos relativos, o que reflete justamente a heterogeneidade de acesso à tecnologia na produção agropecuária.

Para a aplicação do método HOMALS não serão incluídas as variáveis que dizem respeito ao número total de estabelecimentos e ao total de área, pois elas foram utilizadas somente para relativizar as outras variáveis, tornando-as comparáveis entre as microrregiões. Portanto nosso sistema contará com 28 variáveis.

### 2.2.2 Homogeneity Analysis by Means of Least Squares - HOMALS

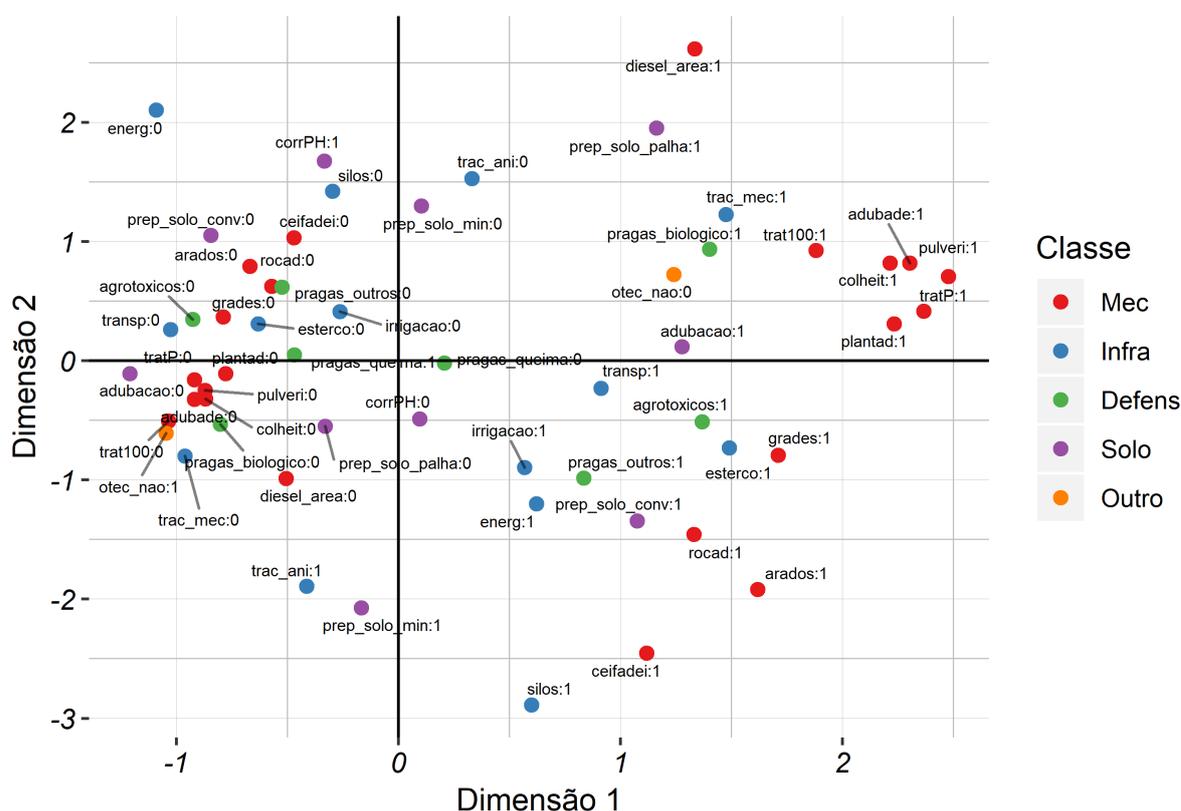
Ao aplicar o método HOMALS, foi possível reunir 87,6% da variância do sistema em apenas duas novas dimensões (ou componentes). Ou seja, foi possível obter dois novos

indicadores que substituem as 28 variáveis originais, sem perda significativa de informação. As dimensões 1 e 2 representam 83,6% e 4,0% da variância do sistema original, respectivamente. Por esse ângulo, o foco deve ser a análise da dimensão 1, que chamaremos de "Índice de Tecnologia". Em primeiro lugar, serão analisados os resultados obtidos para as variáveis e, posteriormente, para as microrregiões.

### 2.2.2.1 Resultados para as variáveis

Para realizar a análise é interessante primeiro pensar sobre o que representa a posição das variáveis na figura 14. Cada variável que foi elencada é apresentada em dois pontos no plano cartesiano, pois cada região tinha duas categorias que poderia assumir em relação a cada variável: ou a região é intensiva naquela variável (categoria 1), ou a região não é intensiva naquela variável (categoria 0).

Figura 14 – Resultado do método *HOMALS* para as variáveis

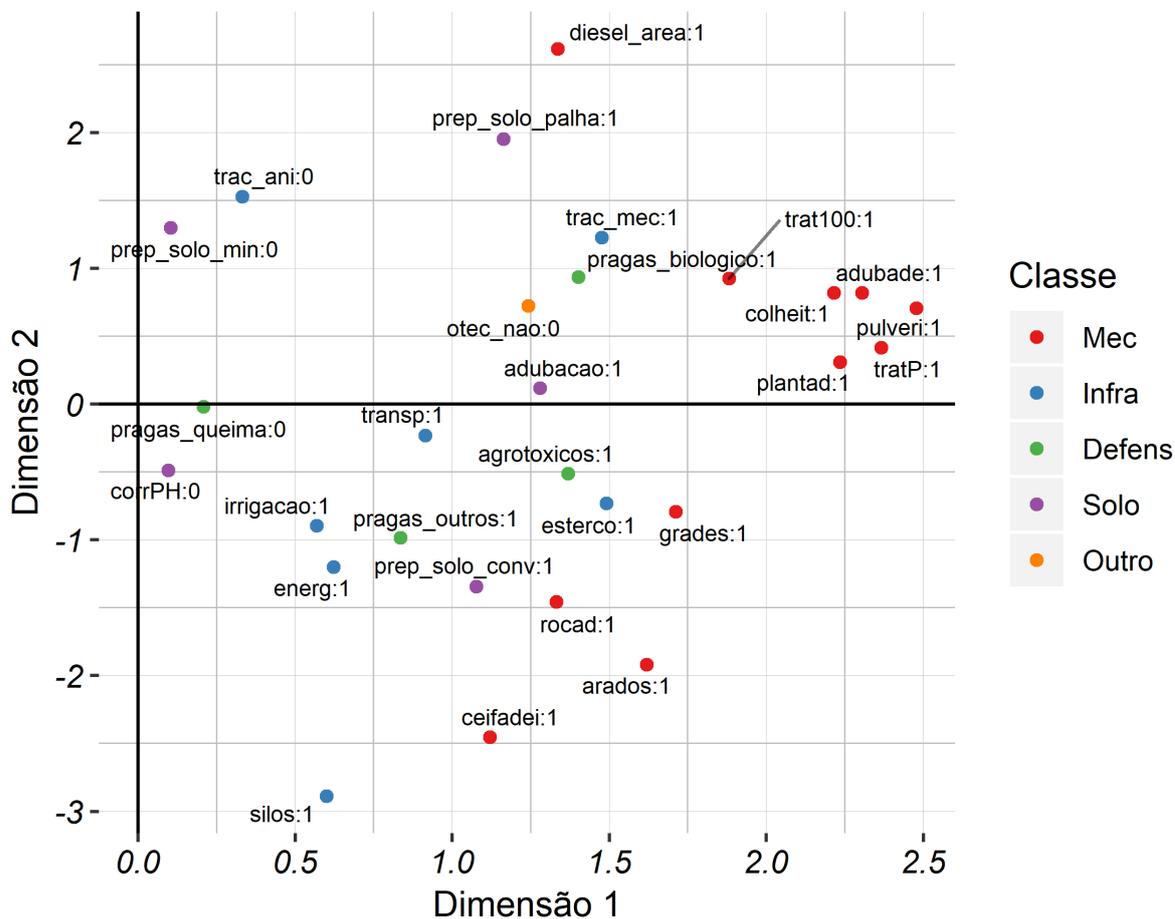


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

No plano, cada ponto representa uma categoria de uma variável. Assim, quando duas categorias se aproximam, é possível afirmar que essas categorias têm uma relação forte entre si e geralmente ocorrem simultaneamente nas mesmas microrregiões. Por exemplo, se a categoria 1 da variável adubação (que indica intensidade no uso de adubação) aparece próxima da categoria

1 da variável agrotóxicos, é possível dizer que regiões que são intensivas no uso de adubo tendem a ser intensivas também no uso de agrotóxicos.

Figura 15 – Resultado do método *HOMALS* para as variáveis - apenas quadrantes 1 e 4



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Nesse gráfico, em relação à dimensão 1 (eixo x) fica clara a formação de dois grupos, um à direita do gráfico, com valores maiores para essa dimensão, e outro à esquerda, com valores negativos. Aqui está o resultado mais importante que o modelo apresentou: a dimensão 1 expressa claramente intensidade tecnológica. Isso fica evidente quando se observa que todas as categorias que aparecem à direita são referentes à presença de intensidade tecnológica. À medida que caminhamos para valores negativos, nessa dimensão, começam a surgir as categorias marcadas com zero, o que indica que aquelas técnicas de produção não são utilizadas. Ou seja, nessa perspectiva quanto maior o valor da dimensão 1, mais tecnologia aquela categoria está indicando<sup>5</sup>.

Para melhor visualização, isolamos os quadrantes 1 e 4 na figura 15. O que chama atenção é a proximidade entre as variáveis de mecanização (em vermelho), no primeiro quadrante da

<sup>5</sup> Os valores originais da dimensão 1 obtidos pela aplicação do método foram multiplicados por -1 para que, quanto maior a intensidade tecnológica, maior o valor dessa dimensão

imagem. Há uma proximidade entre o uso de pulverizadores, plantadeiras, colheitadeiras e tratores. Essa proximidade faz sentido, uma vez que esse tipo de maquinaria é utilizado em produções de mecanização intensiva, como é o caso das culturas de soja, milho, trigo, aveia entre outros. Estabelecimentos que realizam esses cultivos usualmente necessitam desse maquinário completo para sua operação. Ainda no primeiro quadrante é possível identificar a presença de orientação técnica e uso de tração mecânica, todas variáveis que condizem com a produção de maior escala. Além disso, é possível encontrar na parte superior, a intensa utilização de óleo diesel, que condiz com as variáveis de mecanização desse quadrante, e o uso de plantio direto na palha, que é uma utilizada no cultivo da soja, por exemplo.

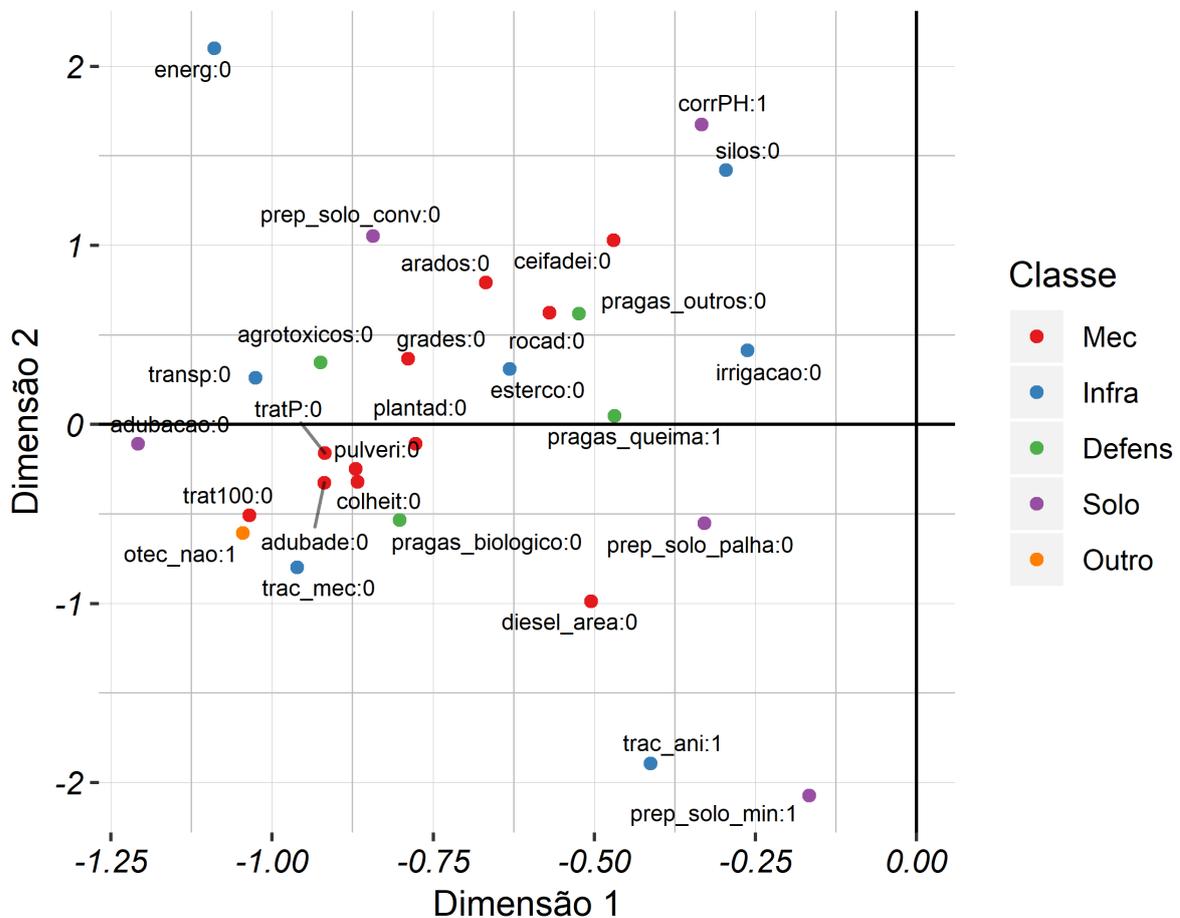
No quarto quadrante (inferior direito) também é possível encontrar sentido nos resultados encontrados. Outra vez aparece proximidade entre variáveis de mecanização, como grades, roçadeiras, arados e ceifadeiras. Isso conjuntamente com a preparação convencional do solo, que é feita com aração e gradagem. Tal tipo de tecnologia é usada para inúmeros tipos de culturas, e essa espécie de maquinaria, que não é de grande porte, é algo usual em médias propriedades mecanizadas. Além disso, note-se que há uma proximidade entre o uso de irrigação e a presença de energia elétrica. Isso deve-se ao fato de que vários sistemas de irrigação carecem de intenso uso de energia elétrica.

O uso de adubação, agrotóxicos e de transporte, que são variáveis com uma distribuição mais uniforme em torno da média, aparecem com valores positivos na dimensão 1, o que aproxima essas categorias de outros que indicam maior acesso à tecnologia. Entretanto, na dimensão 2 elas apresentam proximidade do eixo zero. Pode-se especular que essas três categorias são, portanto, componentes básicos de toda produção que tem um acesso relativamente maior à tecnologia. Por fim vale dizer que as variáveis de tração animal, preparação do solo mínima e controle de pragas com queimadas, que são técnicas mais rudimentares, aparecem nesses quadrantes com o valor zero, corroborando a ideia de que estão apresentadas com valores positivos na dimensão 1 as categorias que indicam maior nível de tecnologia.

Na figura 16 também são apresentados separadamente os quadrantes 2 e 3 para melhor visualização. A primeira coisa que chama atenção é que as categorias desse quadrante indicam, na sua grande maioria, a ausência do uso intensivo das tecnologias elencadas, com exceção da utilização de correção do PH do solo e o controle de praga por queimadas. O agrupamento entre as demais variáveis é mais coeso em relação aos demais quadrantes. Aqui tal coesão indica algo interessante: se uma região não possui intensidade em um tipo de tecnologia é provável que essa região não possua intensidade nas outras tecnologias, dado que as categorias (ter intensidade na tecnologia ou não ter) aparecem mais próximas quanto mais comum for encontra-las juntas. Evidente que mesmo assim há grande heterogeneidade, porém quando comparamos com os quadrantes anteriormente analisados, em que havia uma diferenciação evidente entre grupos, percebemos que aqui não existe uma divisão clara de agrupamentos.

Chama atenção o descolamento da variável de energia elétrica, o que indica que não

Figura 16 – Resultado do método *HOMALS* para as variáveis - apenas quadrantes 2 e 3



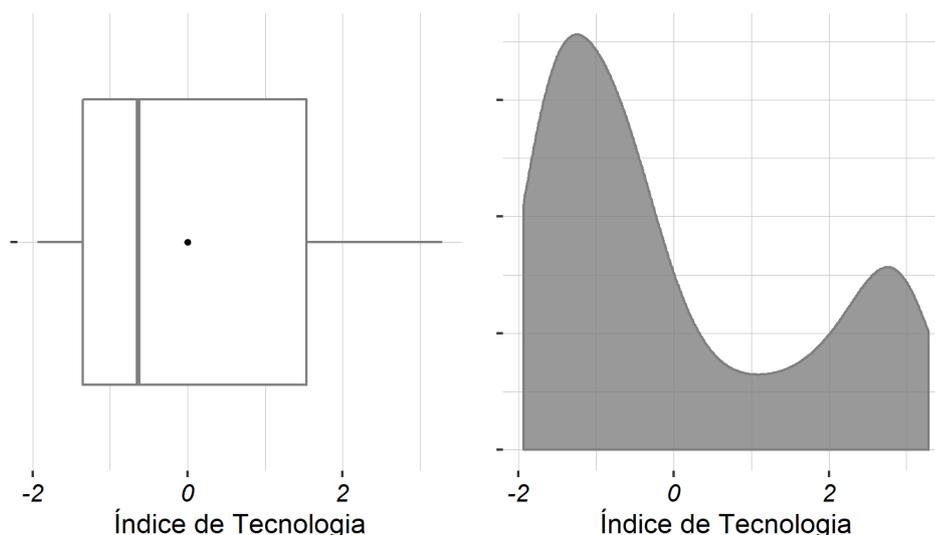
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

ter energia não está associada com alguma outra característica específica, diferentemente de não possuir plantadeiras, por exemplo, que está próximo de não possuir grades, tratores, colheitadeiras, não usar agrotóxicos, entre outros. Ou seja, a percepção geral permite apontar dois grandes grupos de categorias: possuir tecnologia ou não possuir. Isso significa que ao observar as microrregiões, espera-se verificar dois grupos muito diferentes entre si, sendo um deles detentor da grande maioria das tecnologias e outro com ausência da grande maioria das tecnologias, refletindo a heterogeneidade tecnológica que se argumenta existir na economia brasileira. Não seria verificado um cenário de grande heterogeneidade caso a distribuição das categorias ocorresse de forma suave, sem ser possível identificar agrupamentos nítidos, ou todas as categorias estivessem concentradas em um mesmo grupo, ou ainda caso esses agrupamentos mostrassem uma composição aleatória de categorias, indicando correlações próximas entre ausência e presença de tecnologias.

### 2.2.2.2 Resultados para as microrregiões

Levando em conta os resultados para as variáveis, e a interpretação proposta acima, deve-se avaliar como a dimensão 1 encontrada na análise multivariada se comporta em cada microrregião. Uma vez que a dimensão 1 é responsável por 95,43% da variância dos novos indicadores <sup>6</sup>, a partir desta seção, essa dimensão será denominada de "Índice de Tecnologia".

Figura 17 – Boxplot e densidade de kernel do índice de tecnologia da agropecuária

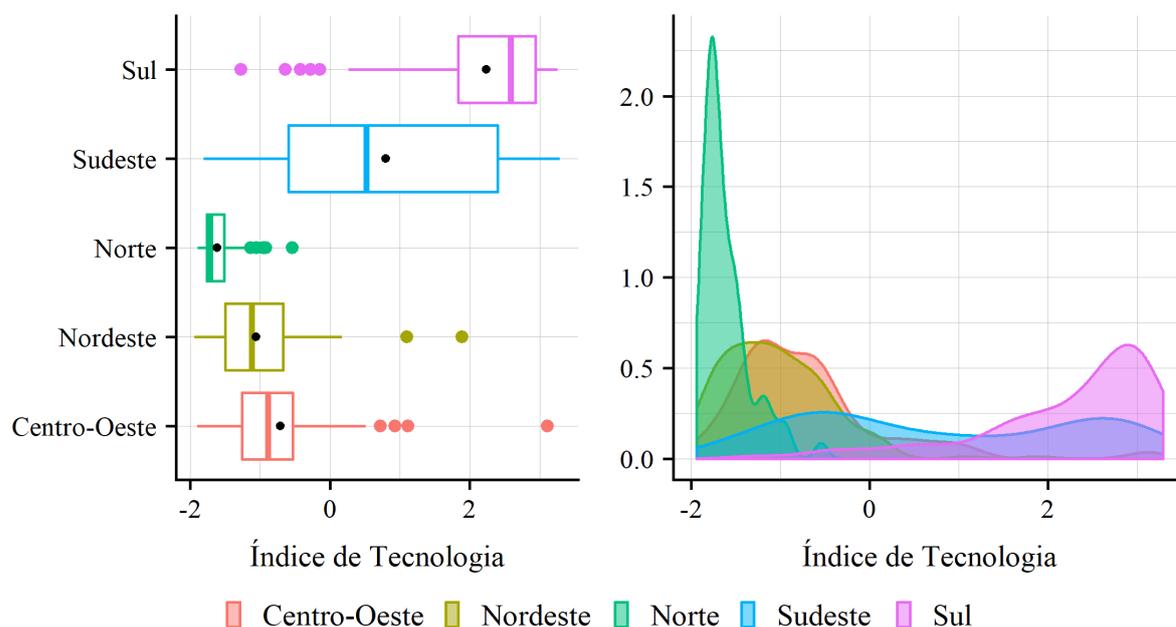


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Inicialmente, a figura 17 permite realizar a avaliação da distribuição do índice de tecnologia para o país. É possível perceber que existem regiões com os mais variados níveis tecnológicos, com a predominância de uma distribuição assimétrica à direita, ou seja, existem um número maior de regiões que apresentam um baixo índice de tecnologia. A não uniformidade da distribuição é um indício de que, como diz a hipótese de heterogeneidade tecnológica, algumas regiões com condições específicas conseguiram se apropriar dos avanços tecnológicos, enquanto outras não. O formato dessa distribuição é curioso, pois à primeira vista é possível dividir em três distribuições distintas: uma com valores entre -2 e 0 (baixa tecnologia), outra com valores entre 0 e 2 (tecnologia intermediária) e a terceira com valores maiores que 2 (alta tecnologia). Chama atenção que os grupos de baixa e alta tecnologia tem uma frequência maior que os grupo de tecnologia intermediária. Não contamos com dados longitudinais para avaliar processo de convergência ou divergência tecnológica entre as regiões, porém essa separação dá indícios de que pode haver certa divergência ao longo do tempo entre as regiões que acessam a tecnologia, lembrando processos os processos causação circular de Myrdal. É uma hipótese que carece maiores estudos.

<sup>6</sup> Lembrando que dimensão 1 representa 83.7% da variância do sistema original e a dimensão 2 representa apenas 4%

Figura 18 – Boxplot e densidade de kernel do índice de tecnologia da agropecuária por região



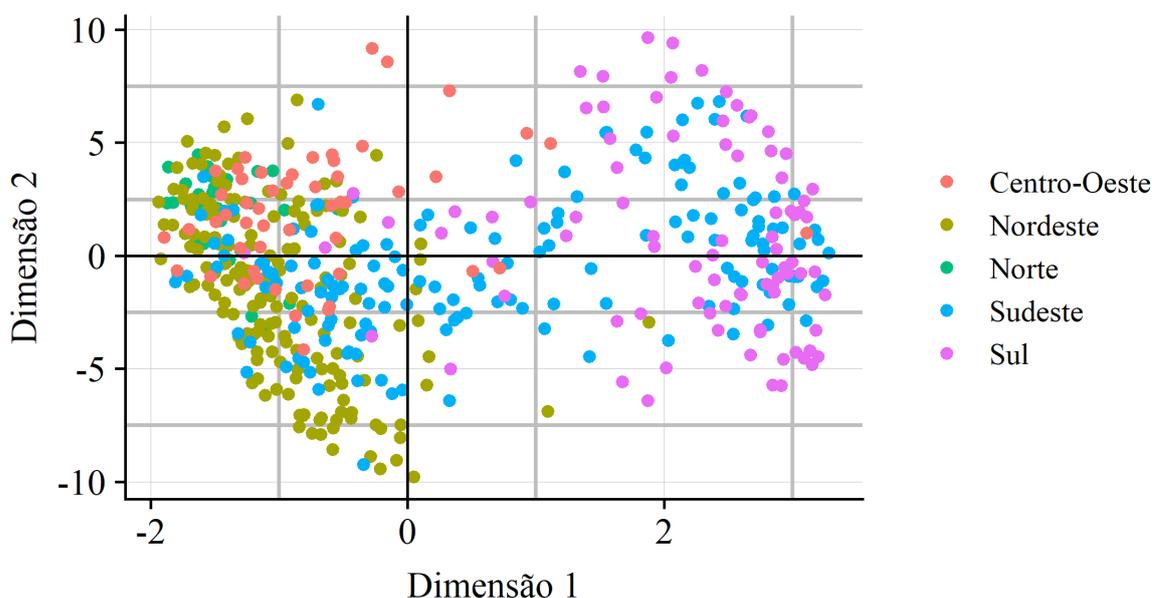
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

A figura 18 permite compreender melhor a distribuição do indicador de tecnologia no país. A primeira observação importante é que a diferença tecnológica entre as regiões é grande. A região Sul, além de ser a única que apresenta uma clara distribuição com assimetria à esquerda, indicado que há predominância de regiões com alto nível tecnológico, também apresenta a maior média para o indicador. A região Sudeste aparece em segundo lugar, contando com a maior variabilidade entre as regiões, o que significa a existência de regiões com alto conteúdo tecnológico e regiões de baixo conteúdo. As outras três regiões contam com níveis tecnológicos muito menores, na média. As regiões Centro-Oeste e Nordeste aparecem com distribuições semelhantes, porém a primeira demonstra que na média tem um índice tecnológico maior. Por fim, a região Norte mostra uma enorme discrepância em relação às demais, com a grande maioria de suas microrregiões apresentando baixíssimo índice de tecnologia.

A visualização da figura 19 permite verificar a distribuição das microrregiões em comparação à distribuição das variáveis que foram apresentadas antes, pois se mostra tanto a dimensão 1 (índice de tecnologia) como a dimensão 2. À direita da figura há maior presença das microrregiões do Sul e do Sudeste, que pela nossa interpretação são associadas com maiores níveis tecnológicos. Enquanto isso, os quadrantes à esquerda, com valores baixos que indicam baixa intensidade tecnológica, são dominados pelas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Muitas microrregiões do Sudeste, entretanto, também aparecem na parte esquerda da figura. Portanto, corroborando a análise das distribuições é possível visualizar que as regiões de mais alta tecnologia na agricultura brasileira são do Sul e do Sudeste do país.

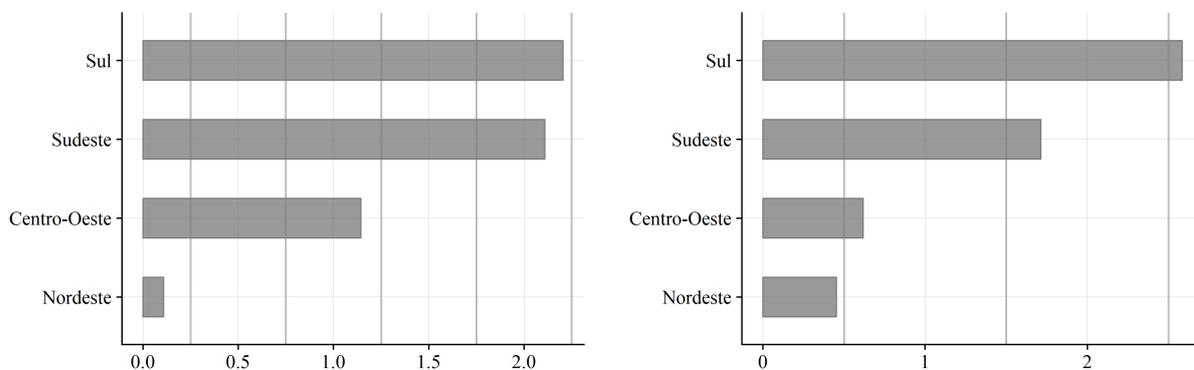
Essa interpretação condiz com os fatos estilizados que apontam as regiões de agricultura

Figura 19 – Resultado do método *HOMALS* para as microrregiões



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Figura 20 – Média do índice de tecnologia da agropecuária por região e por quadrantes selecionados



a) Apenas primeiro quadrante

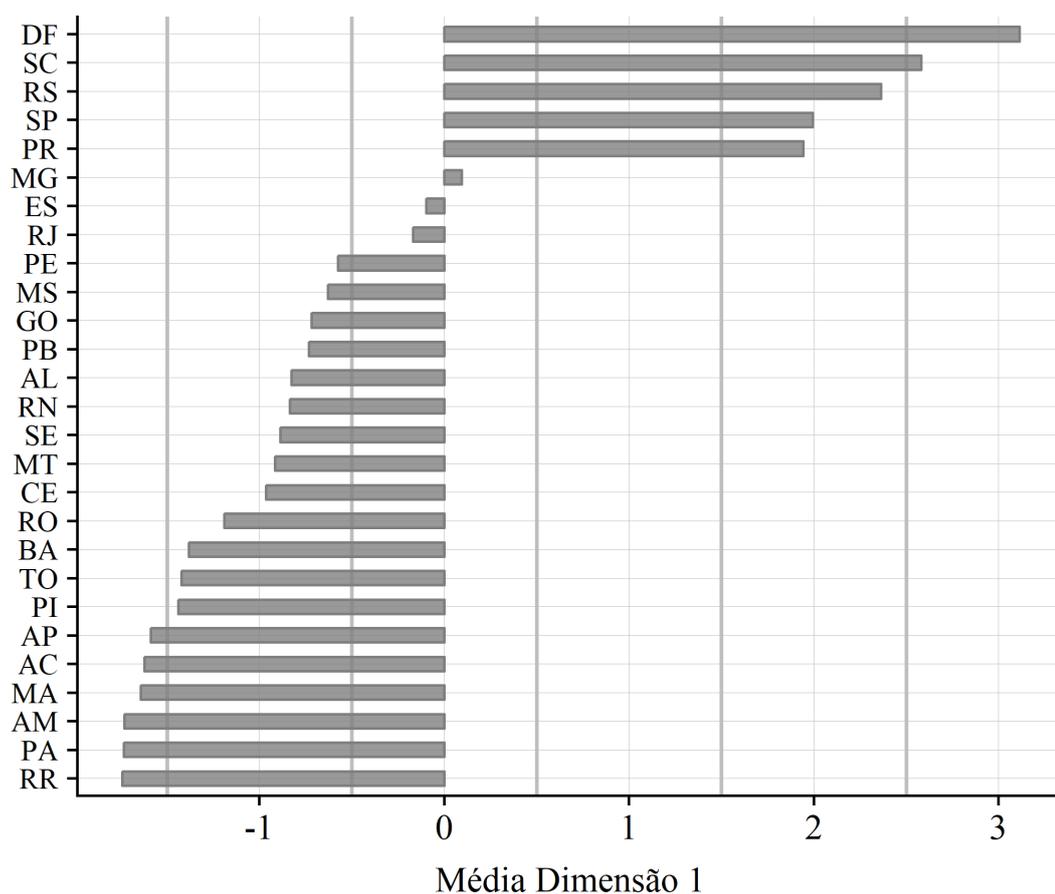
b) Apenas quarto quadrante

Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

mais "atrasadas" como pertencentes às regiões Norte e Nordeste, enquanto a agricultura "moderna" estaria presente nas regiões Sul e Sudeste. O resultado inesperado é que as microrregiões do Centro-Oeste apareçam majoritariamente à esquerda da figura, indicando baixa tecnologia e, especialmente, baixa mecanização. É um resultado inesperado porque essa região tem hoje importante participação na produção dos grãos exportados pelo Brasil, cuja produção necessita de alto nível de mecanização. Uma possível explicação é que a expansão da produção de grãos no Centro-Oeste tenha sido maciça no período de *boom das commodities*, que persistiu até a década posterior ao Censo 2006, de forma que a base de dados não tenha captado esse fenômeno, pela sua desatualização.

Essa última possibilidade ganha força sob dois argumentos. O primeiro, baseado nas evidências estatísticas, é que, ao observar a distribuição espacial de cada tecnologia individualmente (mapas disponíveis no apêndice), pode-se perceber que o Centro-Oeste realmente ocupa uma posição intermediária na maioria das tecnologias, não apresentando tanta intensidade quanto Sul e Sudeste, mas com maior intensidade tecnológica do que Norte e Nordeste. Esse efeito é muito claro nas variáveis de mecanização, cujo peso na formação do índice é grande (como se pode ver na tabela de *scores* do HOMALS no apêndice). O segundo argumento, de cunho teórico, é que, devido à maior disponibilidade de terras e possibilidade de expansão da fronteira agrícola, na região Centro-Oeste (e também Norte) seria mais interessante aos agricultores ampliar a quantidade de terras em que se produz, devido aos baixos preços da terra, do que investir em tecnologia que amplie a produtividade por hectare. Essa lógica justificaria os altos níveis de incorporação tecnológica no Sul e no Sudeste, em que não há fronteira agrícola a ser explorada.

Figura 21 – Média do índice de tecnologia da agropecuária por unidade federativa

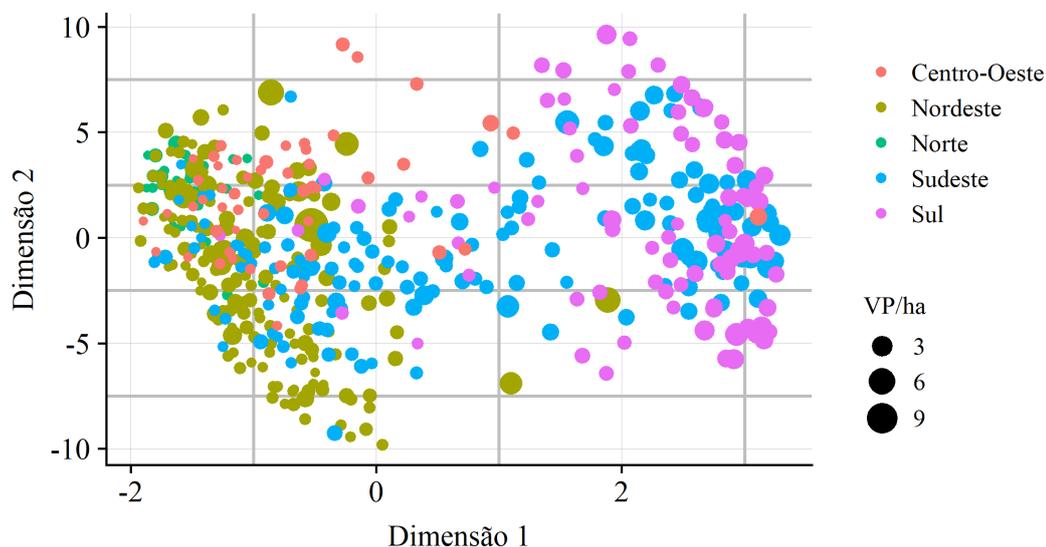


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Vale observar também algumas peculiaridades sobre quem ocupa cada quadrante. No primeiro gráfico da figura 20 são apresentadas as médias da dimensão 1, por regiões, considerando apenas as microrregiões que estão no primeiro quadrante, que como foi argumentado antes, mostra a proximidade entre indicadores de mecanização, principalmente. Nesse caso, a

região Centro-Oeste, marcada pela produção de grãos, tem uma média maior do que quando consideramos os demais quadrantes. Ao mesmo tempo, nenhuma microrregião da região Norte encontra-se nessa área.

Figura 22 – Resultado do método *HOMALS* para as microrregiões e valor de produção por hectare



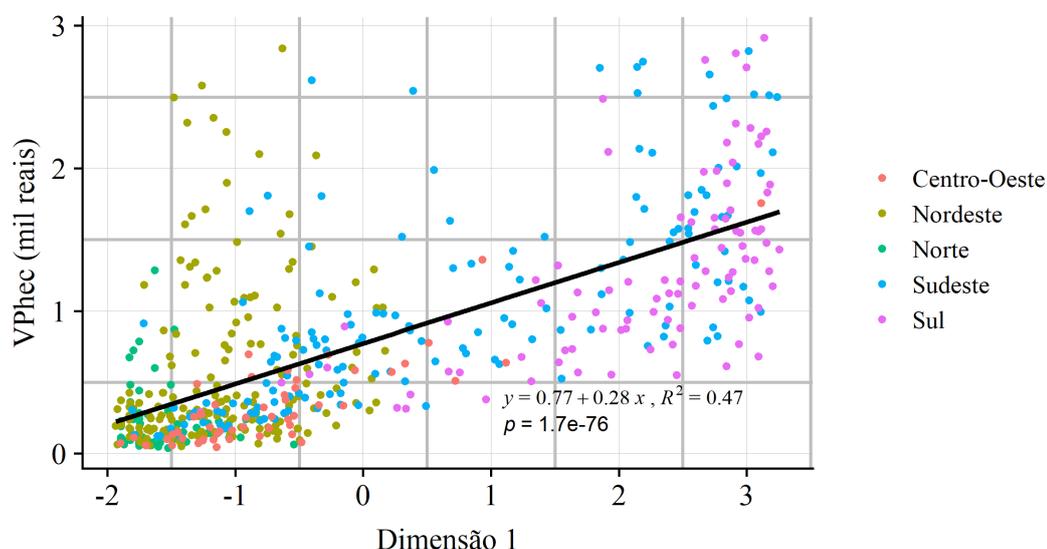
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

O segundo gráfico da figura 20, por sua vez, considera apenas as microrregiões presentes no quarto quadrante. Como havia sido dito, essa parte do gráfico também apresenta categorias que indicam forte mecanização, entretanto não remete necessariamente à produção com grandes escalas. Segundo essa lógica é possível compreender a queda da média da região Centro-Oeste, que é marcada pela produção de larga escala. Já o Sul do país se mantém com uma média alta de mecanização, justamente porque nessa região há forte presença do pequeno e médio agricultor que utiliza maquinaria, ou do que [Schneider \(2010\)](#) chama de agricultor familiar integrado aos mercados.

Na figura 21 é ampliado o escopo e são apresentadas as médias do índice de tecnologia por Unidade Federativa, voltando a considerar todos os quadrantes. Excetuando o distrito federal, que tem a peculiaridade de apenas apresentar uma microrregião, as demais unidades seguem o padrão esperado. As unidades com maior tecnologia na produção agrícola são os estados do Sul e Sudeste, entretanto o estado de Pernambuco aparece com um bom indicador. Deve-se destacar que os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte e Sergipe aparecem com indicadores melhores que o Mato Grosso, mesmo que na média por região o Centro-Oeste esteja melhor.

Por fim, devemos destacar que o desenvolvimento de um índice de tecnologia para a agricultura brasileira abre perspectiva para a investigação de diversos problemas relevantes. Apenas para instigar pesquisas futuras, são apresentadas as figuras 22 e 23. Na figura 22 o

Figura 23 – Relação entre índice de tecnologia da agropecuária e valor de produção por hectare



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

tamanho dos pontos foi diferenciado pelo valor de produção por hectare das microrregiões. Na figura 23 foram plotados no eixo x o índice de tecnologia e no eixo y o valor de produção por hectare<sup>7</sup>. Fica evidente que se abrem novas perguntas de pesquisa, pois há forte indício de correlação entre os maiores níveis de intensidade tecnológica das microrregiões e maior valor de produção por hectare. Essa é uma relação esperada, pois o incremento de tecnologia surge justamente para aumentar a produtividade. Nesse caso, a medida de produtividade por hectare representa uma medida de produtividade da terra<sup>8</sup>.

### 2.2.3 Análise exploratória de dados espaciais

Por fim, abaixo é analisada a existência de autocorrelação espacial no indicador de tecnologia desenvolvido. Como foi descrito na metodologia, calculamos dois indicadores para verificar autocorrelação espacial: o I de Moran Global e o I de Moran Local. Para ambos utilizamos uma matriz de contiguidade do tipo rainha de primeira ordem.

Na figura 24 é apresentado o indicador de tecnologia nas microrregiões brasileiras. É possível perceber que as microrregiões do Sul e do Sudeste, em sua maioria, apresentam maiores índices de desenvolvimento tecnológico na agricultura. Destaca-se que a transição para microrregiões com menores índices no Nordeste inicia no norte de Minas Gerais e na região do Vale do Jequitinhonha, sendo predominante a baixa intensidade tecnológica nas microrregiões do semiárido. Fica claro que, no Nordeste, quanto mais próximo do litoral e das capitais, maior a

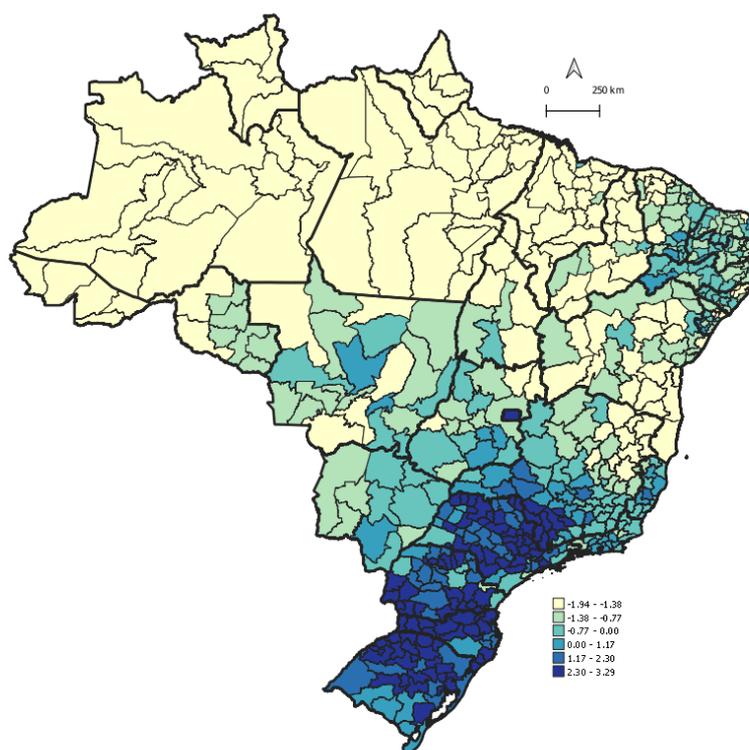
<sup>7</sup> Na figura 23 foram retirados 19 outliers em que o valor de produção por hectare era maior do que 3 mil reais

<sup>8</sup> Foram obtidos resultados semelhantes para a relação entre tecnologia e valor de produção por pessoal ocupado, que é uma medida de produtividade do trabalho

intensidade tecnológica. Para o Norte, a redução dos índices de tecnologia começa no estado do Mato Grosso.

É válido destacar que o trabalho de [Souza et al. \(2018\)](#), que utiliza as mesorregiões brasileiras, uma quantidade maior de variáveis e a divisão entre agricultura familiar e não familiar, encontrou resultados muito semelhantes em termos da distribuição da tecnologia no longo do território brasileiro. Além disso, o trabalho de [Marconato, Larocca e Quintanilha \(2012\)](#), que faz análise de autocorrelação espacial para algumas variáveis tecnológicas da agropecuária também apresenta resultados finais semelhantes ao encontrado neste capítulo. Isso atesta a robustez do método aplicado neste trabalho.

Figura 24 – Distribuição espacial do índice de tecnologia da agropecuária entre as microrregiões brasileiras

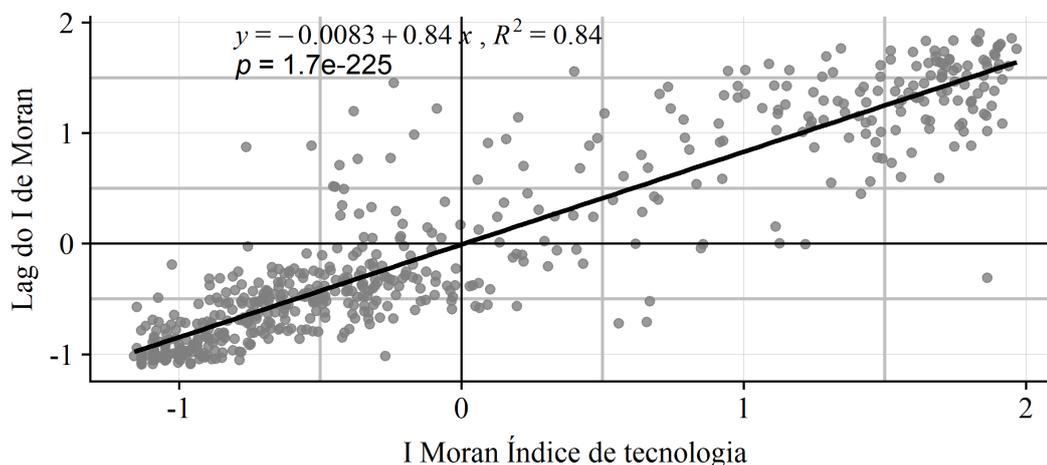


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

É fundamental estar atento ao fato de que a distribuição de tecnologia apresentada é sempre uma comparação entre todas as microrregiões brasileiras, de forma que as grandes diferenças serão percebidas somente observando o território nacional como um todo. A maior homogeneidade de alta tecnologia entre as microrregiões Sul e Sudeste e de baixa tecnologia entre as regiões do Norte provavelmente não seriam constatadas caso o recorte utilizado fosse apenas uma dessas regiões. Ou seja, caso se queira avaliar alguma região ou estado de forma mais específica, é necessário aplicar o método considerando somente as microrregiões ou municípios daquela região. Exemplo disso é o estado do Rio Grande do Sul, em que a metade sul do estado

aparece com um nível de intensidade tecnológica alto quando comparado com as regiões do Norte e Nordeste, entretanto é sabido que as discrepâncias existentes dentro do estado, quando se compara as regiões do norte e do sul do Rio Grande do Sul, são muito maiores.

Figura 25 – I de Moran do índice de tecnologia da agropecuária



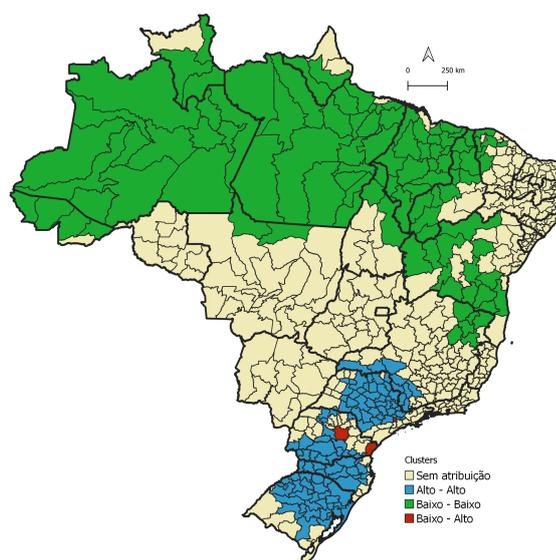
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

A partir desse primeiro mapa já é esperado que haja algum padrão de distribuição espacial. Para validar essa perspectiva é apresentado o resultado do índice I de Moran global, que considera o padrão de distribuição espacial geral. O indicador apresentou um valor de próximo de 0,84, e rejeitou a hipótese nula de aleatoriedade na distribuição espacial do indicador, com p-valor menor que 1%, pelo exercício de simulação de aleatoriedade. Visualizando os valores apresentados no gráfico 25, é possível perceber muitas aglomerações com valores baixos para o I de Moran e para seu lag, o que indica a formação de aglomerados do tipo baixo-baixo, em que regiões de baixa intensidade tecnológica são cercadas de regiões que também tem baixa intensidade tecnológica e, analogamente, a presença de uma concentração de pontos com valores elevados nos dois eixos indica aglomerados de regiões que são de alta intensidade tecnológica e cuja média dos vizinhos também indica alta intensidade tecnológica.

Somente a partir desse resultado já é possível saber que o padrão que será encontrado é haver um grande número de microrregiões que pertencem a aglomerados desses dois tipos. No segundo quadrante a maioria das microrregiões estão próximas aos eixos, indicando que as microrregiões de baixa tecnologia (valor do eixo x baixo) cuja média dos vizinhos mostra alta tecnologia (valor do eixo y alto) provavelmente não apresentarão significância para serem consideradas clusters quando confrontadas com a simulação de aleatoriedade. Já no quarto quadrante é possível notar pelo menos uma microrregião que conta com um valor muito alto do I de Moran da intensidade tecnológica mas cujos vizinhos apresentam um I de Moran relativamente baixo. Na figura 26 é apresentado o resultado o I de Moran local que permite visualizar a significância desses pontos quando confrontados com uma distribuição espacial aleatória.

Utilizando um filtro de significância de 1%, é possível visualizar uma série de aglomerados. Nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, na região do Sul de Minas Gerais e no Triângulo Mineiro é possível identificar *clusters* do tipo Alto-Alto, em que regiões com alto índice de tecnologia estão cercadas por outras regiões com alto índice de tecnologia. Foram identificadas três microrregiões - Telêmaco Borba (PR), Paranaguá (PR) e Osasco (SP) - como aglomerados do tipo Baixo - Alto, em que essas regiões apresentam baixos índices de tecnologia e são rodeadas microrregiões com índices maiores. Os aglomerados do tipo baixo-baixo, por sua vez, podem ser identificados na região norte de Minas Gerais, mais especificamente na região do Vale do Jequitinhonha, na região sul da Bahia e se estendem por praticamente todo o território da região Norte do Brasil, passando essencialmente por várias microrregiões que pertencem ao sertão nordestino.

Figura 26 – Aglomerados de microrregiões por intensidade tecnológica



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Além dessa visão geral é possível observar duas questões específicas interessantes. Primeiro que nos resultados a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) é indicada como contendo muitas aglomerações de baixa tecnologia, algo que possivelmente será alterado caso seja realizado esse exercício com os dados do Censo Agropecuário de 2017, que ainda não foi divulgado, pois é uma região que passou por diversas modificações nos últimos anos, principalmente pela expansão da produção de grãos. Uma segunda observação interessante é que o estado de Minas Gerais é o único que conta tanto com aglomerados de alta como de baixa tecnologia. Esse é um fato interessante porque, como foi argumentado, as diferenças nessa aplicação são sensíveis em uma análise do Brasil como um todo. A identificação desses clusters dentro de um mesmo estado indica que as discrepâncias internas são extremamente elevadas entre o norte e o sul do estado, inclusive considerando todo o padrão brasileiro.

## 2.3 Considerações Finais

No presente capítulo buscou-se compreender melhor a dispersão da tecnologia utilizada na agricultura do Brasil. Para tal, foi desenvolvido um índice de tecnologia da agropecuária, contando com 28 variáveis referentes ao ano de 2006.

Como resultados do capítulo é possível apontar que: i) as microrregiões e os estados com maior intensidade tecnológica na agricultura estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste; ii) as microrregiões e os estados com menor intensidade tecnológica na agricultura estão concentrados no Norte do país, seguidos pelos estados do Nordeste; iii) existem aglomerados de intensidade tecnológica do tipo alto-alto no Sul e Sudeste e do tipo baixo-baixo no Norte e parte do Nordeste, indicando uma distribuição não aleatória da tecnologia no espaço; iv) Minas Gerais foi a única unidade federativa que apresentou tanto aglomerados de alta intensidade tecnológica, no sul do estado, como de baixa intensidade tecnológica, na região do Vale do Jequitinhonha.

A análise da distribuição espacial da tecnologia apresentou um resultado geral muito importante: a heterogeneidade tecnológica existente no Brasil é perceptível quando avaliada em termos regionais. É possível que exista uma grande heterogeneidade tecnológica entre os estabelecimentos dentro de cada região, entretanto há uma evidência muito forte que ela não ocorre somente entre diferentes estratos sociais, pois quando se avalia o agregado das regiões é possível afirmar que há uma forte assimetria na distribuição de tecnologia.

Mapear a assimetria tecnológica permite reforçar a importância da tecnologia na explicação das desigualdades regionais na agropecuária, entretanto, ficam algumas lacunas importantes. A primeira delas é que não é possível visualizar qual a natureza dos produtos presentes em cada microrregião que estão associados à maior intensidade tecnológica. Esse é um questionamento válido uma vez que na avaliação da estrutura produtiva dos países e dos rumos de desenvolvimento possíveis, há um grande peso da literatura que associa o maior desenvolvimento tecnológico à natureza da produção industrial. A abordagem kaldoriana, que aponta tal setor como o principal gerador de tecnologias e propagador de progresso técnico na economia, tem uma influência fundamental em toda a concepção desenvolvimentista que enxerga as modificações na estrutura produtiva dos países subdesenvolvidos como um pré-requisito para o desenvolvimento. A natureza do processo produtivo dos bens industriais, em especial aqueles de alta tecnologia é o ponto fundamental. Assim, carece uma avaliação mais completa para verificar se existem produtos na agropecuária que têm um papel mais importante na dinamização das economias locais.

Além disso, não foi possível inferir sobre a relação entre a heterogeneidade tecnológica e os níveis de diversificação ou especialização das microrregiões, pois tal exercício também carece de uma visão mais abrangente sobre quais bens que são produzidos em cada local. Tal questionamento é fundamental pois há uma ideia muito comum, mas não necessariamente correta, de que os produtos agropecuários que estão associados a maiores níveis tecnológicos são aqueles cuja produção é possível em grande escala, geralmente representada pela produção

de grãos. Usualmente é atribuído como consequência o incentivo a tais culturas, pois sendo mais tecnológicas elas abririam espaço para ganhos de produtividade consistentes. Devido à isso, a diversificação produtiva na agropecuária não teria um papel importante para o desenvolvimento econômico, mesmo que muitas vezes seja concebida a importância da diversificação para ganhos em termos sociais. Questiona-se: será que essas relações apontadas são válidas?

É nesse sentido que, nos próximos capítulos, buscar-se-á conectar uma visão consolidada sobre a estrutura produtiva explorada neste capítulo, que frisa a tecnologia como responsável pelos diferenciais de produtividade e da estrutura produtiva entre as regiões, com os instrumentos da complexidade econômica que já se sabem terem trazido importantes ganhos para o entendimento de qual a relação entre a diversificação da estrutura produtiva dos países e do seu nível de diversificação com os diferenciais de desenvolvimento ao redor do mundo. Quer-se explorar se as regiões de maior tecnologia estão relacionadas a determinados produtos e a maiores níveis de diversificação (ou à especialização em determinados bens agropecuários).

# 3 Espaço de produtos da agropecuária brasileira

## 3.1 Introdução

Neste capítulo é realizada uma análise exploratória sobre o espaço de produtos da agropecuária brasileira. Tal análise tem dois objetivos fundamentais: i) verificar se o espaço de produtos da agropecuária no Brasil segue a mesma lógica organizativa do espaço de produtos de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#); e ii) verificar se o espaço do produtos pode contribuir para ampliar o entendimento da heterogeneidade estrutural da agricultura brasileira.

Para tal, na primeira seção é apresentada a metodologia utilizada para construir o *product space* – baseada amplamente em [Hidalgo et al. \(2007b\)](#), [Hidalgo e Hausmann \(2009b\)](#) e [Hausmann et al. \(2014\)](#). Na segunda seção são avaliados os resultados obtidos a partir de duas perspectivas: em um primeiro momento se quer entender a organização do espaço de produtos desenvolvido, observando a composição dos grupos e o posicionamento dos produtos na rede; após, são analisados onde está concentrada espacialmente a produção dos principais grupos de produtos da rede, bem como de que forma os produtos se relacionam com diversos indicadores socioeconômicos, através das médias desses indicadores para todas das microrregiões que produzem cada produto.

É importante ressaltar que algumas opções metodológicas são detalhadas juntamente à apresentação dos resultados. Tal divisão é um imperativo da natureza dos objetivos desse trabalho, pois ao propôr explorar as possibilidades da utilização de um instrumento para analisar um problema de uma natureza diferente das questões que usualmente são alvo desse instrumento, espera-se que sejam necessárias ponderações na metodologia, que se devem justamente à ineficiência dos resultados obtidos quando da realização do exercício seguindo o método tal qual sua proposição original.

No caso em questão, como um dos objetivos do trabalho é caracterizar heterogeneidade estrutural da agropecuária, visualizando as estruturas produtivas a partir dos produtos produzidos nas regiões, um ponto de extrema importância consiste na identificação de grupos de produtos na rede, através do métodos de clusterização, uma vez que analisar cada produto individualmente tornaria o trabalho ininteligível. Tal exercício realizado sobre a rede de produtos não encontrava base de comparação em trabalhos anteriores, de forma que as primeiras aplicações precisaram ser ajustadas para serem compatíveis com o problema que se buscava analisar. Nessa questão específica, o fato dos algoritmos de clusterização não considerarem o peso das conexões entre os produtos para realizar a identificação de comunidades demandou adaptações na própria rede, que mantiveram as principais características do grafo inicial construído pela lógica da

abordagem da complexidade, mas permitindo o prosseguimento do trabalho e obtenção de resultados importantes.

Outro exemplo das dificuldades encontradas no capítulo, que exigiu descrições metodológicas paralelamente à apresentação de alguns resultados, foi a ausência de uma classificação tecnológica dos produtos agropecuários que dialogasse com a base de dados do Censo Agropecuário, que teria função importante na avaliação da robustez dos resultados, seguindo o que foi realizado em [Hidalgo et al. \(2007b\)](#). Isso foi contornado pelas análises visuais da rede de produtos, bem como pela exploração da relação entre os produtos e outras variáveis, principalmente a relação entre os produtos e o nível tecnológico das microrregiões, através do indicador desenvolvido no capítulo anterior. É justamente no trabalho de resolução de questões como essas que reside o mérito do estudo e é devido a isso que se deve o adjetivo de exploratório ao trabalho realizado.

Além disso, é válido destacar que uma das contribuições deste capítulo é a utilização de dados que permitem explorar a espacialidade da rede de produtos, pois a dinâmica regional da complexidade econômica ainda é algo que carece maior aprofundamento no campo dos estudos de desenvolvimento econômico. A utilização do Censo Agropecuário permite visualizar o setor econômico a partir do valor de produção individual de cada produto agropecuário dentro de um leque considerável de produtos, cujo destino é tanto o mercado interno como o externo, bem como permite a desagregação dos dados desde municípios até as grandes regiões brasileiras.

Por fim, é válido dizer que existe uma pergunta mais ampla que permeia o estudo e cuja resposta é subjacente aos resultados encontrados nesse capítulo e dependerá muito da avaliação que o leitor os atribuir: a análise de redes pode ser uma ferramenta útil para analisar o desenvolvimento regional assim como o foi para analisar o desenvolvimento econômico em nível agregado nos trabalhos da complexidade econômica? É evidente que essa questão só será respondida ao longo do tempo, quando for possível verificar se metodologias semelhantes à utilizada aqui avançaram e constituíram-se como ferramentas importantes desse campo de estudos, assim como hoje são a econometria espacial e os métodos de análise multivariada. Espera-se, porém, que esse trabalho possa dar um passo inicial na apresentação de uma resposta afirmativa à essa questão, a partir da corroboração da hipótese de pesquisa inicialmente apresentada.

## 3.2 Metodologia

### 3.2.1 Descrição e tratamento da base de dados

A base de dados utilizada foi o Censo Agropecuário 2006 do IBGE <sup>1</sup>. Foram coletados dados para as 558 microrregiões brasileiras e todos os 291 produtos disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Desses 291 produtos, 4 apresentaram valor de produção igual a zero e por isso foram retirados da base de dados.

A escolha dessa base deve-se à disponibilidade de informações sobre produtos agropecuários que ela apresenta e o fato de considerar tanto a produção voltada ao mercado interno como para exportação. Se fosse estruturado o espaço de produtos utilizando dados de exportação de produtos agropecuários, como fez Ulimwengu, Badibanga et al. (2012), não seria possível captar aspectos importantes para o desenvolvimento econômico que dizem respeito à dinâmica regional, o que é um problema considerando que grande parte da produção agropecuária é voltada ao consumo interno. Seria possível utilizar pesquisas alternativas, como a Pesquisa Agrícola Municipal e a Pesquisa Pecuária Municipal, entretanto a quantidade de produtos disponível é muito menor, o que significa grande perda informacional, o que seria limitante do trabalho dado que a metodologia da complexidade carece de grande diversidade de categorias para ser aplicada.

O recorte regional escolhido é o microrregional. Essa escolha é basicamente por eliminação pois precisa-se de variabilidade no sistema e um número relativamente grande de observações. Se forem utilizadas unidades maiores, como grandes regiões ou unidades da federação, estar-se-á pressupondo que existe certa homogeneidade em regiões que são completamente heterogêneas. Por outro lado, ao utilizar unidades menores, como municípios, incorrer-se-á em grandes problemas de base devido à discrepância do tamanho das produções (problema que, em alguma medida, ocorre em qualquer recorte espacial), além de falta de informação devido ao critério de não individualização da produção adotado no Censo Agropecuário, em que unidades territoriais com menos de três informantes têm sua informação suprimido. Assim, o recorte mais interessante para o trabalho é por microrregiões ou por mesorregiões. Optou-se por utilizar as microrregiões pelo maior número de observações (558 microrregiões contra 137 mesorregiões).

O critério de não individualização leva à supressão da informação sobre alguns produtos. Além disso, o SIDRA não disponibiliza dados de alguns produtos para algumas regiões, de forma que não há indicação se a produção nesses locais é zero ou foi suprimida. Para os dois casos, optou-se por atribuir o valor zero às observações, pois é razoável supor que em ambos o valor faltante dos produtos seja pequeno em relação ao total do valor de produção da microrregião, pois caso esses valores fossem muito expressivos seria possível alegar que todo o valor de produção

<sup>1</sup> Uma questão que fica evidente é a desatualização dos dados. Entretanto, não é considerado um grande problema para o trabalho, uma vez que a maior contribuição esperada é explorar uma nova metodologia empírica para a análise da estrutura produtiva da agropecuária. O Censo Agropecuário 2017 está atualmente em elaboração, de forma que se espera estar com a metodologia consolidada para, na divulgação do novo Censo, realizar o trabalho de comparação entre os resultados de 2006 e 2017.

apresentado pelo Censo Agropecuário seria enviesado e a base de dados, de forma geral, não seria confiável. Além disso, dado o critério de corte pela vantagem comparativa revelada, que será apresentado posteriormente, pequenas variações no valor de produção de não apresentam grande influência nos resultados.

### 3.2.2 Construção do grafo

Ao construir a rede de produtos (também chamada de espaço de produtos ou *product space*) da agropecuária brasileira se quer verificar como os produtos se relacionam, pois se espera que isso revele características importantes sobre a economia. Partiu-se da mesma lógica apresentada por Hausmann et al. (2014), em que cada produto é visto como reservatório de uma série de conhecimentos e condições necessárias à sua produção e que podem ser encontrados naquela economia, como foi debatido na revisão de literatura.

Assumiu-se como pressuposto que se um produto é produzido em determinada região, é porque aquela região tem todos os elementos necessários à sua produção (que são denominados *capabilities*). Se é comum que dois produtos distintos sejam produzidos nas mesmas regiões, quer dizer, se é usual que eles sejam produzidos conjuntamente, supõe-se que esses produtos guardam certo grau de similaridade nas *capabilities* que sua produção requer. Assumindo isso, a similaridade entre dois bens pode ser inferida pelo número de microrregiões em que dois produtos são produzidos conjuntamente. Por exemplo, existem regiões que produzem só feijão, existem regiões que produzem somente soja e existem regiões que produzem feijão e soja. Assume-se que quanto maior for o número de regiões que produzirem feijão e soja, maior será a similaridade entre os produtos <sup>2</sup>.

Ao fim e ao cabo, a abordagem da complexidade aqui discutida quer observar a relação entre as *capabilities* existentes nas regiões e o desenvolvimento econômico, através dos produtos produzidos. Entretanto, existe uma pergunta importante: como definir, em termos empíricos, quando uma determinada região possui ou não determinadas *capabilities*? Considerar todo e qualquer valor de produção do bem *a* produzido em uma região como indicando a existência das *capabilities* necessárias à sua produção seria um erro. Se for considerado que uma região possui as *capabilities* necessárias à produção do produto *a* apenas por que existe um pequeno valor de produção desse produto nessa região, é possível que, em termos médios, essa região na verdade não possua as *capabilities* no mesmo nível que outras regiões em que a produção desse bem é abundante. É possível que apenas alguns agentes privados as possuam, não constituindo um padrão para a região. Por exemplo, pode-se pensar em um cultivo realizado em ambiente altamente controlado e cujo o investimento só foi acessível a um grupo muito pequeno de produtores de maior poder aquisitivo, mas que está distante da média da realidade da região, principalmente se essa produção não constituir um mercado importante. Haveria um viés ao

<sup>2</sup> Essa observação é importante e está representada pelo numerador da equação 3.8, entretanto isso será ponderado pela ubiquidade dos produtos, como será mostrado adiante.

retratar as microrregiões já na origem da análise.

Para solucionar esse problema empírico, considera-se que um bem é produzido em uma determinada região (e portanto a região conta com as *capabilities* associadas àquele produto), se houver certo nível de especialização naquele bem em comparação com a média da economia nacional. Seguindo a metodologia de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#) e [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), essa condição será determinada pelo indicador de vantagem comparativa revelada (*revealed comparative advantage* ou RCA) de [Balassa \(1965\)](#), cujo cálculo é o mesmo que o realizado no quociente locacional, medida de especialização e concentração amplamente utilizada na literatura de economia regional<sup>3</sup>.

Na fórmula abaixo, o RCA que a microrregião  $c$  apresenta em relação ao produto  $p$  é dada pela participação do valor de produção ( $VP_{cp}$ ) do produto nessa microrregião, sobre o total do valor de produção dessa microrregião, dividido pela participação do valor de produção desse produto na economia sobre o total geral do valor de produção da economia. Em outros termos, se a produto  $p$  representa 20% da produção da região  $c$ , enquanto esse mesmo produto representa 10% de toda a produção da economia, o valor do RCA da região  $c$  no produto  $p$  é de  $0,2/0,1 = 2$ .

$$RCA_{cp} = \frac{VP_{cp}}{\sum_p VP_{cp}} / \frac{\sum_c VP_{cp}}{\sum_c \sum_p VP_{cp}} \quad (3.1)$$

Uma vez definida a medida de especialização de cada região em cada produto, estabeleceu-se um corte para que a matriz de regiões e produtos fosse transformada em binária, indicando se há ou não especialização de cada bem em cada microrregião. Isso é feito pelo estabelecimento de um ponto de corte para o RCA, que é definido *ad hoc*. Tipicamente, na literatura, o ponto de corte escolhido é  $RCA = 1$ , pois  $RCA > 1$  representa uma especialização no produto  $p$  acima da média da economia de referência<sup>4</sup>. Seguindo isso, define-se a matriz binária  $M_{cp}$ , em que cada coluna tem um produto, cada linha tem uma microrregião e as entradas são dadas pelas condições apresentadas na equação 3.2. Para facilitar a compreensão e a fluidez do texto, a partir daqui, quando for dito que uma região  $c$  produz o bem  $p$  é porque ela possui especialização nesse bem, ou seja, possui  $RCA \geq 1$ .

$$M_{cp} = \begin{cases} 1, & \text{se } RCA_{cp} \geq 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.2)$$

<sup>3</sup> Vale destacar que a ideia de vantagem comparativa é interpretada aqui por uma ótica empírica, servindo como uma medida de especialização que nada tem a ver com a ideia, associada ao liberalismo, de uma vocação natural da região para produzir determinado bem, uma vez que a existência da produção nesse local pode ser totalmente devida à políticas públicas específicas

<sup>4</sup> O quociente locacional, ou RCA, é apenas uma das medidas possíveis para indicar especialização ou concentração espacial de atividades econômicas. Para uma introdução mais apropriada ao assunto, sugere-se a leitura de [Crocco et al. \(2006\)](#)

Para calcular a rede de produtos que permitirá entender a relação entre todos os bens produzidos na agropecuária, primeiro é preciso contabilizar em quantas microrregiões cada produto é produzido e em quantas microrregiões cada par de produtos é produzido conjuntamente, para todos os pares de produtos possíveis, ou seja, uma combinação dos 287 produtos dois a dois. Isso pode ser feito por contagem simples, ou através dos cálculos com a matriz  $M_{cp}$ . Para a segunda opção deve-se considerar que essa matriz apresenta  $c$  linhas, relativas às regiões, e  $p$  colunas, que contam com os produtos. Ao multiplicar a transposta de  $M_{cp}$  pela matriz original, obtém-se uma matriz simétrica  $p \times p$ , que foi chamada de  $M'_{pp}$  a fim de facilitar sua identificação:

$$M'_{pp} = (M_{cp})^T \cdot M_{cp} \quad (3.3)$$

Com a operação 3.3, obtém-se da uma matriz quadrada, simétrica, de produtos nas linhas e nas colunas, que na diagonal principal apresenta o número de regiões em que o bem é produzido (que é uma medida de ubiquidade do produto) e nas demais entradas apresenta o número de regiões em que cada par de produtos é feito conjuntamente. Por exemplo, na posição  $P_{56}$  estará presente o número de microrregiões que produzem os produtos 5 e 6, enquanto na posição  $P_{55}$  estará o número de microrregiões que produzem o produto 5. Têm-se, assim, uma tabela com informações sobre quais produtos são produzidos conjuntamente com maior frequência. Essa matriz  $M'_{pp}$  será a fonte de informações para a construção da rede de produtos.

Antes de seguir na metodologia do cálculo da rede de produtos é importante esclarecer a ideia básica por trás da construção de qualquer rede. Matematicamente, redes são representadas por objetos chamados grafos. Um grafo é formado por um conjunto de nós (que podem ser chamados de vértices ou indivíduos, quando se trata de uma rede social) e por um conjunto de arestas (que podem ser chamadas de ligações, conexões) que conectam esses vértices. Formalmente, sendo o objeto grafo expresso por  $G$ , o conjunto de vértices expresso por  $V$ , conjunto de arestas dado por  $E$ , o número de vértices sendo igual a  $N$  e sendo  $I = (1, 2, \dots, N)$ , o grafo é dado pelo par ordenado  $G = (V_g, E_g)$ , em que:

$$V_g = \{(v_1, v_2, \dots, v_i), \forall i \in I\} \quad (3.4)$$

$$E_g = \{(e_{12}, e_{13}, \dots, e_{ij}) \mid i \neq j \forall (i, j) \in I\} \quad (3.5)$$

Cada aresta  $e_{ij} = (v_i, v_j)$  representa a ligação entre dois vértices  $(v_i, v_j) \in V_g$ , mas nem todo par de vértices  $(v_i, v_j) \in V_g$  são conectados por uma aresta, de forma que podemos ter alguma aresta  $e_{i,j} \notin E_g$ . Nesse último caso, teremos pares de vértices que pertencem ao grafo mas não tem uma aresta que os conecta. Assim, é preciso definir qual o critério para a existência da aresta conectando os vértices. Além disso, dada a existência da aresta que conecta dois nós, é possível atribuir um peso a ela, para representar a intensidade da conexão entre os dois vértices.

Nesse capítulo o grafo de produtos será representado por  $S = (V_s, E_s)$ , sendo  $P = (1, 2, \dots, N)$ , e  $N$  igual ao número de nós, ou seja, 287. Assim teremos:

$$V_s = \{(v_1, v_2, \dots, v_p), \forall p \in P\} \quad (3.6)$$

$$E_s = \{(e_{12}, e_{13}, \dots, e_{pp'}) \mid p \neq p' \forall (p, p') \in P\} \quad (3.7)$$

Voltando ao caso específico desse capítulo, no grafo que representará a rede de produtos cada nó será um produto agropecuário. Para definir a existência da aresta entre dois nós, bem como o peso atribuído a ela, é desenvolvida uma medida de conexão entre cada par de produtos, que visa representar a similaridade entre esses produtos. De forma muito criativa, o nome atribuído à esta medida é similaridade ou proximidade entre produtos. Proposta pelo trabalho de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#), argumenta-se que essa medida, representada por  $\rho_{pp'}$ , denota a probabilidade de dois produtos serem produzidos conjuntamente e é definida de acordo com a equação 3.8, em que  $p$  representa um produto do par e  $p'$  representa o outro produto, ao passo que os valores de  $M_{pp}$ ,  $M_{pp'}$  e  $M_{p'p'}$  são obtidos da matriz  $M_{pp}$  construída na equação 3.3.

$$\rho_{pp'} = \frac{M'_{pp'}}{\max(M'_{pp}; M'_{p'p'})} \quad (3.8)$$

Esse cálculo da proximidade é dado pelo número de regiões em que os dois produtos são produzidos juntos ( $M'_{pp}$ ), dividido pelo valor da maior ubiquidade entre os dois produtos<sup>5</sup>. Ou seja, quanto maior o número de regiões em que os produtos são produzidos conjuntamente em relação à maior ubiquidade entre os dois produtos, maior será a probabilidade desse par de produtos ser coproduzido, indicada  $\rho_{pp'}$ . Essa medida será importante para definir a existência da aresta entre dois produtos e para atribuir peso a ela.

O critério para a existência da aresta  $e_{p,p'}$  entre o par de vértices  $(v_p, v_{p'}) \in V_p$  é dado pelas condições da equação 3.9, em que:

$$\begin{cases} e_{p,p'} \in E_s, & \text{se } \rho_{pp'} > 0 \\ e_{p,p'} \notin E_s, & \text{se } \rho_{pp'} = 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

Ou seja, basta que o valor da similaridade entre dois produtos seja maior do que zero para que exista uma aresta na rede os conectando. Em termos práticos, se dois produtos forem produzidos conjuntamente em pelo menos uma microrregião, haverá uma aresta entre seus nós na rede. Uma vez existindo a aresta, o peso atribuído à ela é o mesmo da similaridade entre os produtos ( $\rho_{pp'}$ ). Dessa forma, todas as arestas no grafo dos produtos agropecuários terão valores maiores que 0 e menores que 1. A rede, portanto, apresentará todos os produtos agropecuários

<sup>5</sup> Como exemplo, segue o cálculo da similaridade entre o produto 1 e o produto 2:  $\rho_{12} = \rho_{21} = \frac{M'_{12}}{\max(M'_{11}; M'_{22})}$

como nós e estes serão mais próximos quanto maior for o peso das arestas, dado pela medida de similaridade.

### 3.3 Resultados

#### 3.3.1 A rede inicial - descrição e ajustes metodológicos

A rede de produtos que foi construída traz consigo uma topologia específica. Assim como ao falar de uma distribuição de dados é possível descrevê-la através de algumas estatísticas (como média, desvio padrão, mediana, curtose e etc), em um grafo as estatísticas topológicas atestam sobre seu formato e prestar atenção nisso pode ser elucidativo. A rede de produtos é um grafo com 287 nós e 28.736 arestas<sup>6</sup>. Dado que o número máximo de arestas possíveis é de 41.041 (uma combinação dos nós, dois a dois), tem-se 0,7 de densidade, calculada pela razão entre o número de arestas observadas no grafo e o número de arestas que existiriam caso todos os produtos apresentassem ligações entre si, o que não ocorre porque, como foi dito, considera-se como conectados somente os pares de produtos que são produzidos conjuntamente em pelo menos uma microrregião. O coeficiente de aglomeração (transitividade) apontou um valor de 0,82.

Tabela 6 – Estatísticas topológicas da rede original

Estatística	Valor
Vértices	287.00
Arestas	28736.00
Tamanho	29023.00
Densidade	0.70
Coefficiente de aglomeração	0.82
Grafo conexo	sim
Grafo direcionado	não

Fonte: Elaboração do Autor.

Essas duas estatísticas topológicas da rede evidenciam questões importantes. A primeira, dada pela alta densidade, é que a grande maioria dos produtos agropecuários do Brasil, quando colocados em pares, tendem a ser produzidos conjuntamente em pelo menos uma microrregião, que é a condição necessária para a existência da arestas. A transitividade busca medir o quão comum é a ocorrência do efeito "o amigo do meu amigo é meu amigo", ou seja, verificar quantas vezes ocorre de dois vértices adjacentes a um terceiro serem conectados entre si, formando assim uma triangulação entre eles. Em outras palavras, o alto coeficiente de aglomeração, no valor de 0,82, permite constatar que se o produto *A* é produzido em pelo menos uma microrregião com o produto *B*, e o produto *B* é produzido em pelo menos uma microrregião com o produto *C*, então há grande probabilidade de que os produtos *A* e *C* também sejam produzidos juntos em pelo

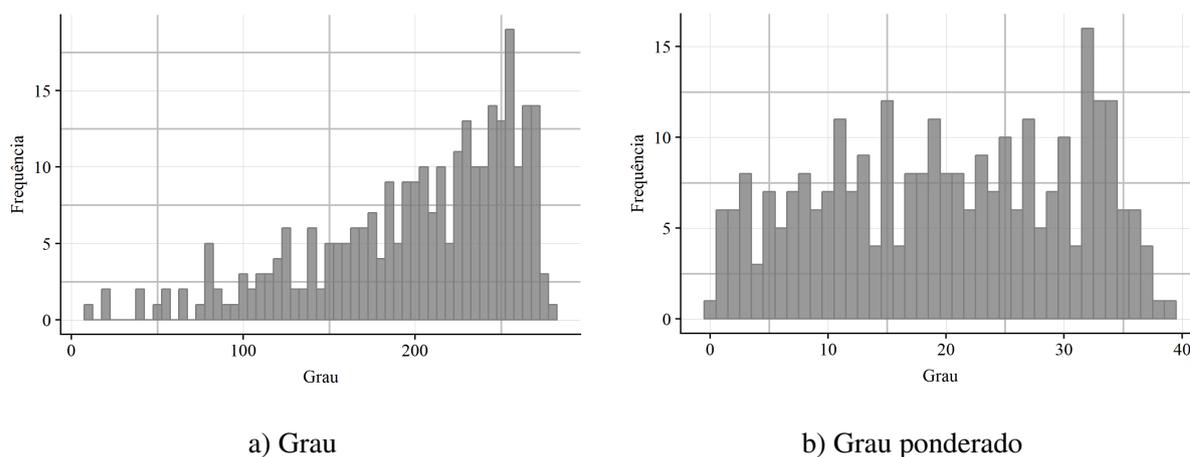
<sup>6</sup> O leitor que tiver interesse em visualizar um exemplo de rede de produtos pode se dirigir até a página 95, mesmo que tal representação não seja referente à rede que está sendo discutida neste momento.

menos uma microrregião, formando um triângulo entre os três vértices<sup>7</sup>. Outro ponto que se deve destacar é que a rede é conexas, ou seja, não há nenhum produto que seja produzido totalmente isolado dos outros.

Uma informação usualmente observada sobre redes é a distribuição dos graus dos nós do grafo. O grau de um nó indica quantas arestas ele possui. Como cada aresta o conecta a outro nó, o grau é uma medida de quantos vértices são conectados ao nó em questão, ou seja, quantos vizinhos cada nó possui. O grau ponderado faz o mesmo cálculo, entretanto faz a ponderação pelo peso da aresta. Ou seja, um nó que está conectado com outros três nós vai ter grau 3 e se cada uma das arestas que o conecta aos outros nós tiver peso 0,2, o grau ponderado será de 0,6.

A figura 27 mostra, à esquerda, que os graus da rede têm uma distribuição com assimetria positiva, indicando que a maior parte dos produtos tem um grau elevado, ou seja, são conectados com muitos outros produtos (se um produto tem grau 200, isso significa que ele é produzido junto com outros 200 produtos em pelo menos uma microrregião). Quando se considera o peso das arestas, através da distribuição dos graus ponderados, percebe-se uma distribuição mais simétrica, porque o peso das arestas varia entre 0 e 1 e as duas distribuições seriam idênticas somente se o peso de todas as arestas fosse idêntico, ou seja, se todos os pares de produtos fossem produzidos conjuntamente em um mesmo número de microrregiões, o que não é razoável. A informação proveniente disso é que o peso de cada aresta têm um papel importante na configuração da rede e deve se observar como os pesos se comportam.

Figura 27 – Distribuição do peso das arestas da rede inicial



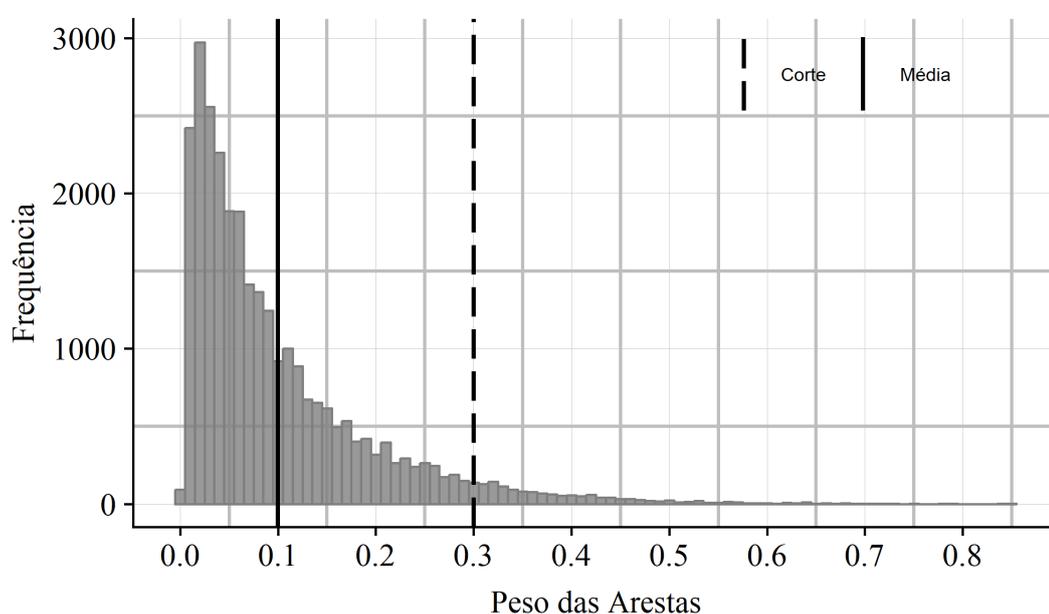
Fonte: elaboração do autor

Ao verificar a distribuição do peso das arestas, na figura 28, constata-se uma curva altamente assimétrica à direita. Esse comportamento, muito semelhante àquele descrito por [Hidalgo et al. \(2007b\)](#), mostra que a grande maioria das arestas apresenta um peso muito baixo, quase insignificante, indicando que por mais que a grande maioria dos produtos seja

<sup>7</sup> Caso haja interesse em uma visão mais geral sobre as medidas em questão e sobre teoria dos grafos de uma forma mais ampla, consultar [Newman \(2010\)](#), [Jackson \(2010\)](#) e [Barabási \(2003\)](#)

fabricado conjuntamente em pelo menos uma microrregião (como fica evidente pela densidade e pela distribuição dos grau), a grande maioria dos pares de produtos são fabricados juntos em poucas microrregiões. Poucos são os pares de produtos que têm produção conjunta em muitas microrregiões, relativamente às suas ubiquidades, ou seja, ao total de microrregiões em que são produzidos. A média de similaridade entre os produtos (marcada no gráfico pela linha sólida) é de 0,099, ou seja, menor que 10% e a moda da distribuição fica abaixo de 0,05 quando observado o histograma com faixas de 0,01. Essa característica do espaço de produtos é um problema tanto para realizar a análise visual da rede quanto para identificar agrupamentos de produtos similares.

Figura 28 – Distribuição do peso das arestas do grafo original



Fonte: elaboração do autor

Para tornar a opção *ad hoc* que foi realizada para resolver esse problema mais inteligível, é justo valer-se de uma analogia. Imagine, por exemplo, que se busca verificar em um grupo grande de pessoas quais delas são parecidas fisicamente. Se forem consideradas que todas as pessoas tem boca, nariz, cabelo, olhos, pernas, pés e etc, haverá uma lista enorme de características que irá apontar para uma semelhança muito grande entre todas as pessoas, pois características mais marcantes serão apenas algumas entre muitas. Caso se queira, na verdade, mapear características mais específicas, como a cor dos olhos, cabelos, da pele, formato do nariz, altura, etc, dificilmente conseguiremos extrair essas informações se considerarmos que todas as características dos seres humanos tem a mesma relevância. Ao analisar a semelhança entre produtos, deve-se descartar os valores mais baixos de similaridade porque dificilmente eles apontam características relevantes, um vez que todos os produtos são minimamente semelhantes em alguma característica. Isso causa um problema pois os algoritmos de clusterização consideram apenas a existência ou não da aresta, e não seu peso. As arestas mais pesadas são equiparadas àquelas com pesos praticamente insignificantes e, dada a existência de conexão entre praticamente todos os produtos

revelada pela alta densidade, acaba não sendo possível identificar comunidades. Por esse motivo é necessário retirar as arestas com peso baixo e, para tal, é necessário estabelecer uma linha de corte. Entretanto, ao realizar a retirada de arestas, depara-se com outra característica da rede, que leva ao que foi chamado de problema das ilhas.

O problema das ilhas deriva de outra característica importante da rede de produtos, que é o fato dela facilmente se tornar uma rede desconexa, ou seja, uma rede que contém ilhas de produtos que não se conectam com nenhum outro. Isso ocorre rapidamente se for realizada a simples retirada de arestas<sup>8</sup> de peso baixo, menores que 0,05, por exemplo. Essa constatação dá indicativos de que há produtos cuja produção é muito específica de algumas regiões, sendo pouco ubíquos, e portanto sua tendência de serem produzidos conjuntamente com qualquer outro produto também é muito pequena. Em outras palavras, as *capabilities* necessárias para a produção desses produtos que formam ilhas são muito específicas e raras (pouco ubíquas), sendo encontradas em poucos lugares.

No gráfico da figura 29 é possível visualizar esse comportamento de ilhas. A linha com traços longos demonstra diminuição do tamanho do grande componente<sup>9</sup> conexo que existe inicialmente no grafo à medida que cresce o valor abaixo do qual as arestas são retiradas. Ou seja, inicialmente, com um ponto de corte em zero, todos os nós estão em um mesmo grande componente, por isso a linha está no valor 287. Se forem cortadas todas as arestas com peso menor que 0,15, ainda haverá um componente grande com aproximadamente 280 vértices e outros poucos componentes menores, que são ilhas. Se for escolhido o valor de 0,3 e retiradas da rede todas as arestas com peso menor que esse número, por exemplo, restará um grande componente conexo com 208 vértices e os demais 79 nós ficam agrupados em outros 66 componentes, o que significa que muitos dos vértices que se descolam do componente principal acabam por ficar totalmente isolados dos demais. Se for realizado um corte em 0,4 ou mais, é provável que algum componente que conte com vários nós seja desconectado do componente principal, formando uma ilha com muito vértices. A formação de ilhas é um problema pois também dificulta a identificação de grupos homogêneos de produtos, uma vez que cada ilha é identificada como um grupo diferente e, dada a grande quantidade de ilhas, dificulta a análise dos resultados.

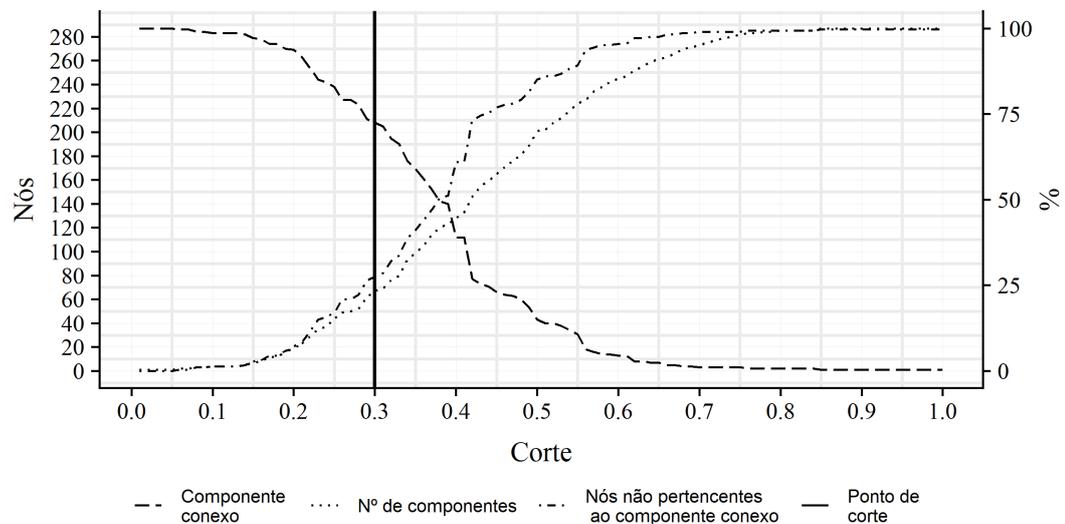
Para solucionar esses problemas das ilhas e da baixa significância das arestas, foram tomadas duas medidas *ad hoc*. Na primeira delas, optou-se por realizar a retirada de arestas menos significativas do grafo, assim como foi feito por Hidalgo et al. (2007a) e Hidalgo e Hausmann (2009a)<sup>10</sup>. A diferença neste trabalho é que os autores acima referidos retiraram

<sup>8</sup> Retirar arestas significa reconstruir a rede considerando que determinadas conexões não existem.

<sup>9</sup> Utiliza-se o termo componente para descrever subgrafos, ou seja, vértices do mesmo grafo que são conectados entre si. Por exemplo, se todos os nós de um grafo são conectados por arestas, de forma que se pode ir de um nó até outro qualquer através das arestas, então haverá somente um componente, pois todos os nós são conectados, mesmo que indiretamente. Se houver um nó, ou conjunto de nós ligados entre si, que não podem ser alcançados através das arestas (formando uma ilha), diremos que há dois componentes no grafo. No limite, em um grafo de 287 nós poderá ter 287 componentes (ilhas), caso não haja nenhuma aresta entre eles.

<sup>10</sup> O ponto de corte escolhido no primeiro trabalho referido não apresenta parâmetros para sua decisão, já em Hidalgo e Hausmann (2009a) a escolha não é totalmente *ad hoc*. Nesse, ao validar sua rede constata que

Figura 29 – Componentes do grafo de acordo com o ponto de corte das arestas



Fonte: elaboração do autor

arestas do *product space* apenas para representação visual da rede, uma vez que não tinham por objetivo identificar comunidades de produtos e, portanto, não se deparam com o mesmo problema encontrado aqui. Após o corte realizado no grafo do presente trabalho, obteve-se um novo grafo em que foram mantidos todos os nós da rede original, porém foram retiradas todas as arestas com peso menor do que 0,3. Em termos formais, o critério apresentado na equação 3.9 é transformado para o critério da equação 3.10.

$$\begin{cases} e_{p,p'} \in E_s, \text{ se } \rho_{pp'} \geq 0,3 \\ e_{p,p'} \notin E_s, \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (3.10)$$

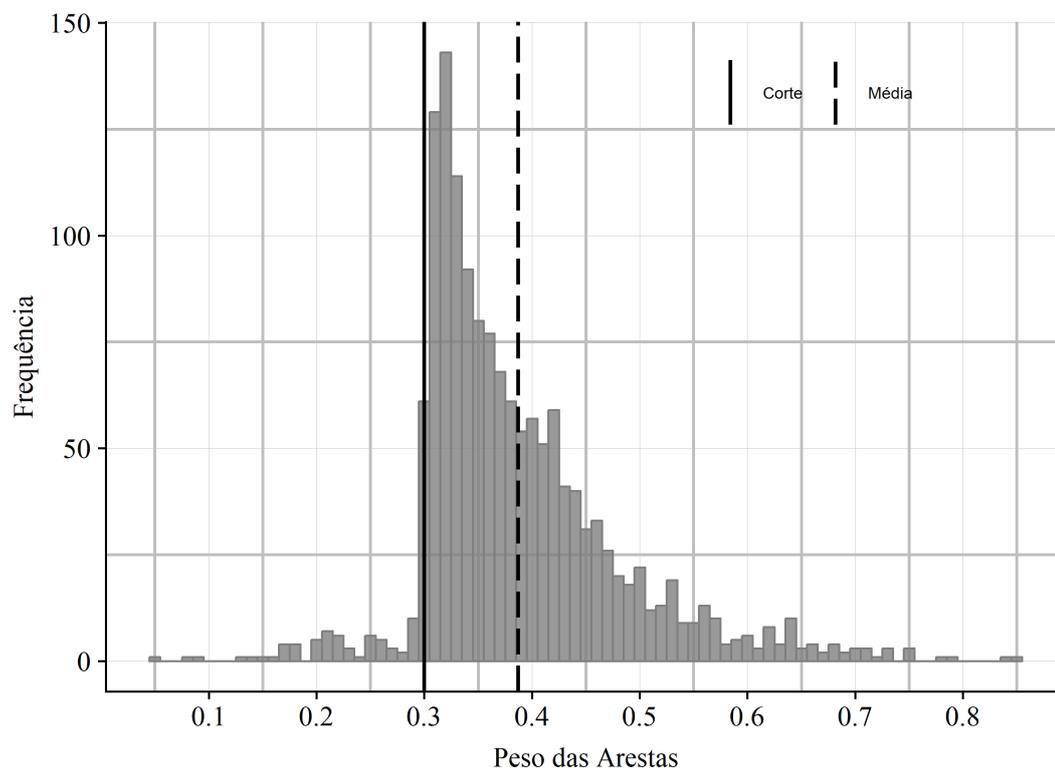
Essa escolha resolveu o problema relacionado ao baixo peso da maioria das arestas, elevando a média do peso das conexões de 0,09 para 0,38. Como fica claro pela sinalização da linha sólida da figura 28, essa decisão é forte, pois mantém apenas um pequeno número de arestas, mas que se espera representar as relações mais importantes entre os produtos da agropecuária brasileira. Como não havia embasamento prévio na literatura de qual deveria ser o valor para a linha de corte, optou-se por utilizar 0,3 devido à maior consistência dos resultados encontrados.

Como já foi dito, esse corte que foi realizado acaba por gerar várias ilhas na rede e também atrapalha a detecção de aglomerados. Dessa forma, foi realizado um segundo procedimento visando impedir a formação de ilhas, que foi manter todas as arestas que fazem parte da árvore geradora máxima (*maximum spanning tree*) do grafo <sup>11</sup>. Essa opção exigiu que 66 arestas de

arestas com peso maior do que 0,5 eram improváveis de serem encontradas nas redes aleatórias utilizadas para validação e escolhem, portanto, esse valor. Infelizmente não houve tempo hábil para realizar a aleatorização da rede que é criada aqui.

<sup>11</sup> A árvore geradora máxima é um subgrafo que mantém todos os  $n$  nós do grafo original, porém mantém apenas

Figura 30 – Distribuição peso das arestas dos grafo após corte



Fonte: elaboração do autor

peso menor que 0,3<sup>12</sup> fossem adicionadas à rede de produtos, após o corte inicial, com o intuito de manter todos os vértices em um único componente conexo. Devido a isso, a distribuição apresentada na figura 30 conta com algumas arestas cujo peso é menor que 0,3.

Tabela 7 – Estatísticas topológicas do espaço de produtos da agropecuária brasileira

Estatística	Valor
Vértices	287.00
Arestas	1497.00
Tamanho	1784.00
Densidade	0.04
Coefficiente de aglomeração	0.60
Grafo conexo	sim
Grafo direcionado	não

Fonte: Elaboração do Autor.

O grafo que foi considerado como o *product space* da agropecuária brasileira para

as  $n - 1$  arestas que maximizam a soma do peso das arestas, tendo como condição a manutenção do grafo como um grande componente conexo

<sup>12</sup> Para maior clareza: das 286 arestas que compõem a árvore geradora máxima da rede, apenas 66 delas tem peso menor que 0,3 e ficariam fora devido ao corte realizado. Ou seja, 220 arestas da árvore geradora máxima possuem peso maior que 0,3 e estariam presentes na rede mesmo após a retirada de todas as arestas com valor menor que 0,3. O segundo precedente consistiu em adicionar as 66 arestas com peso menor que 0,3 que tinham sido retiradas devido ao corte inicial.

realização do restante do trabalho é, portanto, conexo e não direcionado, conta com 287 produtos e 1497 arestas. Suas estatísticas topológicas são apresentadas na tabela 7. É possível perceber que a densidade da rede cai vertiginosamente, como era esperado. Entretanto, o coeficiente de aglomeração vai apenas para 0,6, indicado que dois nós conectados a um terceiro continuam com alta tendência a se conectarem. Considerando que após o corte foram mantidas apenas 5% do das arestas iniciais e o coeficiente de aglomeração não cai na mesma intensidade, há um indicativo de que são as arestas de maior peso que determinam as principais aglomerações na rede. Ou seja, ao mesmo tempo que foram solucionados os problemas que impediam a identificação eficiente de comunidades, as triangulações mais importantes do grafo foram preservadas.

### 3.3.2 *Análise visual da rede*

Em qualquer trabalho empírico, uma vez aplicada a metodologia é fundamental verificar os resultados obtidos e conferir sua robustez. Em um exercício que envolve análise de redes não é diferente. No caso do presente exercício, essa avaliação passa necessariamente por observar a rede de produtos e verificar se bens cujas características produtivas são semelhantes apresentam proximidade na rede.

Essa tarefa não é trivial, uma vez que o processo produtivo é muito diferente entre os 287 produtos presentes na rede. Qualidade do solo, volume de chuvas, técnicas produtivas, qualificação da mão de obra, disponibilidade de crédito, canais de comercialização e ambiente institucional são alguns exemplos de *capabilities* que condicionam o processo produtivo de cada produto na agricultura. Como é praticamente impossível medir todas as variáveis necessárias para estatisticamente validar se a rede aproxima produtos cujo processo produtivo está sujeito a condições semelhantes, resta apenas avaliar a consistência do exercício a partir da análise visual e do conhecimento tácito que o pesquisador possui.

Para realizar essa avaliação, ao longo dessa seção serão apresentadas duas formas de representação. A primeira é a rede completa, contando com todas as 1497 arestas e 287 nós. A segunda é a rede representada através da árvore geradora máxima, que é um modo de representação que contém os 287 produtos, mas apenas as arestas que maximizam a soma do peso das arestas, sujeito a três condições: i) utilizar somente um número de arestas igual ao número de nós menos 1, que nesse caso são 286 arestas; ii) manter a rede como um grande componente conexo; e iii) não haver circularidade na rede, o que significa não poder viajar pelas arestas, partindo de um nó qualquer, e retornar a esse mesmo vértice sem passar novamente por uma aresta já percorrida<sup>13</sup>. A primeira representação é mais eficiente para avaliar características gerais da rede, como os principais agrupamentos e suas densidades. A representação enquanto árvore geradora máxima traz ganhos em avaliações mais particulares, em que se quer olhar para os nós de forma individual<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Para clarear as condições da árvore geradora máxima é interessante observar a representação da página 93.

<sup>14</sup> Aconselha-se que o leitor realize a avaliação da rede no arquivo em formato PDF, e não impresso, pois todas as

A avaliação da rede deve ser realizada sempre considerando a seguinte proposição: se a rede for robusta, produtos que usualmente são produzidos conjuntamente (ou que tem alta probabilidade de coprodução) devem aparecer próximos na rede. Como não se tem conhecimento suficiente sobre as peculiaridades da produção de cada produto, destacou-se na figura 31, em vermelho, algumas relações que valem ser observadas, por serem mais intuitivas.

Observe-se mais ao centro da rede, por exemplo, que a produção de mel está diretamente ligada à produção de geleia real, própolis e cera de abelha. Da mesma forma estão os produtos mandioca, farinha de mandioca e goma de tapioca, bem como a produção de leite de vaca com queijo e requeijão. Esse é o mesmo caso da produção de uva e vinho na parte superior da rede e das produções de suínos, bovinos e suas carnes verdes. É razoável supor que produtos de agroindústrias tenham maior probabilidade de serem produzidos conjuntamente com sua matéria prima. De forma geral, a rede mostra esse padrão, o que é um ponto favorável à robustez da rede.

Outra característica intuitiva que se pode avaliar é se produtos que são obtidos tanto via extração vegetal como por meio de cultivo aparecem próximos. Na parte superior da rede é possível perceber a aproximação entre a produção de erva mate como lavoura permanente e a erva mate fruto da extração nativa. Na parte direita da rede tem-se o exemplo do palmito de extração e do palmito de cultivo, bem como os mesmos casos para o açaí.

Um terceiro indicativo da capacidade da rede de aproximar produtos que são parecidos é a proximidade entre diferentes variedades do mesmo produto, como são os caso do café em grão arábica e canephora (que também se aproximam do café torrado e moído e das mudas de café), dos tomates rasteiro (industrial) e estaqueado, bem como do arroz em casca e arroz em grão.

Por fim, mesmo sem estar destacada na representação, deve-se notar que a produção de leguminosas e produtos de horticultura de forma geral, como beterraba, cenoura, alho, alho-poró, repolho, couve-flor, etc, aparecem próximos em um dos ramos mais à esquerda na rede. É intuitivo que o processo produtivo de tais produtos apresentam bastante semelhança, se comparados a outros produtos como soja, bovinos ou cupuaçu.

Evidente que, assim como qualquer outro método, a rede não é um espelho da realidade e apresenta imperfeições, especialmente a representação na forma de árvore geradora máxima, em que são preservadas somente algumas arestas a partir de critérios específicos. Por exemplo, a produção de tangerina, laranja e limão que estão próximas entre si, mas distantes de outras produções de fruticultura, como pêra, maçã, kiwi e figo, que estão na parte superior da rede. O mesmo vale para a distância entre o aguardente de cana e a cana de açúcar. Algumas dessas irregularidades, entretanto, desaparecem na representação completa da rede e quando se realiza a identificação de *clusters*, pois acabam por integrar o mesmo grupo de produtos.

De forma geral é possível afirmar que a rede é robusta na proposta de aproximar produtos

---

imagens das redes são apresentadas em formato vetorizado, que permite ampliá-las sem provocar distorções visuais. Algumas das análises realizada não serão inteligíveis caso a avaliação seja realizada pelo documento escrito.

Figura 31 – Representação 1 - Rede de produtos - Árvore geradora máxima



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

que tendem a ser produzidos conjuntamente e cujas *capabilities* necessárias à sua produção não são tão discrepantes. Assim, não se deve deixar de destacar a importante contribuição que esse exercício traz ao permitir uma visão completa e acessível sobre o que se produz na agropecuária brasileira e quais produtos tendem a ser produzidos nas mesmas regiões.

### 3.3.2.1 Classificação do IBGE e a rede

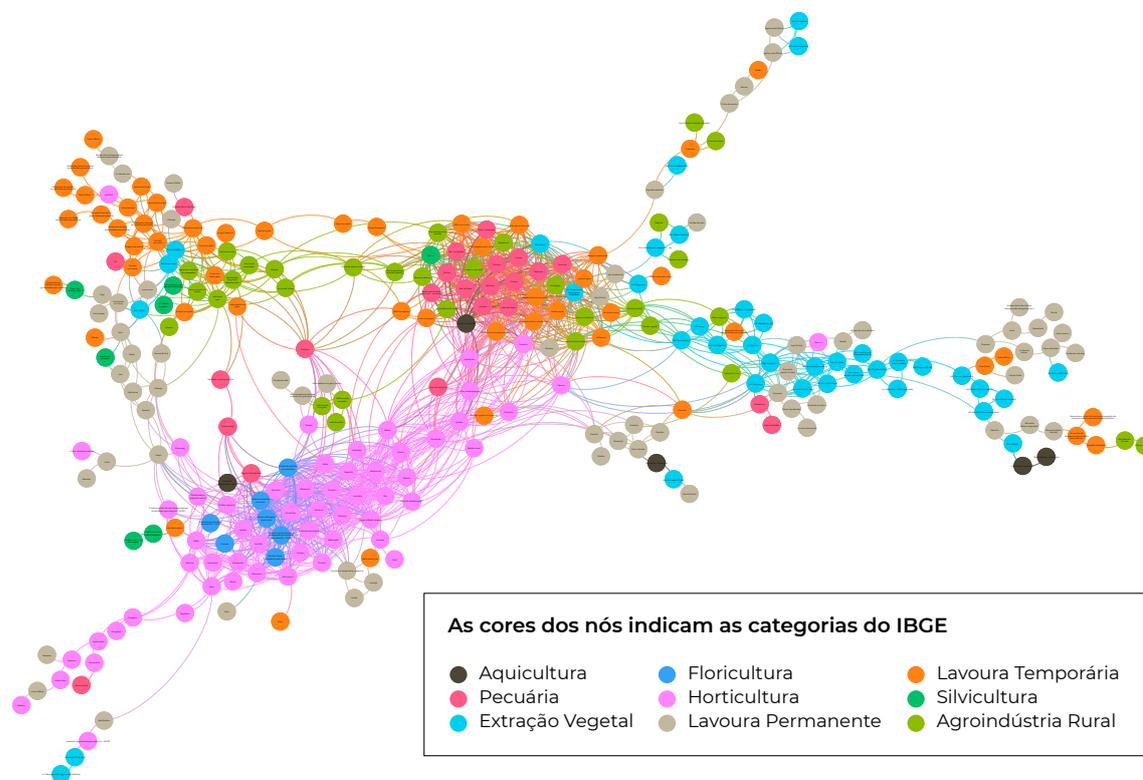
A representação mostrada na figura 32 diz respeito à rede completa, portanto com as 1497 arestas. O tamanho dos nós é regular, não indicado nenhuma variável, e as cores seguem a classificação do IBGE disponível no SIDRA, que separa os produtos em lavoura permanente, horticultura, silvicultura, lavoura temporária e assim por diante. A primeira observação importante é em relação aos agrupamentos, pois nota-se a existência de quatro grandes comunidades de maior densidade de arestas e uma série de outros grupos menores, muitas vezes conectados por apenas uma aresta aos maiores componentes do grafo.

Lembrando que o critério principal para o cálculo do peso das arestas é o número de regiões em que cada par de produtos é produzido conjuntamente e que se espera que isso represente o quão similar são as *capabilities* necessária à produção desse par, ao observar as cores na rede percebemos que a organização do espaço de produtos não corresponde à classificação de produtos do IBGE, pois ela é realizada de acordo com outros critérios. Apenas em um dos grande agrupamentos há certa homogeneidade, em que a maioria dos produtos pertence à categoria horticultura. Nos demais grupos há nítida heterogeneidade.

Assim, diferentemente do trabalho de Hidalgo et al. (2007a), em que foi identificada a correspondência entre os agrupamentos do espaço de produtos e a classificação tecnológica previamente proposta por Leamer (1984), não se verificou que os grupos do espaço de produtos da agropecuária brasileira correspondam à classificação do IBGE<sup>15</sup>. Por um lado, esse fato dificulta a avaliação da lógica que opera no espaço de produtos, pois, por exemplo, se houvesse uma classificação de produtos agropecuários de acordo com alguma variável chave (intensidade tecnológica, intensidade de capital ou de mão de obra, por exemplo) e os agrupamentos de produtos apresentassem homogeneidade interna em relação à essa variável, seria conhecido o fator de agregação ou desagregação de grupos. Como não há uma variável chave, sabe-se apenas que a espacialidade da produção dos grupos tende a ser semelhante e, por suposição, as *capabilities* empregadas na sua produção. Mas não é claro se existe uma *capability* mais importante. Por outro lado, abre-se uma frente de pesquisa para identificar padrões no espaço de produtos em termos de processo produtivo e, possivelmente, para o desenvolvimento de uma tipologia de produtos que represente uma alternativa à classificação usual do IBGE.

<sup>15</sup> Não foram encontrados na literatura trabalhos cujo objetivo fosse criar uma classificação aos produtos agropecuários, por isso se faz referência apenas ao padrão utilizado pelo IBGE.

Figura 32 – Representação 2 - Rede de produtos completa - Cores segundo classificação IBGE



### 3.3.2.2 Identificação de comunidades

Resumidamente, duas são as constatações das seções anteriores: i) a rede obtida é consistente com a proposição metodológica; e ii) os agrupamentos não correspondem à classificação utilizada pelo IBGE. A partir disso, o trabalho principal que segue é a tentativa de identificar os padrões existentes na organização do espaço de produtos, avaliar como esses padrões podem ser úteis para compreender a estrutura produtiva do setor agropecuário do Brasil e, mais especificamente, a heterogeneidade estrutural.

O primeiro passo necessário é identificar aglomerados na rede (que podem ser chamados de grupos, comunidades ou *clusters* de produtos). Para particionar a rede, optou-se por utilizar o algoritmo proposto por Blondel et al. (2008), que utiliza um método de partição hierárquico baseado na maximização de um indicador chamado modularidade<sup>16</sup>. Como resultado da aplicação desse algoritmo, a rede foi particionada em 15 comunidades de produtos.

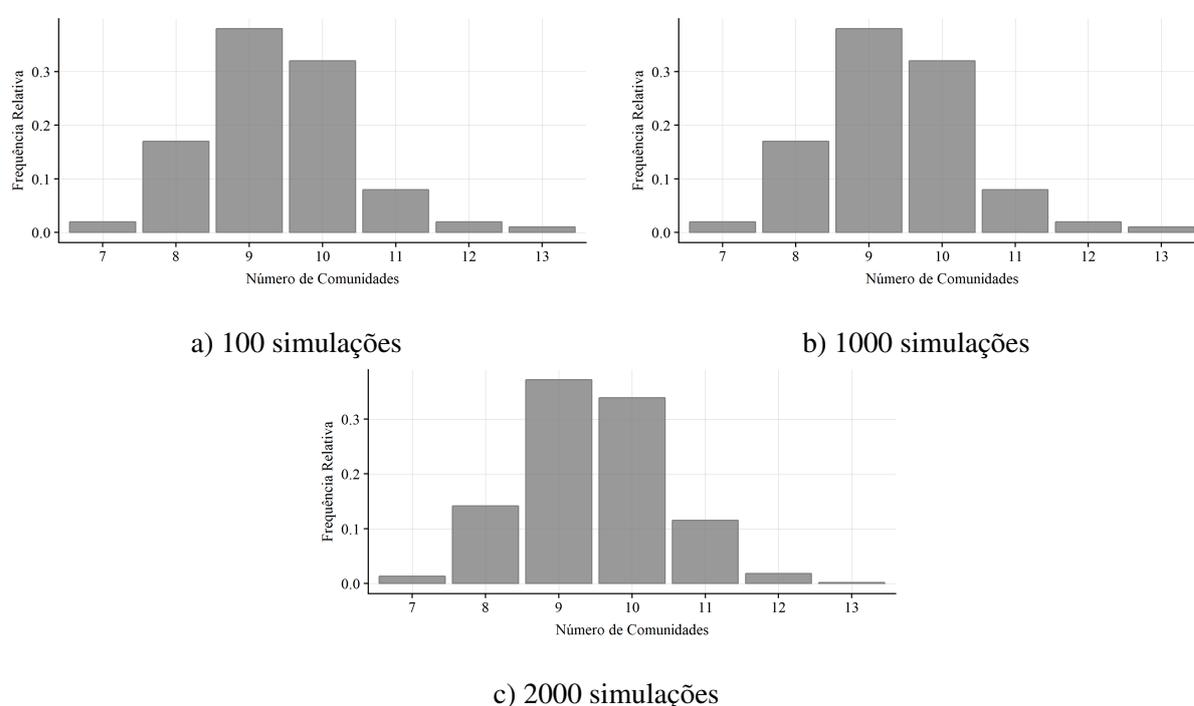
Foram realizadas simulações de *bootstrap* para redes do tipo Erdős-Rényi<sup>17</sup> para verificar se a rede utilizada é aleatória e, por consequência, se há aleatoriedade na partição de comunidades

<sup>16</sup> Para ver mais sobre esse algoritmo, deve-se consultar diretamente Blondel et al. (2008).

<sup>17</sup> Redes do tipo Erdős-Rényi, ou Erdős-Rényi-Bernoulli, são redes aleatórias, em que a probabilidade da existência de aresta entre cada par de nós é dada por uma distribuição normal.

realizada. Esse é um método comum para validação dos processos de identificação de clusters. Esse exercício consiste em simular inúmeras vezes uma rede aleatória do tipo Erdős-Rényi, realizar sua partição em comunidades e verificar com qual frequência se encontra o número de comunidades que se quer testar, que nesse caso é 15. Como é possível perceber na figura 33, o exercício não apontou o número de 15 comunidades como algo usual em uma rede aleatória de 287 nós e 1497 arestas, sendo que as redes foram simuladas 100, 1000 e 2000 vezes. Caso a rede desenvolvida aqui fosse aleatória, o número de comunidades encontradas nela seria muito próximo do número mais frequente nas simulações. Por conta disso, descartou-se a possibilidade de aleatoriedade da rede e dos grupos de produtos.

Figura 33 – Frequência do número de comunidades encontradas nas simulações de *bootstrap*



Fonte: elaboração do autor.

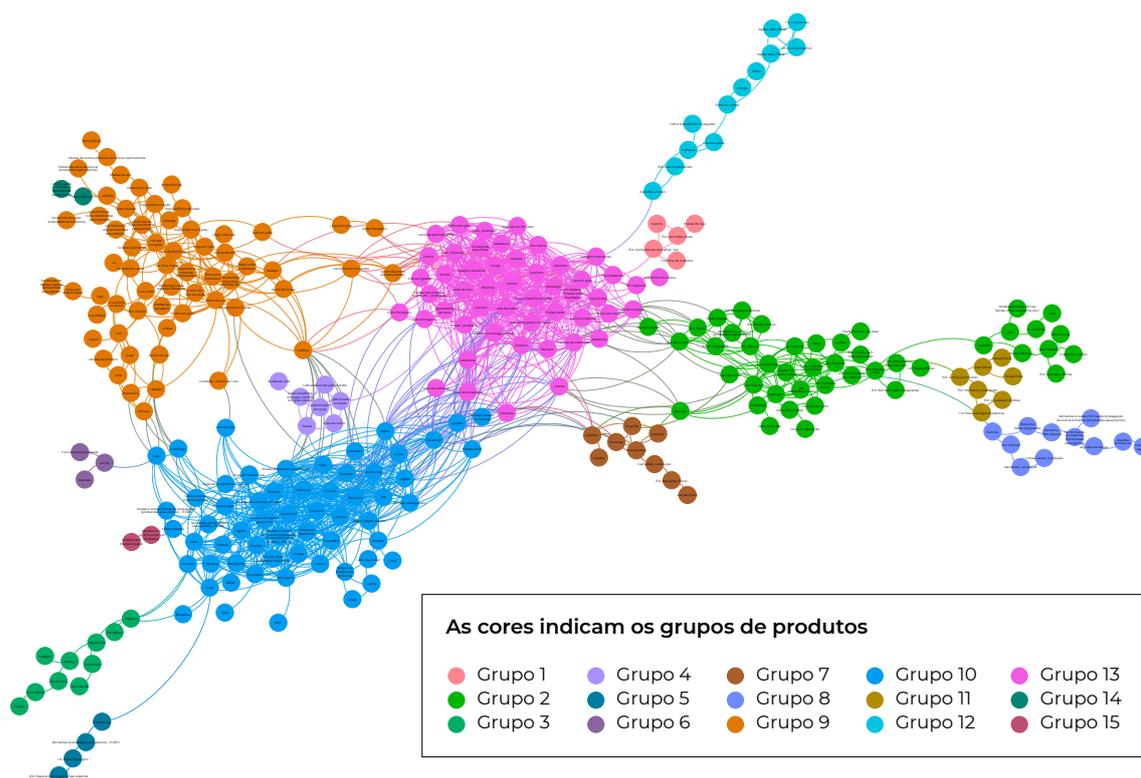
Na figura 34, em que é apresentada a versão completa da rede, as cores dos nós identificam a comunidade a que pertence cada produto. Comparando essa representação com a anterior (figura 32), fica claro que as comunidades encontradas por esse método correspondem ao critério de aproximação na rede.

### 3.3.2.3 Análise de centralidade e afastamento das comunidades

São 15 grupos distintos nas suas estatísticas topológicas (número de nós, número de arestas, densidade e posicionamento na rede) e nas características econômicas dos produtos que os compõem. Diversos são os aspectos que podem ser avaliados para cada um desses grupos. Nesta seção serão apresentadas as características mais gerais dessas comunidades.

A primeira observação é que, com o processo de clusterização, a rede conta com 4 grandes grupos de produtos que têm fortes conexões entre si e de forma geral são mais centrais na rede – grupos de número 2 (verde), 9 (laranja), 10 (azul) e 13 (rosa) – e outros 11 grupos menores que estão às margens da rede e são fracamente conectados. Os 4 grandes grupos somam 215 vértices que representam 74,91% do total de produtos da rede.

Figura 34 – Representação 3 - Rede de produtos completa - Partição em comunidades



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

De forma intuitiva é possível generalizar dizendo que os produtos mais comuns da agropecuária pertencem aos 4 grandes grupos, em especial de número 10 e 13. Isso porque o primeiro é formado basicamente por produtos de horticultura que tem forte presença na cesta de consumo diária da maioria da população e no segundo grupo é possível encontrar os principais produtos de origem animal, como por exemplo bovinos, suínos, leite de vaca, peixes, ovos, milho, mandioca, entre outros. Sem verificar os dados de distribuição espacial (que será feito posteriormente), essa análise visual traz a percepção de que nesses dois grupos estão produtos cuja produção pode ser encontrada em diversos lugares, sem regionalidades muito fortes. Os quatro grandes grupos são mais centrais que os demais, em especial as duas comunidades referidas acima.

Já os grupos menores, que estão às margens, e muitas vezes conectam-se por apenas

uma aresta com o restante da rede, são formados por produtos que, em sua grande maioria, seriam ilhas caso fosse mantido o corte das arestas (probabilidade de coprodução) em 0,3 e não tivessem sido adicionadas as arestas pertencentes à árvore geradora máxima<sup>18</sup>. Esse tipo de posicionamento, com poucas conexões dentro do próprio grupo e com o restante da rede, indica que os produtos dessas comunidades não costumam ser produzidos conjuntamente com os demais. Ou seja, é provável que tais produtos apresentem a exigência de *capabilities* específicas que os fazem serem produzidos em poucos lugares.

Assim como foi feito para os grupos anteriores, é importante argumentar que intuitivamente a visualização de quais produtos estão presentes nesses grupos menores corrobora esse comportamento de formação de ilhas, pois na maioria deles predominam produtos pouco conhecidos e cuja produção se pode afirmar não ser generalizada ao longo do território nacional. Exemplos disso são alcachofra, aspargo, carne de rã, cogumelos, malva, chá-da-índia, lichia, extrações de casca de angico, de maniçoba, de oiticica, de carnaúba entre uma série de outros. Evidente que há exceções e aparecem em grupos pequenos alguns produtos conhecidos como manga, melão, palmito, algodão, orégano e outros, porém o padrão é que as produções mais comuns estejam ao centro e nos grandes grupos.

Como somente a análise intuitiva não basta, para entender melhor o comportamento de centralidade/afastamento dos grupos é importante atentar ao grau médio e o grau ponderado médio<sup>19</sup> dos grupos. O grau médio, que indica o número de arestas adjacentes a cada vértice para média de cada grupo, indicou que os nós pertencentes aos quatro grandes grupos são mais conectados que os nós dos demais grupos. O grau ponderado médio, que indica a média da soma do peso das arestas adjacentes a cada vértice para cada grupo, mostra que o peso das arestas desses quatro grandes grupos também é maior. Ou seja, os produtos desses grupos são produzidos conjuntamente com uma variedade maior de outros produtos e sua probabilidade de coprodução (peso da aresta) é em média maior do que produtos de outros grupos.

Seguindo os indícios encontrados na análise visual, é possível afirmar que o ponto nevrálgico para entender esse comportamento da rede está na ubiquidade dos produtos. A figura 35 mostra fortes indícios de que existe uma correlação positiva entre ubiquidade<sup>20</sup> (distribuição mais uniforme no espaço) e centralidade na rede. Ou seja, os produtos que são mais ubíquos tendem a estar mais ao centro da rede. A medida de grau ponderado representa centralidade pois será maior quanto maior for o número e peso das conexões de um vértice. Já a proximidade de um vértice indica o inverso da soma do peso das arestas que devem ser percorridas para ir de

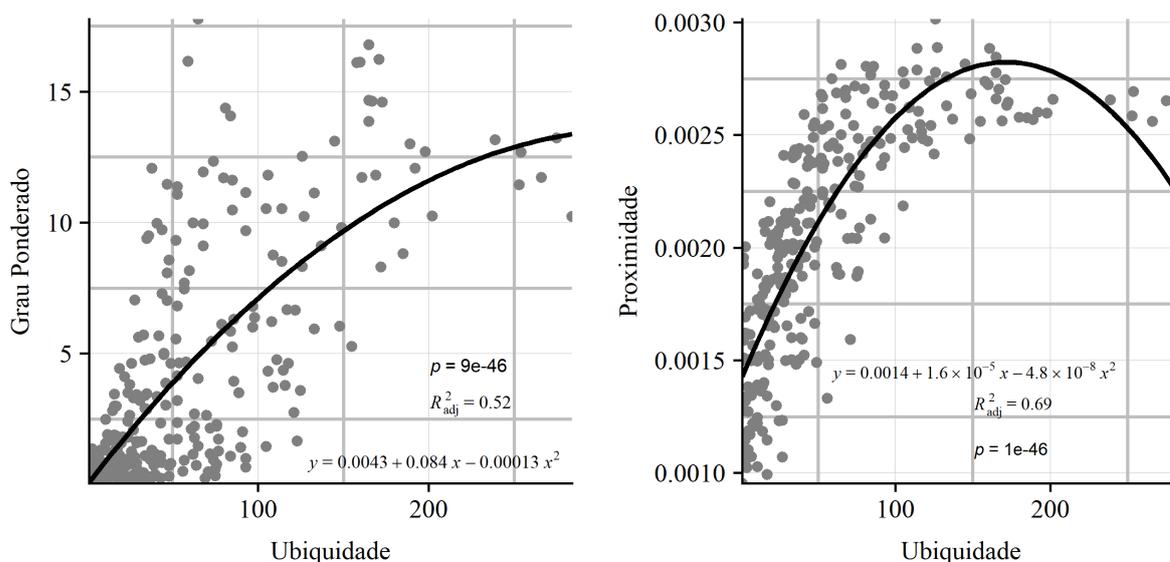
<sup>18</sup> Essa constatação ocorre quando se pensa que os quatro grandes grupos somam 215 produtos e que o componente conexo que restaria com o corte de 0,3 contaria com 208 produtos, como ficou claro na parte metodológica apresentada anteriormente.

<sup>19</sup> O grau e o grau ponderados médio são apenas a média aritmética simples dos indicadores de grau e grau ponderado de cada nó, apresentados na figura 27 e descritos na página 86. Esses indicadores podem ser observadas na tabela 13, no apêndice.

<sup>20</sup> A ubiquidade dos produtos aqui foi calculada seguindo o indicador  $K_{p,0}$  da tabela 8, presente no capítulo 4, em que se faz a contagem do número de microrregiões que produzem o produto  $p$  com vantagem comparativa revelada.

cada nó  $p$  até todos os outros nós da rede. Partindo de um nó ao centro da rede, será necessário passar por uma quantidade menor de arestas para chegar a qualquer outro só, sendo a soma dos pesos das arestas percorridas menor do que para um nó que esteja em uma extremidade da rede. Como a proximidade toma o inverso dessa soma, quanto mais distante do centro da rede, menor esse indicador.

Figura 35 – Relação entre ubiquidade e indicadores de centralidade



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE)

Um resultado interessante do presente trabalho é que essa relação entre centralidade na rede e ubiquidade é fundamentalmente diferente daquela identificada por [Hidalgo et al. \(2007a\)](#) e [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#). Nos trabalhos referidos, há a afirmativa de que os produtos ao centro da rede estão associados a maiores níveis de complexidade econômica e por consequência de desenvolvimento. A relação entre complexidade econômica e ubiquidade é inversa, porque para um produto ser complexo ele deve ser sofisticado e bens sofisticados são aqueles que exigem uma combinação mais rara de *capabilities*, o que é mais difícil de ser encontrado. Portanto, na lógica deles, produtos muito ubíquos não são complexos e não estão no centro da rede. Apesar dos referidos autores não apresentarem os dados da relação entre ubiquidade e indicadores de centralidade, a partir da sua argumentação se esperaria que tal gráfico mostraria uma relação negativa entre essas variáveis.

No presente trabalho, propõe-se que o espaço de produtos da agropecuária mantém a lógica de que produtos menos ubíquos exigem (combinações de) *capabilities* mais raras e produtos mais ubíquos são aqueles com *capabilities* mais comuns. Entretanto, a lógica de organização do espaço de produtos é diferente, pois os produtos menos ubíquos estão à margem do espaço de produtos enquanto os mais ubíquos estão ao centro. É importante dizer que à luz dos indicadores de centralidade, tais como grau e grau ponderado, essa interpretação faz sentido, pois um produto que está em todo lugar tende a ser produzido junto com muitos outros produtos

e, portanto, apresentar conexão com um número maior de nós. Isso tende a ampliar a centralidade do produto em questão. Portanto há sentido na relação positiva entre ubiquidade e centralidade.

Fica aberta a seguinte questão: por que há essa diferença entre o *product space* de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#) e o espaço de produtos desenvolvido aqui? No capítulo 4 haverá indícios que podem explicar essa relação, pois como será demonstrado, a relação entre complexidade econômica e diversificação é diferente quando se considera apenas o setor agropecuário. Quando os autores mostram que os países com maior complexidade produzem grande parte dos bens produzidos pelos países de baixa complexidade e ainda os produtos mais complexos, necessariamente os produtos complexos são coproduzidos com um leque maior de outros produtos, estando muito conectados, apesar de sua baixa ubiquidade. No caso da agropecuária, ao explorar a relação entre complexidade e diversificação foram encontrados resultados distintos, que não mostram uma relação direta entre maior complexidade e maior diversificação, mas sim uma relação entre complexidade e diversificação dentro de uma gama específica de produtos da rede. Tal argumentação ficará mais clara adiante.

### **3.3.3 *Análise das grandes comunidades***

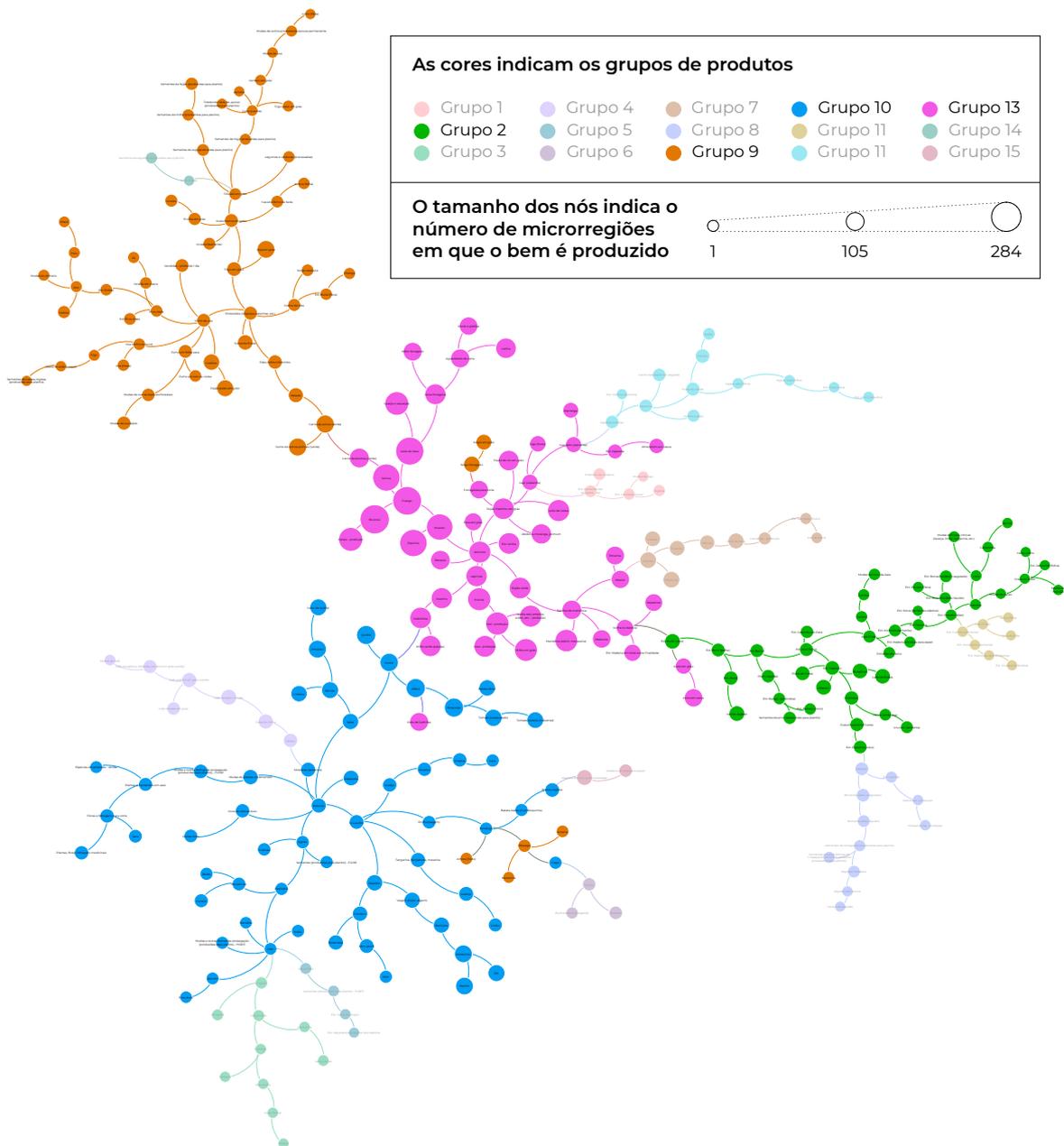
#### **3.3.3.1 *Natureza dos produtos e distribuição regional***

Para facilitar o entendimento sobre o posicionamento de cada grupo no espaço de produtos, é apresentada na figura 36 a rede no formato de árvore geradora máxima com as cores dos produtos representando a comunidade a que pertencem. Fica evidente a maior centralidade do grupo 13. Nessa representação, quanto maior o tamanho do nó, maior a ubiquidade do produto que ele representa.

A comunidade de produtos de número 13 apresenta a maior centralidade no espaço de produtos da agropecuária brasileira e também maior ubiquidade média. Como já foi dito, quanto mais central o produto é na rede, menor se espera que seja sua especificidade. A comunidade em questão mostra exatamente isso pois é central e é composta de produtos muito simples que, em sua maioria, podem ser produzidos tanto em pequena como em grande escala, com ou sem agregação de tecnologia, em praticamente qualquer condição geográfica encontrada no Brasil. Mesmo sem uma análise estatística mais apurada é possível argumentar que tais produtos, além da produção voltada ao mercado, também caracterizam produções de subsistência, pois muitos deles são indispensáveis na cesta de consumo de todas as regiões do Brasil, como o arroz, o feijão, a mandioca, banana, o leite, aves, bovinos, bem como muitos derivados desses produtos.

Para ter noção da distribuição espacial dos grupos ao longo do território nacional, foi contabilizado o número de produtos de cada grupo em que cada microrregião possui vantagem comparativa e analisada como fica a distribuição espacial. É interessante notar que o grupo 13 apresenta uma distribuição regional mais uniforme que os grupos 2 e 9 (comparação que poderá ser feita logo à frente), apesar de ter aparente intensidade no Nordeste do país. É possível

Figura 36 – Representação 4 - Rede de produtos como árvore geradora máxima - Partição em comunidades

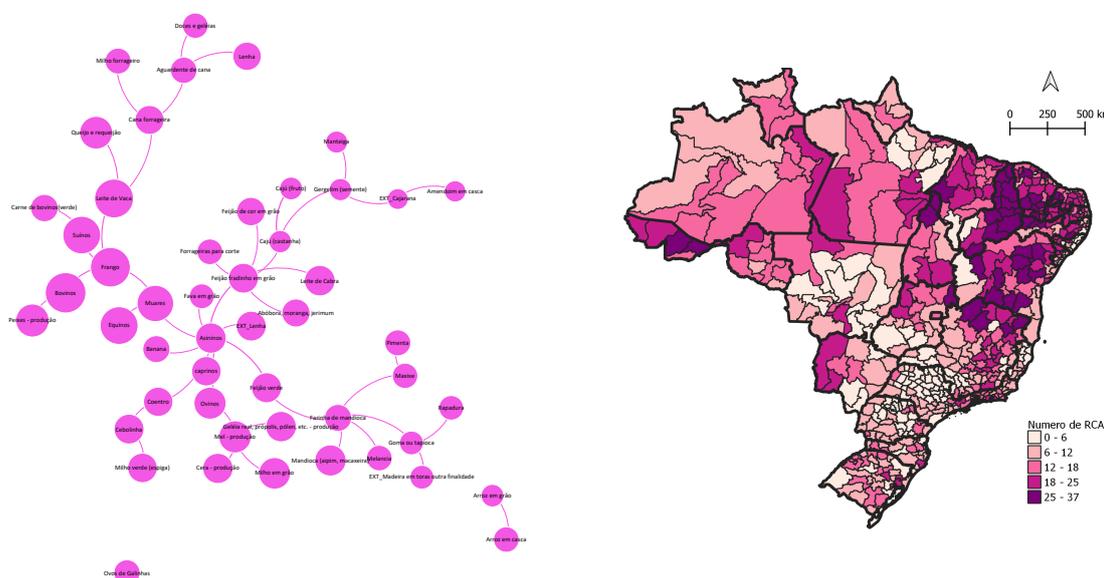


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE)

encontrar microrregiões com relativamente alta nesses produtos em praticamente todos os estados do Brasil.

A aparente concentração de produtos do grupo 13 no Nordeste do país é interessante pois percebe-se que essa intensidade começa no norte de Minas Gerais e Vale do Jequitinhonha, atravessa a Bahia e segue até o norte do Piauí, contando também com regiões em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Grande parte das microrregiões intensivas nesses produtos se localizam no sertão nordestino que, valendo-se de um fato estilizado, pode-se dizer que é região marcada pelas difíceis condições de produção agrícola. Além disso, tais regiões coincidem com os aglomerados de baixa tecnologia encontrados no capítulo 2.

Figura 37 – Grupo 13 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens comparativas reveladas



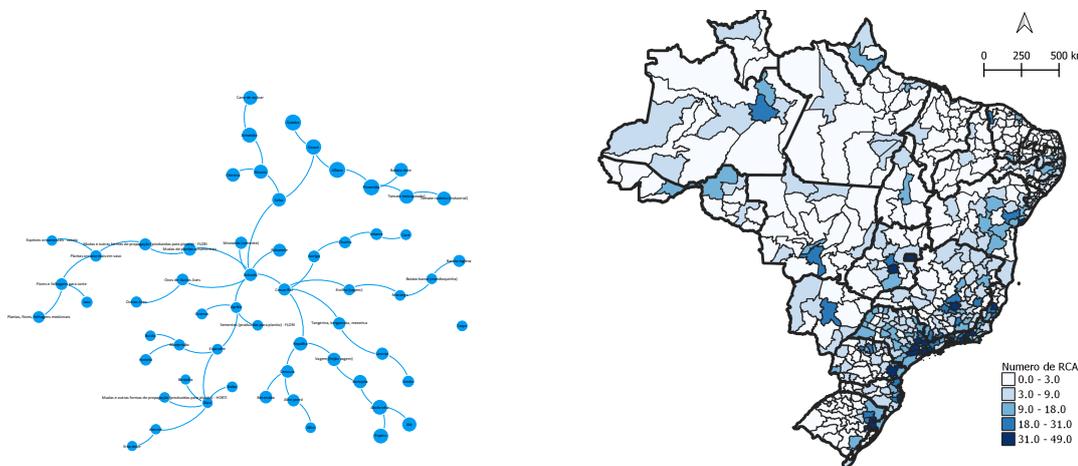
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Se essa lógica for válida, há mais um indício de que os produtos desse grupo são relativamente mais simples em termos produtivos que os demais e assumem maior importância em regiões de baixa produtividade. A medida de RCA utilizada é interessante nesse sentido, pois é possível que as demais regiões apresentem um valor de produção total nesse produtos tão grande quanto, entretanto a importância relativa desses produtos no Nordeste é claramente maior. Levando em conta essa distribuição regional e a centralidade do grupo na rede de produtos é possível argumentar que tais produtos formam a produção básica da agropecuária brasileira

O grupo 10 é o segundo de maior centralidade. A característica mais notável é que a grande maioria dos seus produtos pertence à categoria do IBGE "horticultura". A primeira intuição é esses produtos também são de fácil produção na maioria das regiões e estão também intimamente ligados à cesta alimentar das famílias brasileiras. Entretanto, tal constatação é ponderada por uma outra característica desses produtos que torna o entendimento da relação

entre esses bens e os indicadores econômicos mais complicada: sua perecibilidade.

Figura 38 – Grupo 10 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens comparativas reveladas



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

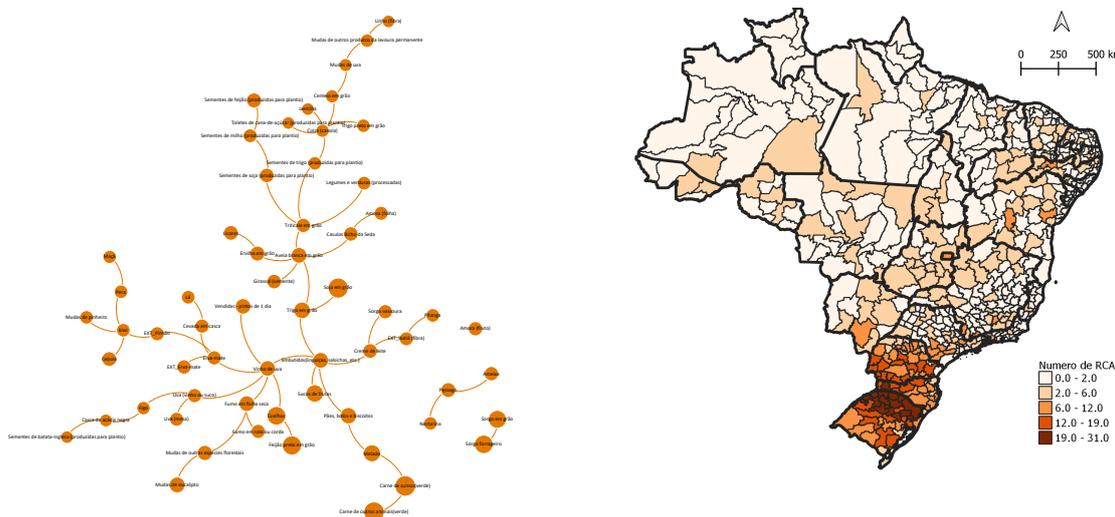
Não é muito forte a afirmação de que a maioria dos produtos desse grupo são perecíveis em curto período de tempo, relativamente aos produtos do grupo 13. A partir disso, é possível compreender o padrão de distribuição regional desses produtos, que estão relativamente bem distribuídos ao longo do território nacional – pois todas as macrorregiões tem pelo menos algumas microrregiões muito intensivas nesse grupo – e tem produção concentrada nas regiões próximas das capitais brasileiras ou dos grandes centros populacionais. Existe uma possível explicação: produtos com curto prazo de validade tendem a ter um custo de transporte unitário mais caro, de forma que sua produção estar próxima ao local de consumo é imperativo para a viabilidade da comercialização. Soma-se a isso a existência de canais de comércio mais desenvolvidos para esses produtos nos grandes centros populacionais, como os Centros Estaduais de Abastecimento (CEASA). Além disso, note-se que as regiões com maior intensividade na produção desses artigos agropecuários estão justamente entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, coincidindo com o centro populacional do país.

A maior proximidade dos centros populacionais exige produções com um nível mais elevado de produtividade. Em função disso, ao constatar que os produtos do grupo 10 se localizam próximos aos grandes centros, mesmo parecendo ser produtos de fácil produção, é esperado que ser mais especializado nesse tipo de bens esteja relacionado a regiões com economias mais dinâmicas, ou mais complexas. Tal percepção também ficará mais clara com a análise da complexidade das microrregiões no capítulo 4.

O grupo de número 9 talvez seja o mais emblemático, devido à variedade de tipos de produtos. Constam tanto produtos de agroindústria (por exemplo carnes verdes, embutidos, pães, sucos, fumo de corda, vinho), como produtos de fruticultura e silvicultura (pera, maçã, kiwi, casca de acácia e etc) e ainda há um grande ramo referente à produção de grãos como soja, aveia,

trigo, triticale e sorgo. É provável que a maioria desses produtos exija uma série de *capabilities* específicas para serem produzidos, o que pode explicar sua posição menos central na rede em comparação aos grupos anteriores. Isso é mais evidente ao refletir sobre as condições da produção de grãos, que usualmente estão relacionadas ao uso de maquinaria. Além disso os produtos de agroindústria se caracterizam por serem derivados de outros produtos agropecuários, portanto contando com mais etapas de processamento e exigindo outros tipos de conhecimentos. Para além disso, é possível encontrar produtos que tem a especificidade regional, caso da extração de pinhão e erva-mate, que são produtos ligados às condições edafoclimáticas do Sul do país. Por fim, assim como argumentam [Vieira-Filho e Fishlow \(2017, p. 44\)](#), as culturas de pêssego, maçã e figo são reconhecidamente culturas que exigem a incorporação de técnicas modernas de produção, o que dá indícios de maior nível tecnológico nesse grupo.

Figura 39 – Grupo 09 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens comparativas reveladas



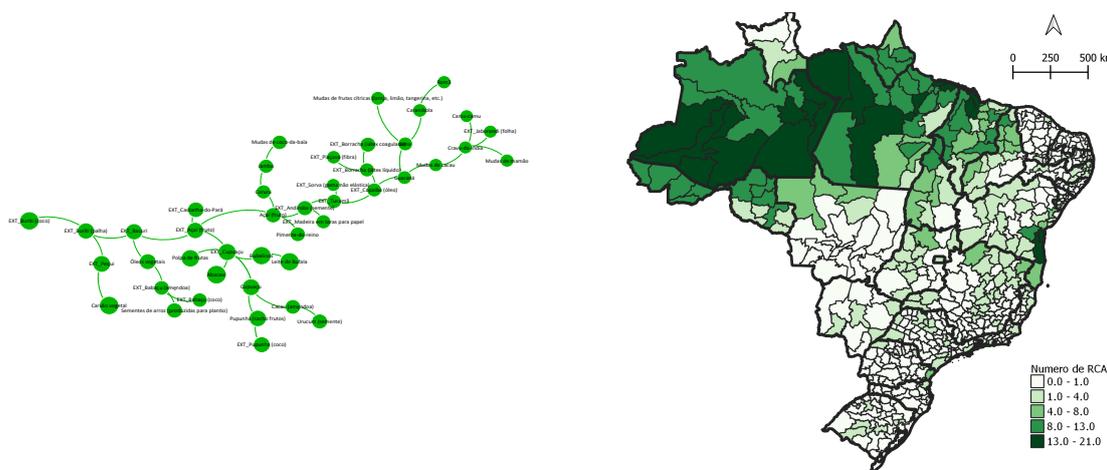
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE)

A distribuição espacial das vantagens comparativas do grupo 9 é condizente com o conhecimento estilizado que se tem sobre alguns produtos como uva, vinho, erva-mate, pinhão, produtos de fruticultura e a maioria dos grãos, mesmo que hoje a produção de soja esteja mais distribuída no país, incorporando o Centro-Oeste e atualmente regiões do Maranhão, Tocantins, Piuí e Bahia (fenômeno em grande parte não captado pelos dados de 2006). Além disso, quando se leva em consideração a distribuição espacial do índice tecnológico desenvolvido no capítulo anterior, ganha força a percepção de que os produtos desse grupo são mais sofisticados, pois os maiores índices de intensidade tecnológica são encontrados nos estados do sul do país, mesmo local onde estão localizados os produtos do grupo 9.

Por fim, no grupo 2 estão concentrados produtos que tipicamente são de extração vegetal. Tais produtos se caracterizam por menor intensidade tecnológica e menor sofisticação de forma geral, pois a natureza do processo produtivo é basicamente exploratório, mesmo que haja algum

nível de cultivo (nota-se que há muitos produtos com o prefixo "EXT", que remete à categoria extração, que estão conectados ao mesmo produto sem esse prefixo, que indica ser fruto do cultivo, geralmente enquadrados na categoria "lavoura permanente" do IBGE). Intuitivamente é possível afirmar que a sofisticação da produção de soja ou trigo, que envolve preparação da terra, adubação, fertilização e o uso de implementos agrícolas, é maior do que de produtos de extração como borracha ou açaí, que têm por base a coleta manual.

Figura 40 – Grupo 02 - Rede de produtos e distribuição espacial das vantagens comparativas reveladas



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Entretanto, enquanto o grupo 9 se afasta do centro da rede por carecer de condições técnicas mais peculiares, é provável que afastamento do grupo 2 seja principalmente devido às condições edafoclimáticas, pois a grande maioria dos produtos desse grupo têm características regionais muito forte, sendo plantas nativas de regiões do norte do país. Isso é condizente com a localização espacial apresentada na figura 40, em que se percebe clara intensividade de produção nas regiões do Norte do país.

### 3.3.3.2 Metodologia de cálculo dos indicadores por produto

Como já foi dito, as análises realizadas acima sobre cada grupo são importantes para se familiarizar com a rede e com a distribuição espacial dos grupos. Todavia, somente a análise visual não é suficiente. É necessário avançar na busca de padrões estatísticos para entender melhor quais as peculiaridades em relação aos grupos.

Para realizar isso, buscou-se uma forma de associar cada produto a variáveis socioeconômicas das regiões que tem vantagem comparativa naquele produto. Isso foi realizado através da fórmula abaixo, em que  $K_{p,0}$  indica a ubiquidade do produto  $p$ , ou seja, o número de regiões

que produzem esse produto com vantagem comparativa revelada, e  $X_c$  é o valor da variável em questão para a região  $c$ . Considerando que  $M_{cp}$  assume o valor 1 se a região  $c$  produz o produto  $p$  com vantagem comparativa, o que a fórmula faz é calcular uma média da variável  $X$  para aquelas regiões que produzem o produto  $p$ .

$$\bar{X}_p = \frac{1}{K_{p,0}} \sum_c M_{cp} X_c \quad (3.11)$$

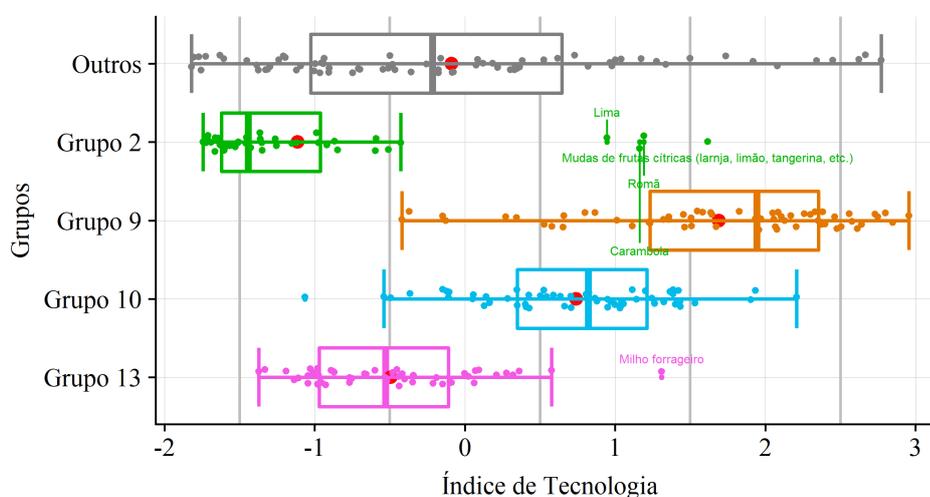
A partir dessa fórmula é possível criar indicadores para associar aspectos regionais, como nível de produtividade, desigualdade, educação, etc à cada produto, e portanto qualificar a análise sobre as comunidades encontradas na rede. Mesmo que se trabalhe apenas com médias, essa aplicação permite compreender melhor produtos e as condições econômicas das regiões.

Na avaliação que segue, quando se fala sobre uma variável socioeconômica para determinado produto ou grupo de produtos, refere-se à média daquela variável para aquele produto calculada a partir da equação 3.11.

### 3.3.3.3 Índice de tecnologia

Como na perspectiva da complexidade dos trabalhos de Hidalgo e Hausmann há uma associação importante entre o *product space* e a intensidade tecnológica dos produtos, a primeira variável que foi atribuída ao espaço de produtos da agropecuária foi o índice de tecnologia construído no capítulo anterior. Para isso, aplicou-se essa variável na fórmula acima e se obteve um valor de intensidade tecnológica associado à cada produto. Após, foram calculadas as médias para cada um dos grandes grupos. Como é possível ver no gráfico da figura 41, há indícios de que alguns grupos estão associados à maior intensidade tecnológica que outros.

Figura 41 – Boxplot do Índice de tecnologia por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Esse resultado corrobora a ideia de que os produtos do grupo 9 contam com maior tecnologia agregada em sua produção, pois geralmente as regiões que os produzem com vantagem comparativa são mais intensivas em tecnologia, na média, do que as regiões que produzem os demais grupos de produtos. As médias dos 4 grupos (representadas pelo ponto vermelho no meio de cada boxplot) são nitidamente diferentes em valor, aparecendo em primeiro lugar o grupo 9, seguido dos grupos 10, 13 e 2. Foi realizado um teste de médias<sup>21</sup> que permite afirmar rejeitar a hipótese nula de médias iguais, na comparação de cada par de grupos individualmente, com  $p\text{-valor} < 0,01$ .

Regiões que produzem bens dos grupos 2 e 13 tendem a apresentar níveis tecnológicos mais baixos comparativamente às regiões que produzem os bens dos grupos 9 e 10. Ou seja, há fortes indícios de que os produtos agropecuários seguem uma lógica semelhante à da complexidade em que se pode apontar certos produtos que carregam consigo um leque de conhecimentos mais amplo que outros produtos e que isso está diretamente relacionado com a gama de *capabilities* que podem ser encontradas nas regiões. Apesar da diferença na organização do espaço de produtos em relação à centralidade dos grupos de maior tecnologia, é possível afirmar que o leque de conhecimentos embutidos nos produtos são fator importante para sua aproximação na rede e formação de grupos.

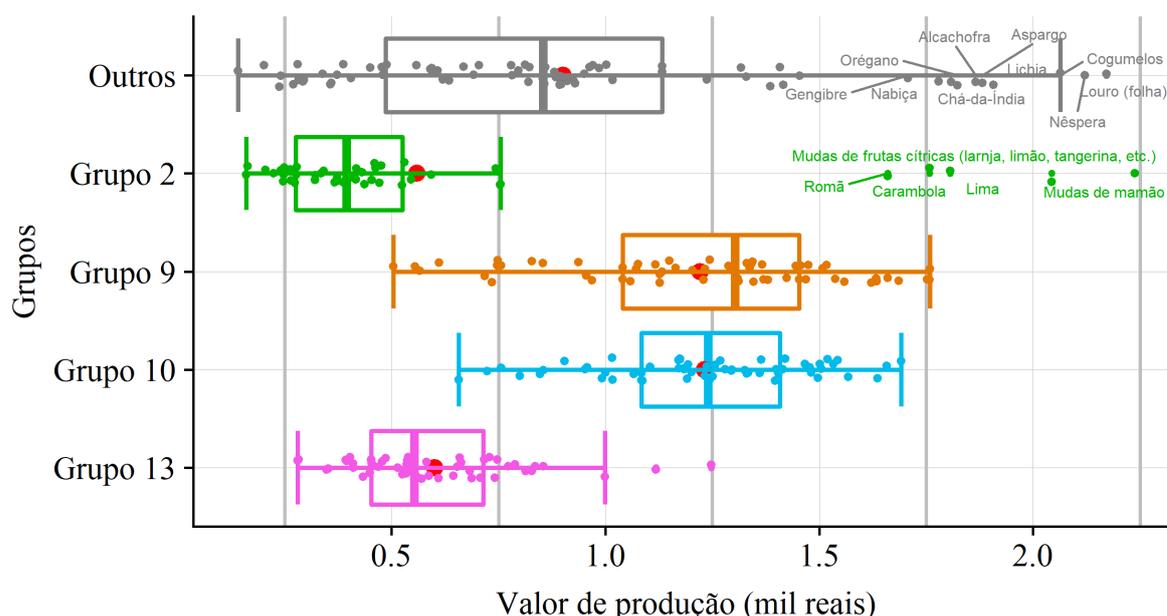
#### 3.3.3.4 Produtividade

A figura 42 mostra a distribuição do valor de produção por hectare entre os grupos de produtos, que pode ser entendido como uma medida de produtividade da terra. O comportamento é muito semelhante à distribuição da variável de tecnologia e traz outro resultado importante: grupos diferentes do espaço de produtos estão associados a diferentes níveis de produtividade. Note-se que novamente os produtos dos grupos 9 e 10 são produzidos em regiões que na média têm uma produtividade mais alta e os produtos dos grupos 2 e 13 estão associados a menores níveis de produtividade. Essa constatação é consistente com o que foi apresentado na figura 23, que indicava a correlação entre maior tecnologia e maiores níveis de produtividade da terra. A partir do teste de médias é possível dizer que os grupos 9 e 10 apresentam médias diferente dos demais, mas não é possível afirmar que entre si as médias desses dois grupos são significativamente diferentes. Como foi especulado anteriormente e será debatido no próximo capítulo, a localização da produção do grupo 10 é um fator fundamental para explicar os maiores níveis de produtividade e tecnologia associados a esses produtos.

Uma das principais proposições de Hidalgo et al. (2007a) é que determinados aglomerados do *product space* dos países são produzidos predominantemente por países centrais e outros caracterizam a produção de países periféricos, fazendo da rede de produtos um instrumento importante para compreender o desenvolvimento econômico. Quando se considera que algumas

<sup>21</sup> Foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar as médias dos grupos de produtos para as diversas variáveis ao longo deste capítulo.

Figura 42 – Boxplot do valor de produção por hectare por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

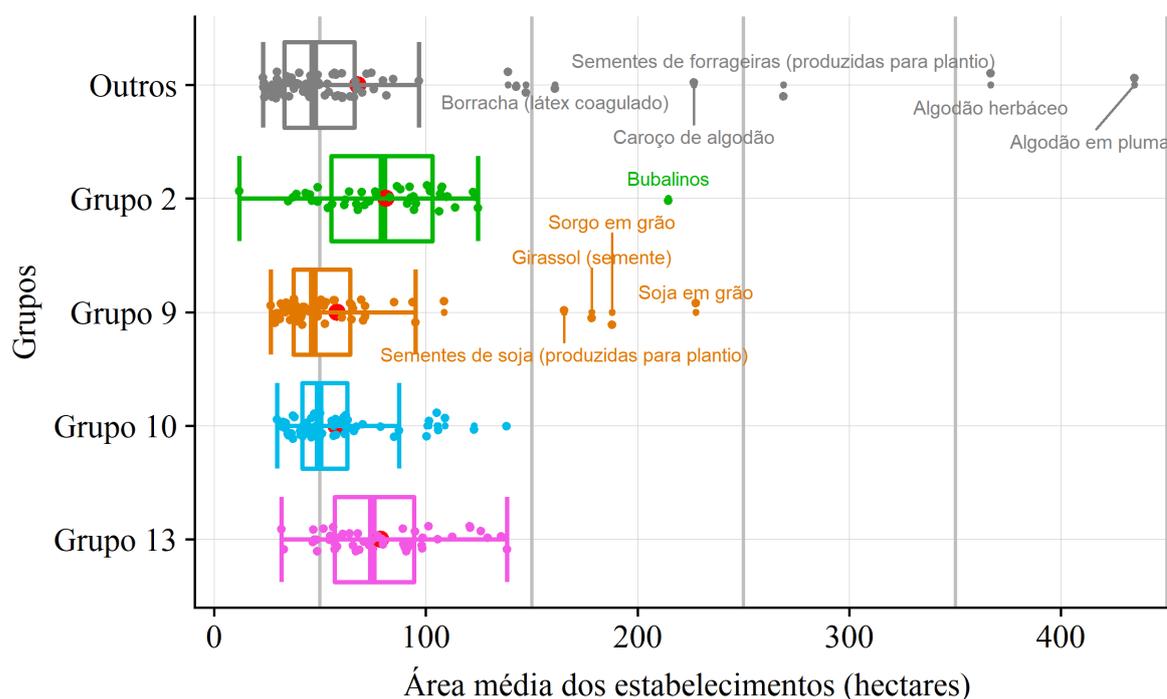
das medidas mais utilizadas para distinguir países centrais de periféricos (ou desenvolvidos de subdesenvolvidos) são o nível de renda per capita e a produtividade, percebe-se que o resultado apresentado nesta seção aproxima os trabalhos, pois está indicando que para cada região do espaço de produtos está associado um nível diferente de produtividade, mesmo que a relação entre centralidade e afastamento dos grupos na rede seja distinta. Esse resultado por si mostra que a rede de produtos da agropecuária é instrumento que pode ter grande importância na compreensão do desenvolvimento rural sob a ótica produtiva.

### 3.3.3.5 Tamanho dos estabelecimentos rurais e desigualdade fundiária

O tamanho das propriedades rurais, a concentração fundiária e sua relação com o desenvolvimento econômico foram centrais nas questões agrárias no Brasil, principalmente durante os anos 1960. As classificações de grande, médio e pequeno produtor, que colocam o tamanho das propriedades como variável de suma importância, foram centrais para o debate de desenvolvimento rural durante muito tempo, entretanto hoje existem evidências de que são categorias insuficientes para explicar a dinâmica rural e agropecuária, principalmente devido à enorme heterogeneidade entre estabelecimentos com mesma área. Apesar disso, é interessante verificar o que pode ser compreendido nessa questão a partir da metodologia proposta aqui.

Ao analisar a figura 43, percebe-se que os grupo 9 e 10 (de maior tecnologia) têm uma área média dos estabelecimentos menor que os grupos 2 e 13 (de menor tecnologia). O teste de médias não permitiu rejeitar a hipótese que os dois primeiros têm médias que são estatisticamente iguais, bem como ocorre para os dois últimos.

Figura 43 – Boxplot da variável área média dos estabelecimentos por grupo de produtos



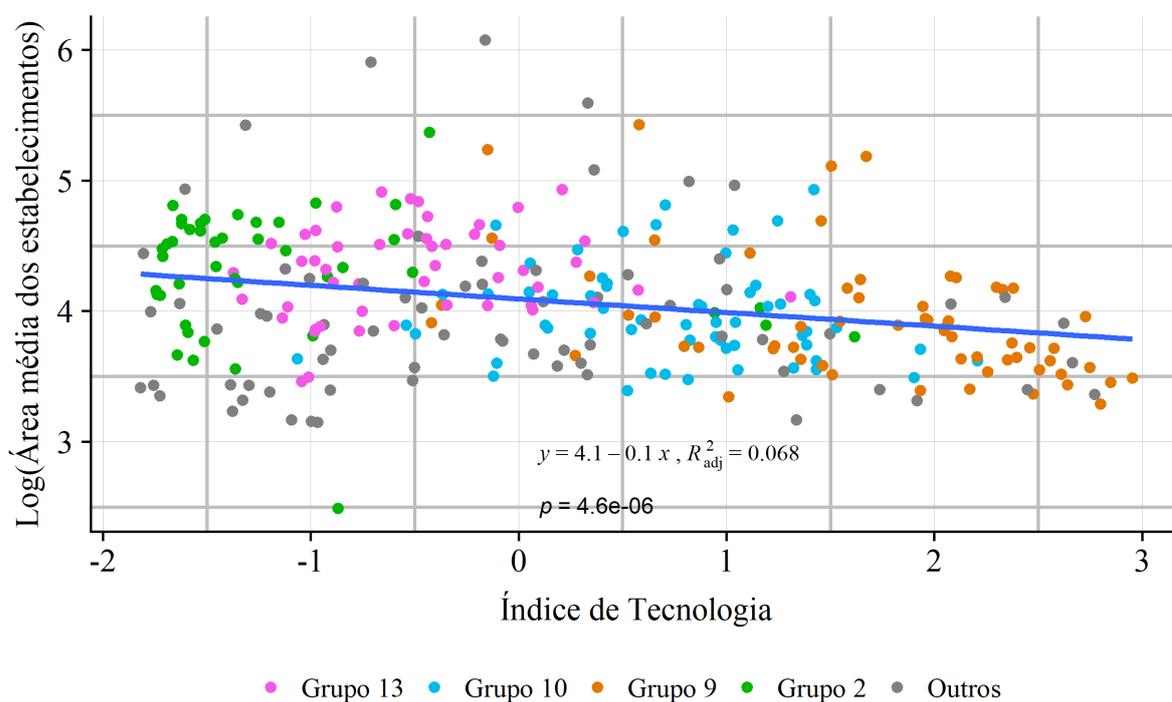
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Como foi discutido no final do capítulo anterior, é comum a utilização do argumento de que as culturas de maior tecnologia e produtividade são a produção de grãos em grandes estabelecimentos, ligadas ao chamado agronegócio. Mesmo que a variável aqui construída seja uma média e seja requerido um estudo mais profundo sobre o tema, há um indício importante de que esse argumento não é corroborado pelos dados agregados por grupos de produtos, pois apesar da produção de grãos aparecer como *outlier* na figura 43, o grupo todo tem um nível tecnológico e de produtividade elevado e uma área média das propriedades baixa.

Devido à análise da variável tecnológica e da produtividade realizadas anteriormente, poderia ser realizada a argumentação contrária, de que há uma relação negativa entre tamanho médio das propriedades e maior incorporação tecnológica. Essa percepção poderia ser fundamentada no fato de que existem diversas tecnologias poupadoras de terra e haveria maior tendência a sua difusão nos locais em que as terras são mais escassas, pois não há possibilidade de expansão da fronteira agrícola, como é o caso de diversas microrregiões da região Sul. Essa percepção é interessante e não pode ser totalmente descartada, entretanto ela não é tão evidente quando se observa a relação entre tecnologia e tamanho das propriedades. A figura 44 apresenta uma reta com ajuste muito baixo, apesar do p-valor significativo. Isso dá indícios de que pode haver uma relação entre menores área e maior intensidade tecnológica, mas que tal relação não é muito forte.

Enquanto a relação entre o tamanho das propriedades e a tecnologia não é clara, a relação

Figura 44 – Relação entre tecnologia e tamanho dos estabelecimentos rurais por produtos



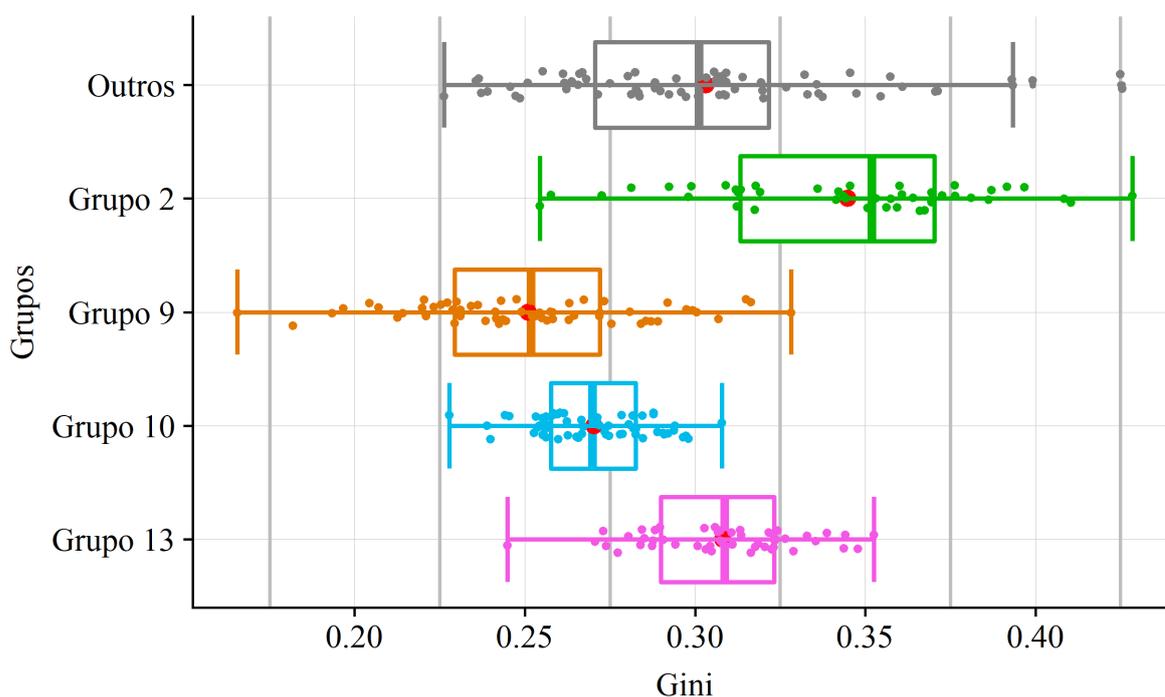
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

entre desigualdade fundiária e tecnologia é muito mais perceptível. Para visualizar isso, é válido dar atenção ao boxplot do índice de Gini da distribuição de terras nos municípios brasileiros<sup>22</sup>, na figura 45. Apesar de maior variabilidade, o grupo de produtos número 9 apresenta uma média para o índice de Gini que é nitidamente inferior às demais, indicando menor desigualdade fundiária. A seguir, por ordem de menor desigualdade, seguem os grupos 10, 13 e 2. O teste de médias rejeitou a hipótese nula de médias iguais para todas as comparações entre grupos.

Deve-se notar que em termos ordinais é apresentada a mesma sequência que na análise da tecnologia e da produtividade. Esse resultado indica que os produtos dos grupos 9 e 10, na média, estão associados a maior tecnologia, maior produtividade e menor desigualdade fundiária em comparação aos grupos 2 e 13. Evidente que o desenvolvimento econômico vai muito além dos poucos indicadores econômicos apresentados, mas pelo que foi visto até aqui é possível afirmar que existe uma relação entre o desenvolvimento rural das microrregiões e os grupos mapeados via espaço de produtos da agropecuária, mesmo que ainda seja necessário incorporar outras variáveis e as relações de causalidade ainda não sejam claras.

<sup>22</sup> Agradecemos aos colegas Hugo Carcanholo Iasco Pereira e João Prates Romero por disponibilizar os dados do índice de Gini fundiário, que foram desenvolvidos no trabalho Iasco-Pereira e Romero (2017). Em seu formato original, o índice foi criado para o recorte municipal. Para utilizar no presente trabalho, calculou-se a média a partir dos municípios de cada microrregião, desconsiderando observações faltantes. Esse índice de Gini refere-se à distribuição de terras dos municípios, de forma que quanto menor o índice, menor é a desigualdade fundiária. É importante frisar que esta é apenas uma aproximação, pois a agregação da média dos municípios não é ideal para representação a realidade da microrregião. Sugere-se a realização de um estudo mais profundo sobre a relação entre desigualdade fundiária e tecnologia para resultados mais robustos.

Figura 45 – Boxplot do índice de gini fundiário por grupo de produtos

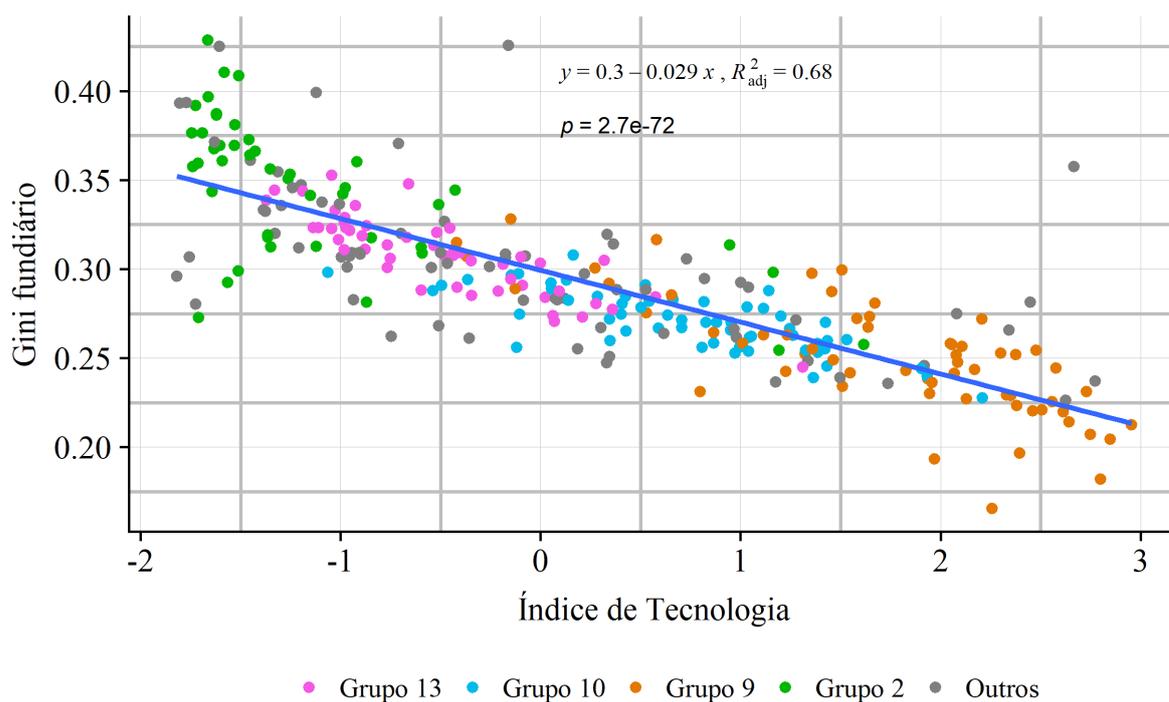


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e [Iasco-Pereira e Romero \(2017\)](#).

Um resultado interessante é a relação entre o índice de Gini fundiário e a tecnologia. Como fica evidente no gráfico 46, existe uma forte associação entre menores níveis de desigualdade fundiária e maiores níveis de tecnologia. Apesar de não serem verificadas inclinações muito diferentes entre os grupos, a figura mostra que de forma geral cada grupo de produtos compõe uma parte do gráfico. Se abstrairmos os aspectos geográficos que podem inviabilizar a produção de alguns produtos em determinadas regiões, é possível pensar o processo de desenvolvimento a partir do tipo dos bens produzidos nas microrregiões. Apenas como exercício, suponha que uma região com baixos níveis de tecnologia e alta desigualdade fundiária comece um processo de *catching up* e passe a melhorar esses indicadores. A partir do resultado encontrado aqui, espera-se que a região concomitante à melhoria dos indicadores passe também a apresentar maior participação dos produtos do grupo 13 em sua produção, e posteriormente dos produtos do grupo 10 e 9, nessa ordem. Ou seja, espera-se que haja uma correspondência entre o que se produz e o grau de desenvolvimento. Apesar dessa interpretação ser leviana por trazer uma visão linear e homogênea do desenvolvimento, que não condiz necessariamente com a realidade, ela ajuda a dar uma interpretação à relação entre produtos e desenvolvimento a partir do exercício que é realizado no trabalho.

Outra observação interessante da figura 46 é que, apesar de uma ótica diferente sobre desigualdade, ela permite diálogo com os resultados encontrados por [Hartmann et al. \(2017\)](#), que mostram como estrutura produtiva dos países (medida a partir do mix de produtos fabricados

Figura 46 – Relação entre desigualdade de terras (Gini fundiário) e tecnologia



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

e do indicador de complexidade econômica) é relacionada a menores níveis de desigualdade de renda. Segundo os autores, há determinados tipos de produtos que são associados a resultados mais favoráveis em termos de distribuição de renda. Evidente que desigualdade fundiária e desigualdade de renda têm suas particularidades e não têm uma correspondência direta, entretanto, dada a importância do fator terra na produção agropecuária, essa é uma faceta importante a ser explorada em termos de desenvolvimento rural. Por outro lado, o trabalho de [Vieira-Filho e Fishlow \(2017, pp. 50-69\)](#) argumenta que a geração, difusão e adoção de tecnologias na agricultura também estão atrelados à estrutura institucional e às trajetórias tecnológicas traçadas pelas regiões. Considerando que a desigualdade fundiária carrega consigo aspectos da formação histórica e trajetória institucional das regiões, é possível afirmar que na relação entre os tipos de produtos agropecuários produzidos, o nível de desigualdade fundiária e a intensidade tecnológica de uma região há um componente institucional importante. Esse resultado, portanto, indica que pesquisas visando entender a relação entre a estrutura produtiva do setor agropecuário das microrregiões e os aspectos institucionais podem ser um caminho promissor para compreender a heterogeneidade estrutural.

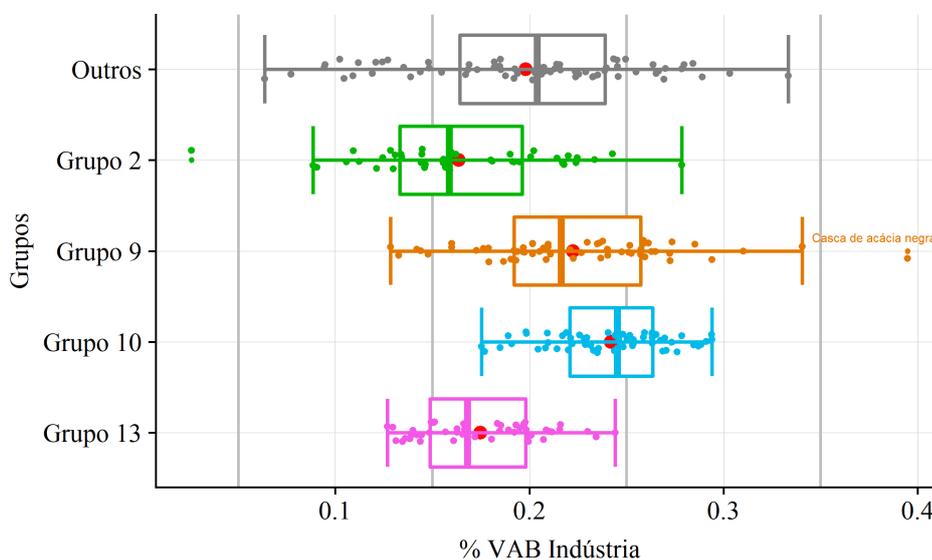
### 3.3.3.6 Relação com a indústria de transformação

O presente trabalho busca focar na dinâmica produtiva no meio rural, de forma que discutir sua relação com os demais setores de maneira aprofundada demandaria grandes modificações no seu escopo. Entretanto, na literatura de desenvolvimento econômico, principalmente na

vertente desenvolvimentista, a indústria tem uma papel preponderante, pois é associada a maiores níveis de crescimento do produto e da produtividade no longo prazo, tendo papel essencial para o desenvolvimento, principalmente devido à geração e difusão do progresso técnico para os demais setores da economia. Por esse motivo não é possível deixar de mostrar rapidamente os resultados obtidos quando se observa a conexão entre agropecuária e indústria sob a ótica do espaço de produtos.

Para representar isso, avaliou-se a participação da indústria no valor adicionado bruto das microrregiões para o ano de 2006<sup>23</sup>. Como é visto na figura 47, os produtos dos grupos 9 e 10 apresentam associação com microrregiões em que a indústria tem maior participação no valor adicionado, em contraposição aos grupos 2 e 13. Dado que grande parte das variáveis presentes na construção do índice de tecnologia dizem respeito à utilização de insumos provenientes de setores industriais – como maquinaria, adubos, agrotóxicos e mesmo as variáveis referentes à infraestrutura – presume-se que, devido aos custos de transporte, a facilidade de acesso à tecnologia é maior em regiões que possuem indústria de transformação. Portanto, esse resultado já era esperado, pois os dois primeiros grupos estão relacionados com maiores níveis de tecnologia na agropecuária.

Figura 47 – Boxplot da participação da indústria no valor adicionado bruto total da microrregião por grupo de produtos



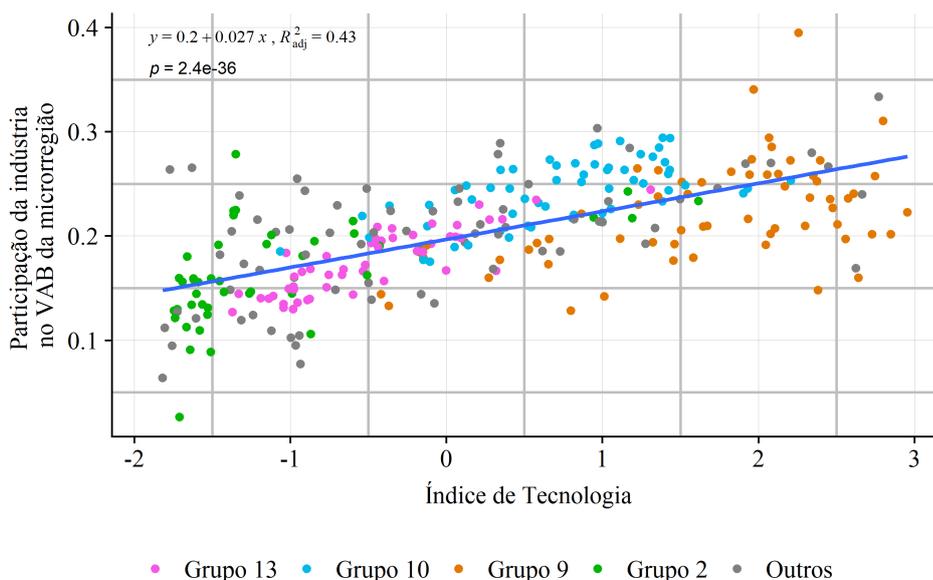
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Contas Regionais do IBGE (2006).

Além disso, seguindo a lógica da complexidade, uma maior participação de setores industriais em uma região indica um maior acúmulo de conhecimentos produtivos de diversos

<sup>23</sup> Dados do IBGE - "Tabela 5938 - Produto interno bruto a preços correntes, impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes e valor adicionado bruto a preços correntes total e por atividade econômica, e respectivas participações - Referência 2010".

tipos, como fica indicado no trabalho de [Hidalgo et al. \(2007a\)](#). Não é absurdo assumir que esse acúmulo de conhecimento seja extravasado para o setor agropecuário, fomentando dinâmicas econômicas mais complexas na agropecuária, explicando em parte o fato dos produtos de maior tecnologia serem produzidos em regiões de maior participação da indústria na média.

Figura 48 – Relação entre participação da indústria no valor adicionado bruto total da microrregião e o índice de tecnologia por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Contas Regionais do IBGE (2006).

A exemplificação dessa relação pode ser realizada com vários produtos, mas chama atenção que o produto que cujas regiões produtoras tem maior média de participação da indústria é a casca de acácia negra. É um exemplo interessante pois seu principal uso é a extração do tanino, substância muito valiosa para indústria de curtume. Ou seja, a dinâmica econômica propiciada pela indústria de couro que está intimamente ligada com a produção agropecuária de casca de acácia. É provável que essa relação com a indústria seja uma variável significativa na determinação de quais tipos de produtos cada região produz.

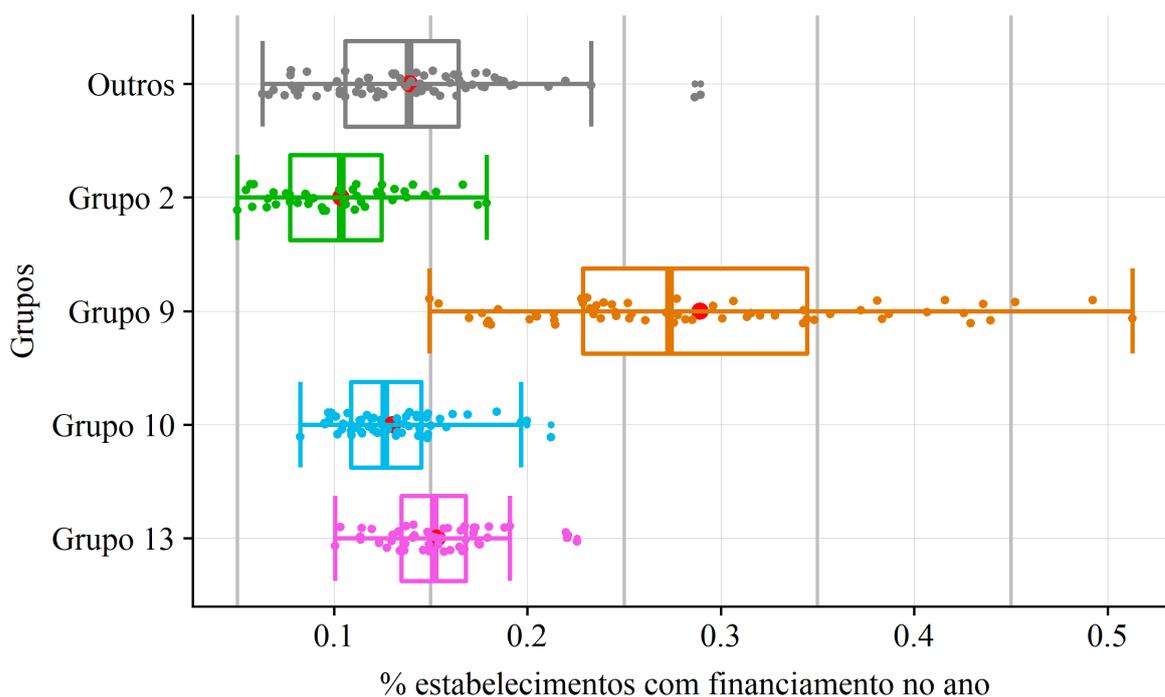
O teste de médias rejeitou a hipótese de médias iguais para a comparação entre a maioria dos grupos, com exceção da comparação entre os grupos 2 e 13. Vale destacar que o grupo de produtos número 10 apresenta maior média. Como já foi argumentado, esses produtos tem grande importância no consumo de alimentos da população e sua produção se concentra em regiões de alta densidade populacional, que geralmente também são centros industriais. Por fim, a figura 48 demonstra o indício de correlação positiva entre participação da indústria no valor adicionado bruto da microrregião e tecnologia. Como esperado, a parte superior da reta é rodeada de bens dos grupos 9 e 10.

### 3.3.3.7 Acesso a financiamento

Uma questão que aparece em diversos momentos na literatura de desenvolvimento rural é o papel do crédito à produção agropecuária. O argumento usual é que o acesso mais fácil à financiamentos tem um papel fundamental na ampliação da capacidade de investimento do estabelecimentos agropecuários. Mesmo que a ampliação do acesso ao crédito não possa ser considerado como um dos fins do desenvolvimento, sem dúvida ele opera como um importante instrumento, um meio, para o desenvolvimento. Neste estudo cabe abordar rapidamente essa questão pois é uma variável tida como fundamental no processo de difusão e adoção de novas tecnologias.

Para tal, captou-se o percentual de estabelecimentos que obteve financiamento no ano de 2006 para cada microrregião e, assim como para as demais variáveis, calculou-se a média para as regiões que têm vantagem comparativa em cada um dos produtos. A figura 49 mostra que os produtos do grupo 9 são produzidos em microrregiões em que há um maior percentual de estabelecimentos rurais que acessaram financiamento no ano de 2006. Esse resultado corrobora a importância do crédito para o processo de difusão e adoção de tecnologias.

Figura 49 – Boxplot do Acesso a financiamento por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Nessa figura chama atenção que o grupo 10 apresenta uma média menor de acesso a financiamento que o grupo 13, mesmo sendo o último relacionado a menores níveis de intensidade tecnológica, enquanto era esperado que o padrão seria contrário. Uma hipótese a ser estudada para explicar isso é que o grupo 10 incorpora técnicas produtivas avançadas mas de menor custo,

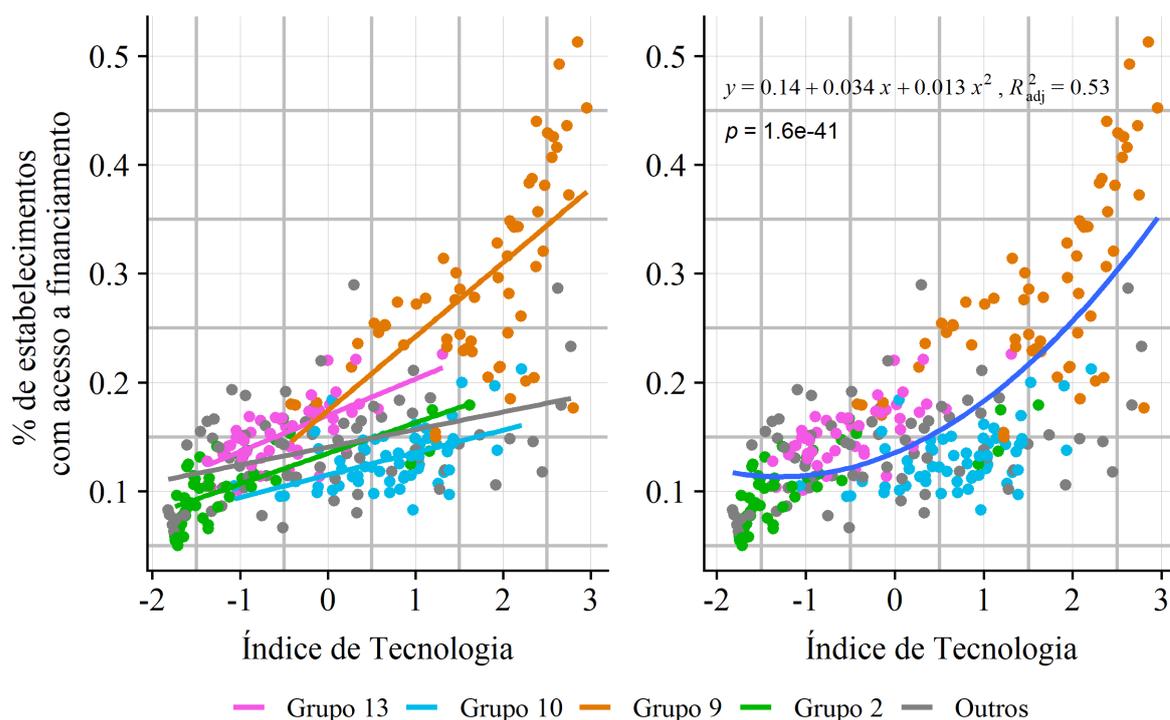
portanto não sendo o financiamento uma variável chave para explicar a adoção de tecnologias entre os produtores de bens desse grupo. Nesse caso, estaria sendo incorporado o terceiro tipo de tecnologia elencado por [Vieira-Filho e Fishlow \(2017, p. 43\)](#), em que não ocorre grande aumento de custos mas se ganha em produtividade utilizando "novas técnicas de colheita, de espaçamento adequado do plantio, sistemas de pastagem, integração lavoura-pecuária-floresta e uso de variedades de alto rendimento". Vale observar que tais técnicas não são mapeadas em no índice de tecnologia, principalmente devido à limitação dos dados e deixa um campo aberto para trabalhos futuros. Mas é provável que o índice de tecnologia desenvolvido nesse trabalho possa ser usado também como *proxy* para as tecnologias não mapeadas, assim como no caso da biotecnologia e dos melhoramentos genéticos. É improvável que tais tecnologias surgiram em locais muito diferentes daqueles onde já é possível encontrar uso intensivo de tecnologia, pois como foi discutido há um padrão espacial não aleatório na distribuição de tecnologia.

Outra hipótese para o caso do grupo 10 é que simplesmente maior acesso à orientação técnica qualificada permita maior incorporação de progresso técnico, se considerar a difusão enquanto um processo de comunicação do conhecimento, como aborda [Gastal \(1986\)](#). O teste estatístico indicou rejeição da hipótese de que as médias dos grupos são iguais.

Vale fazer a reflexão de que, se considerar o financiamento enquanto um custo associado à incorporação de novas tecnologias e a produtividade como os benefícios dessa incorporação, os produtos do grupo 10 parecem ser aqueles cujo retorno nessa relação é maior pois são produzidos em regiões com maiores níveis de produtividade, maiores níveis tecnológicos, mas cujo percentual de estabelecimentos que acessou financiamento é menor. Evidente que essa também é apenas mais uma hipótese que se pode levantar a partir dos resultados desse exercício exploratório e carece investigação com maior rigor, entretanto é uma ideia interessante de ser perseguida pois tais produtos seriam um possível caminho para o processo de incorporação tecnológica em regiões que produzem majoritariamente os produtos dos grupos 2 e 13 e que estão associados a baixos níveis de produtividade.

Essa relação entre o nível de acesso à financiamento e o índice de tecnologia fica mais claro na figura 50, que relaciona a média de intensidade tecnológica com a média de acesso a financiamento das microrregiões por produto. Fica claro que produtos produzidos em regiões com maior acesso a financiamento também são produzidos em regiões com maior intensidade tecnológica. Como as duas variáveis dizem respeito às médias das mesmas regiões, na verdade o gráfico apresenta uma correlação entre as variáveis nas regiões. O ganho que se tem ao calcular essas médias por produtos é justamente estratificar, de forma que se pode perceber qual a relação entre essas variáveis por grupos de produtos. O que chama atenção é como o grupo de maior intensidade tecnológica e acesso a financiamento tem uma inclinação na reta maior que os demais. Ou seja, dois indícios importantes nos gráficos. O primeiro é que os produtos do grupo 9 tem relação com maiores níveis tecnológicos devido a maiores níveis de financiamento, em comparação com os demais grupos; o segundo é que os produtos do grupo 10 são mais

Figura 50 – Relação entre tecnologia e financiamento por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

eficientes nessa relação, pois apresentam um nível alto de tecnologia sem se valer tanto do crédito, corroborando a hipótese levantada anteriormente<sup>24</sup>. Por fim, é importante destacar que existem inúmeras outras formas de inferir sobre essa relação, através do uso de outros indicadores de crédito, como por exemplo o montante disponibilizado em cada região. É possível que os valores totais sejam maiores para os outros grupos enquanto o indicador utilizado está mapeando apenas uma distribuição mais uniforme entre os estabelecimentos ao considerar apenas o percentual que acessou financiamento.

### 3.3.3.8 Intensidade da mão de obra

Usualmente a incorporação de novas tecnologias está associada à ampliação da intensidade do uso de capital. Em alguma medida isso está representado no índice de tecnologia, pois as variáveis de mecanização tem um importante peso. Entretanto existe outra faceta dessa questão, que diz respeito à relação entre intensidade de mão de obra e a tecnologia, assunto muito caro ao debate de desenvolvimento. Como foi assumido que os produtos estão relacionados às trajetórias tecnológicas das regiões, é importante verificar a relação entre os grupos de produtos e a intensidade da mão de obra. O ponto de partida para discutir essa questão é que usualmente se considera que um dos efeitos da adoção de novas tecnologias na agricultura leva à economia

<sup>24</sup> Devemos frisar mais uma vez que as relações apontadas aqui são meros indícios, pois não foram testadas econometricamente e portanto não há um controle de variáveis adequado que permita afirmar a existência de correlações.

do fator trabalho empregado na produção, como aborda [Vieira-Filho e Fishlow \(2017, p. 46\)](#). Ao analisar como os diferentes grupos de produtos estão relacionados com maior ou menor intensividade da mão de obra foram encontrados resultados dúbios, de acordo com o indicador utilizado.

No primeiro caso, quando é considerado o número de pessoas ocupadas por estabelecimento agropecuário, encontra-se um resultado mais próximo da visão tradicional de tecnologia, em que o grupo 9, de maior intensidade tecnológica, apresenta média significativamente menor da intensividade da mão de obra do que os demais grupos. É um resultado esperado levando em consideração uma visão estilizada da tecnologia enquanto poupadora de mão de obra. Entretanto, somente com essa perspectiva fica difícil de explicar o fato do grupo 10 apresentar maior intensividade de mão de obra do que o grupo 13 e uma média estatisticamente não diferente do grupo 2 (quando realizado um teste de médias obtém-se um p-valor maior do que 0,05).

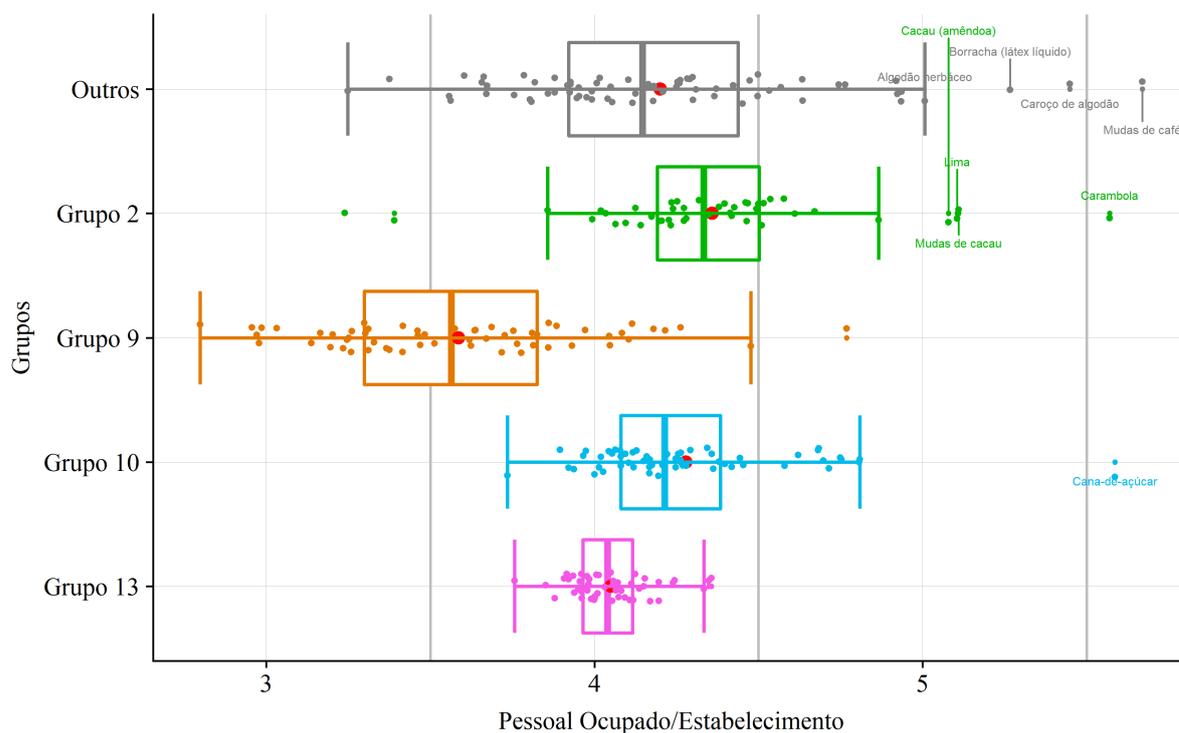
É necessário compreender que uma perspectiva teórica jamais conseguirá explicar na totalidade os fenômenos do mundo real, que por essência são multifacetados. Por exemplo, sabe-se que a tecnologia agrícola pode atuar no sentido de ampliar o uso de mão de obra com fins de aumento da produtividade por hectare, como no caso da aplicação manual de agrotóxicos, que exige a incorporação de mais tempo de trabalho visando reduzir o número de plantas perdidas por pragas, etc. Pensando nesses termos é possível entender o fato dos produtos do grupo 10 apresentarem uma média de ocupação de mão de obra por estabelecimento mais alta dado seu nível tecnológico, principalmente considerando que os produtos desse grupo são majoritariamente de horticultura e muitas vezes não permitem o uso de mecanização intensiva, de forma que a tecnologia empregada provavelmente não é tão poupadora de mão de obra.

É interessante notar que entre os *outliers* de maior média se destaca a cana-de-açúcar que eleva a média do grupo 10 e cuja colheita notadamente era intensiva no uso da mão de obra em 2006. Atualmente é provável que esse indicador seria muito menor para esse produto. Além disso destoam do grupo 2 a produção das frutas carambola e lima, condizente com a intensividade de mão de obra da produção de fruticultura e a produção de cacau, cultura também conhecida por ter a colheita manual.

Por outro lado, quando se avalia o pessoal ocupado por hectare são pequenas as diferenças das médias dos grupos de produtos. O grupo 2, de menor tecnologia, e o grupo 9, de maior tecnologia, inclusive apresentam médias que não são significativamente diferentes. O grupo 10, que tem o segundo maior nível de intensidade tecnológica apresenta maior intensividade de mão de obra por hectare e também não rejeita a hipótese de ter uma média igual ao grupo 13, quando exigida significância de 1%. A inconclusividade sobre qual a relação entre intensidade tecnológica e intensividade de mão de obra fica mais evidente.

Explorar de forma mais profunda essa questão desviaria o escopo do presente trabalho, entretanto cabe o apontamento de que existem pelo menos duas explicações *ad hoc* para esses resultados, sendo ambas relacionadas à construção do último indicador. A primeira é que ele

Figura 51 – Boxplot da variável pessoal ocupado por estabelecimento por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

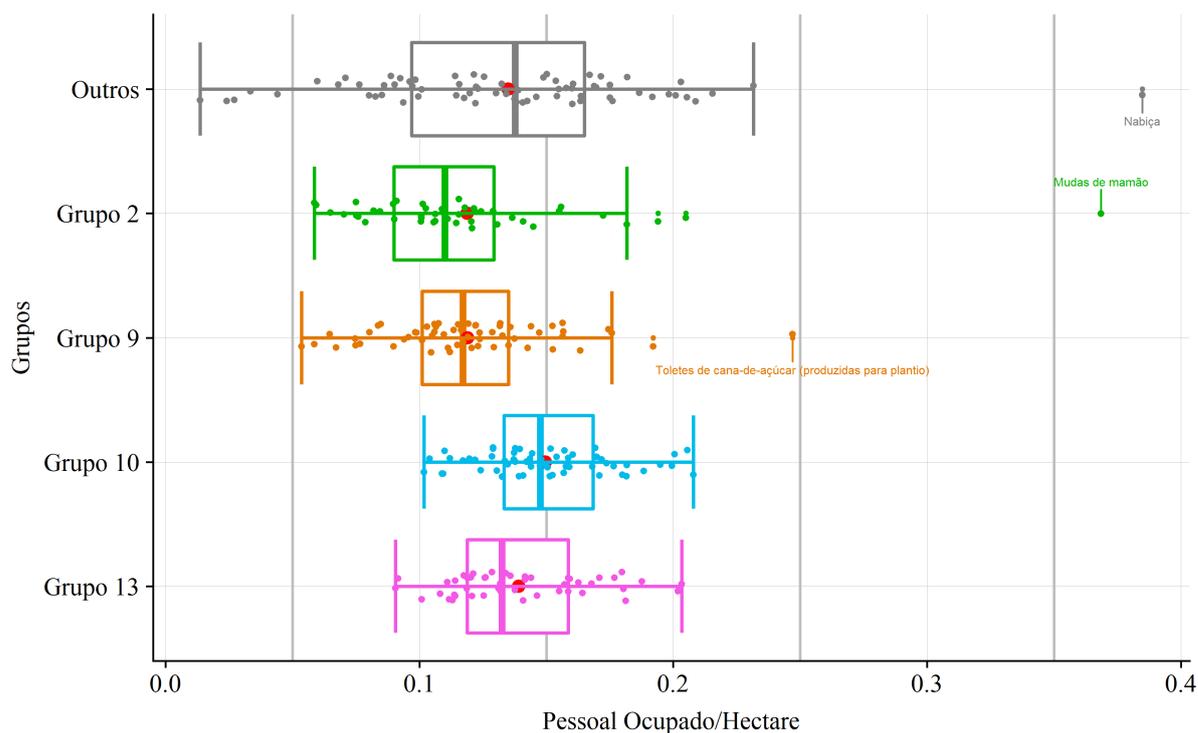
é subestimado em regiões com maior presença de floresta, pois considera toda a área dos estabelecimentos agropecuários, mesmo aquelas que não são exploradas economicamente, o que pode ser o caso do grupo 2, cujos produtos estão concentrados na região Norte. A segunda é que a própria medida de pessoal ocupado não consegue captar o efeito da tecnologia sobre a redução parcial do tempo de trabalho, de forma que ainda considera o trabalhador como ocupado na propriedade a despeito do crescimento da sua renda proveniente de atividades não agropecuárias, o que caracteriza a pluriatividade, que é um fenômeno crescente e que suscita amplo debate no campo do desenvolvimento rural.

### 3.3.3.9 Desenvolvimento Humano

Apesar do foco deste capítulo ser a compreensão da heterogeneidade estrutural na agropecuária, principalmente no que diz respeito à conexão entre os diversos produtos, o nível tecnológico das microrregiões e indicadores econômicos, é importante dar indícios de como essa análise pode contribuir para uma perspectiva de desenvolvimento para além das mudanças no setor produtivo.

Tendo como pano de fundo a perspectiva do desenvolvimento humano, em especial a obra de Sen (2018), é difícil conceber a ideia de desenvolvimento simplesmente enquanto crescimento da renda per capita, da produtividade, da participação da indústria ou avanço tecnológico, pois se sabe que apesar de usualmente haver uma correlação entre essas variáveis e outros indicadores

Figura 52 – Boxplot da variável pessoal ocupado por hectare por grupo de produtos



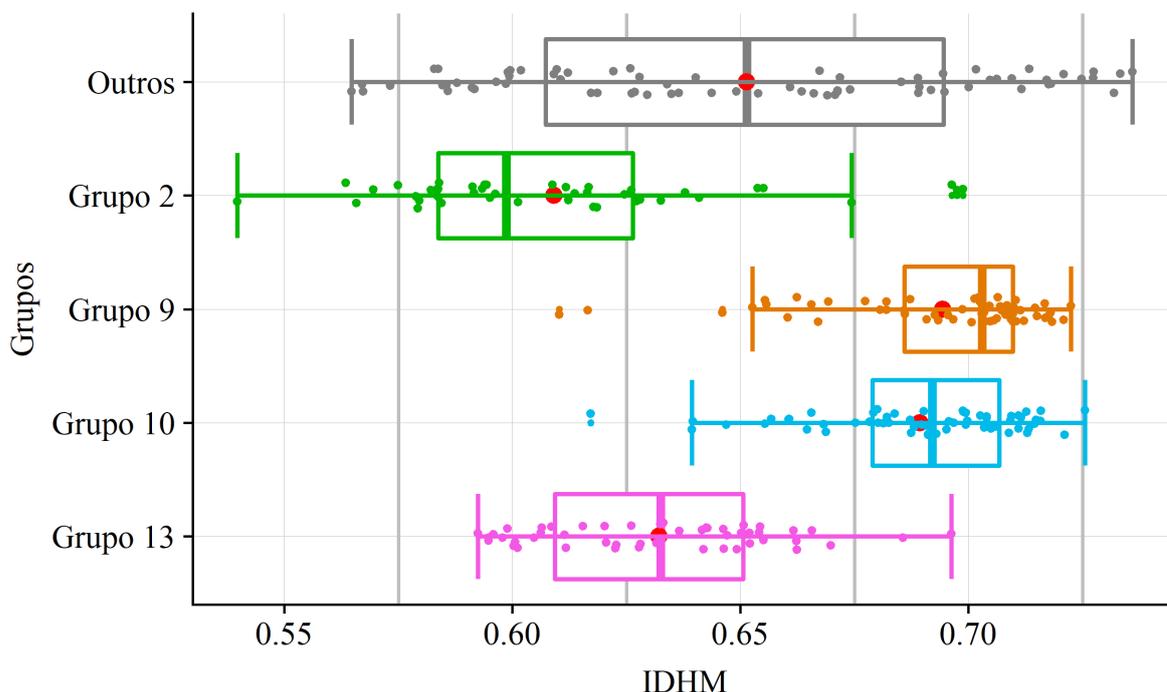
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

de desenvolvimento, elas não necessariamente significam redução das privações de liberdade que são enfrentadas pelas pessoas, que é a representação do próprio desenvolvimento na perspectiva na abordagem das capacitações e do desenvolvimento humano. A redução das privações de liberdade, além de contar com influência de aspectos políticos, culturais e legais, tem um determinante material que é fundamental para propiciar liberdade substantiva às pessoas, de forma que avaliar questões como educação, saúde, segurança e distribuição de renda é um passo fundamental para compreender o desenvolvimento de uma região.

Novamente, uma avaliação completa sobre a relação entre os produtos agropecuários e o desenvolvimento humano considerado em termos multidimensionais levaria a uma mudança drástica no escopo deste trabalho. Entretanto, é válida a análise de algumas variáveis para dar indicativos sobre o comportamento dessa relação e instigar pesquisas futuras nesse campo. Com esse objetivo, apresentamos a distribuição do IDHM<sup>25</sup> de 2010, retirados do Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil. Assim como o índice de Gini fundiário, os dados originais

<sup>25</sup> O IDHM conta com três dimensões: longevidade, educação e renda. Nas dimensões longevidade e renda, considera-se apenas uma variável para cada dimensão, sendo elas expectativa de vida ao nascer e renda per capita, respectivamente. Na dimensão educação são considerados os indicadores de escolaridade da população adulta (pessoas de 18 anos ou mais de idade com fundamental completo) e fluxo escolar da população jovem (que é calculado a partir da média aritmética do percentual de crianças de 5 a 6 anos frequentando a escola, do percentual de jovens de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental, do percentual de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo e do percentual de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo).

Figura 53 – Boxplot do IDHM (2010) por grupo de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Brasil (2013).

eram referentes aos municípios brasileiros e a partir deles foi calculada a média aritmética de cada microrregião. Essa média que foi utilizada como variável no cálculo do indicador para os produtos. É importante frisar que o IDHM considera o município como um todo, portanto não diz respeito somente ao meio rural.

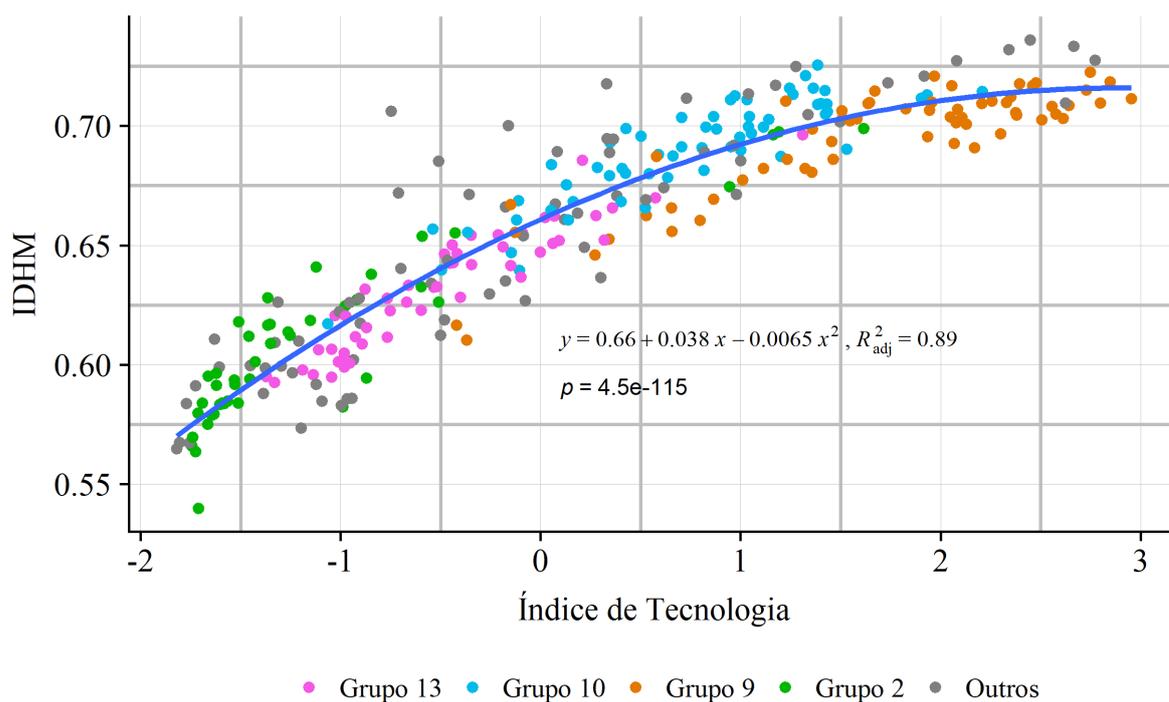
Os gráficos de boxplot da figura 53 mostram que, assim como esperado, os produtos dos grupos 9 e 10 são produzidos em microrregiões que apresentam maiores níveis de desenvolvimento humano em média. O teste estatístico indicou que para esses dois grupos não é possível rejeitar a hipótese de que suas médias são iguais. Entretanto há indícios de diferenças significativas para outros dois grupos de produtos.

Buscando explorar a relação entre os produtos, o nível de tecnologia das regiões e o nível de desenvolvimento humano, a figura 54 mostra que há uma relação positiva entre tecnologia e desenvolvimento humano. Quando se verifica o grupo dos produtos, fica evidente que há maior concentração dos grupos 9 e 10 com valores maiores de IDHM e tecnologia, entretanto é difícil afirmar que há diferenças significativas nas inclinações das retas ajustadas.

### 3.3.3.10 Educação

Visando explorar um pouco mais essa perspectiva do desenvolvimento humano, apresenta-se uma pequena análise do comportamento de alguns indicadores educacionais. Dentre outras possibilidades, optou-se por explorar esse aspecto porque o presente trabalho quer entender

Figura 54 – Relação entre IDHM (2010) e tecnologia



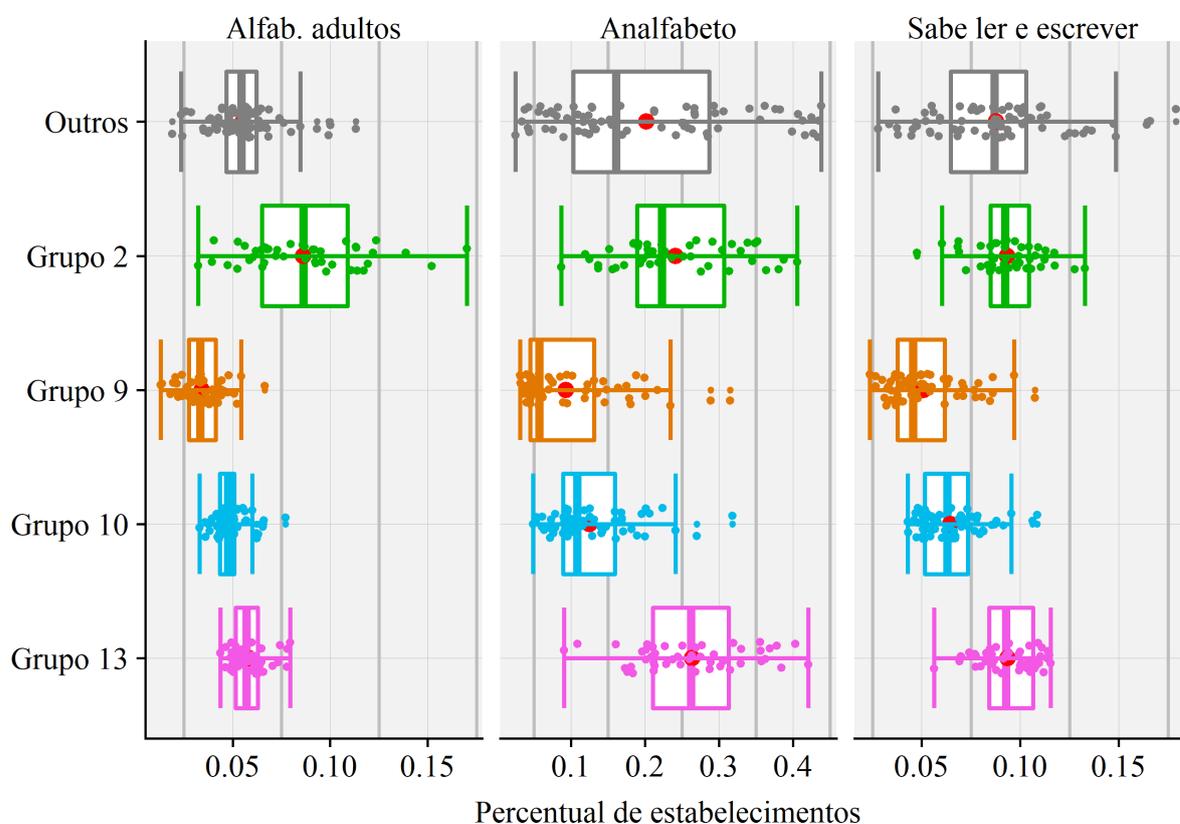
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Brasil (2013).

melhor a difusão tecnológica na agropecuária. Avaliar a qualificação dos dirigentes dos estabelecimentos é interessante, pois esse é um fator importante no processo de adoção de novas tecnologias, como apontam Gastal (1986) e Vieira-Filho e Fishlow (2017). Para tal, avalia-se o nível de instrução das pessoas que dirigem os estabelecimentos agropecuários a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006.

Primeiramente, mostra-se a distribuição do percentual de estabelecimentos por nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento e por grupos de produtos, considerando os níveis mais baixos de instrução: analfabetos, pessoas que tiveram alfabetização apenas enquanto adultos e pessoas que não tiveram educação formal mas sabem ler e escrever. O padrão geral é que os produtos dos grupos 2 e 13 tem médias superiores de pessoas com baixo nível de instrução na direção dos estabelecimentos quando comparados com os grupos 9 e 10. Fica claro que os dirigentes analfabetos são a maioria entre esses três níveis, com médias que variam de 9,33%, no grupo 9, até 26,36% para o grupo 13. Ao realizar teste de médias, verificou-se que para o nível "alfabetização de adultos" a hipótese nula de médias iguais é rejeitada para todos os grupos com 1% de significância, já para os níveis "analfabeto" e "sabe ler e escrever" não foi possível rejeitar a hipótese nula de que os grupos 2 e 13 tem a mesma média. Todas as demais comparações rejeitaram a hipótese nula.

Já na figura 56 são apresentados níveis de instrução mais altos. A primeira observação é que o nível de escolaridade com os maiores percentuais é o de "fundamental incompleto" que

Figura 55 – Percentual de estabelecimentos por nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - analfabetos, sabe ler e escrever e alfabetização de adultos



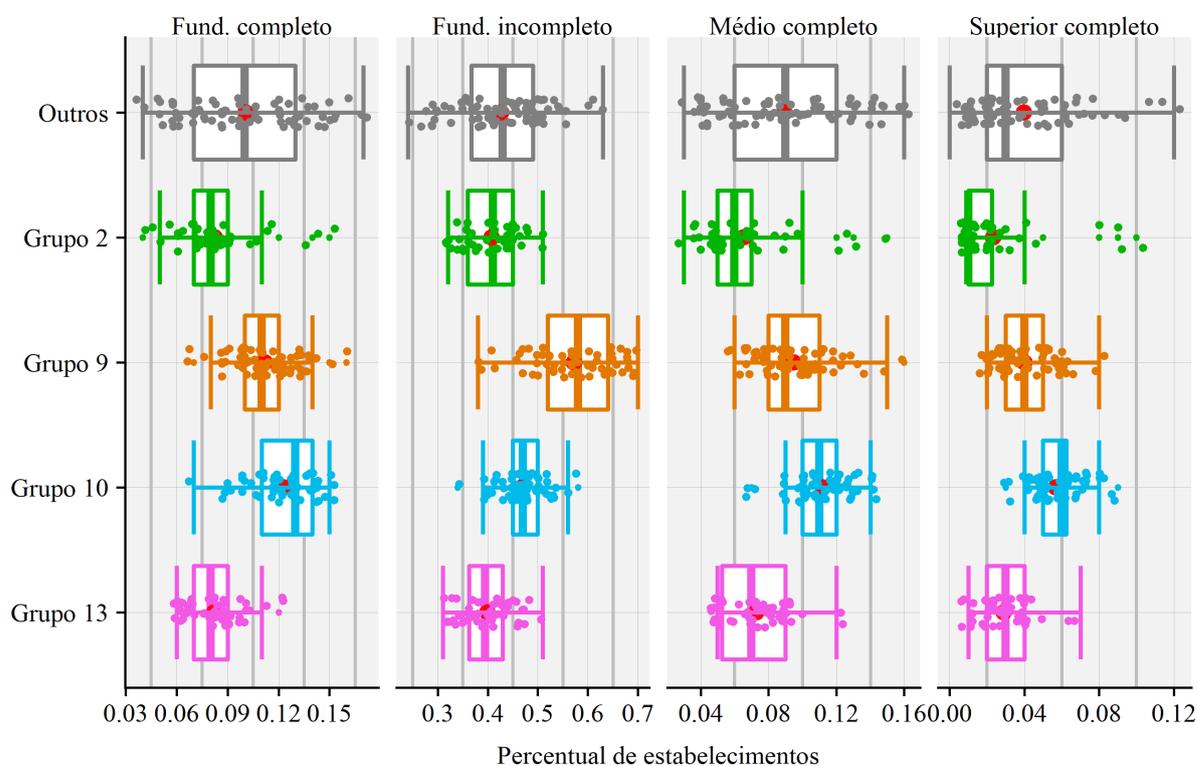
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

varia de 39,92% na média do grupo 13 até 57,34% na média do grupo 9. O padrão perceptível é que os grupos 2 e 13 estão associados a menores níveis de instrução e os grupos 9 e 10 associados a maiores níveis de instrução. Isso porque já no primeiro nível de escolaridade com estudo regular (fundamental incompleto) os grupos 9 e 10 apresentam médias maiores que os outros dois. Ao realizar o teste de médias não se rejeitou a hipótese de que os grupos 2 e 13 tem a mesma média para os níveis "fundamental incompleto" e "fundamental completo". Para todos os demais níveis e grupos rejeitou-se a hipótese de médias iguais.

Para uma perspectiva mais geral, é interessante avaliar os níveis educacionais do conjunto da população cujo domicílio se encontra em zona rural. Para isso, foram obtidos dados sobre o nível de instrução a partir do Censo Demográfico 2010 do IBGE<sup>26</sup>. Como é possível notar, a distribuição dos diferentes níveis entre os grupos de produtos segue a mesma lógica que a qualificação dos dirigentes do estabelecimento. Os produtos dos grupos 9 e 10 apresentam médias maiores do que os grupos 2 e 13 para os níveis mais altos de instrução, enquanto ocorre o oposto

<sup>26</sup> Dados da tabela "3540 - Pessoas de 10 anos ou mais de idade, por nível de instrução, segundo a situação do domicílio, o sexo, a cor ou raça e os grupos de idade". Variável nível de instrução da população cuja situação do domicílio é rural. É importante observar que não havia dados disponíveis para a microrregião de Fernando de Noronha, de forma que foi atribuída a média do estado de Pernambuco para essa região.

Figura 56 – Percentual de estabelecimentos por nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Fundamental incompleto a superior

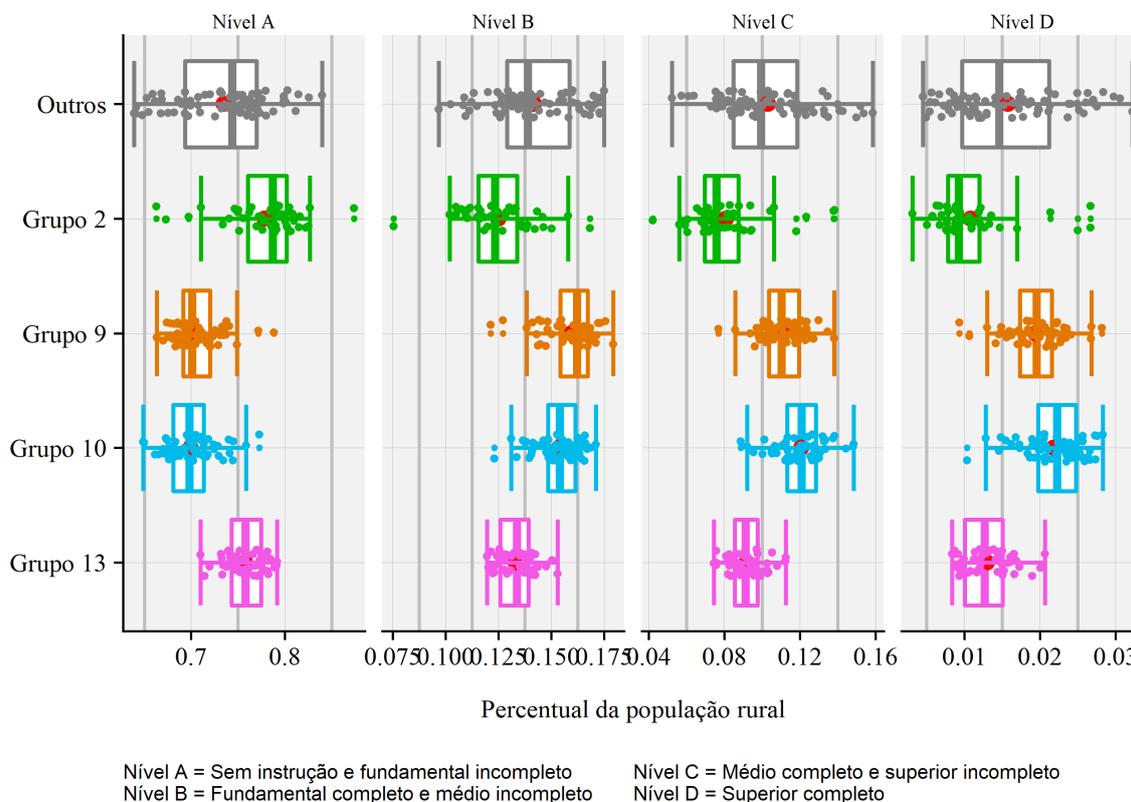


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

para os níveis mais baixos. Os testes de médias para todos os níveis indicaram que somente para os grupos 9 e 10 no nível A (sem instrução e fundamental incompleto) não é possível rejeitar a hipótese nula de que as médias desses dois grupos é igual, com um p-valor de 0,011.

Ou seja, em termos educacionais os dados corroboram a ideia de que a difusão e adoção de tecnologia na agropecuária está intimamente ligada ao conhecimento formal e à comunicação. Aqueles grupos de produtos que já sabemos estarem associados a maiores níveis de tecnologia e produtividade também estão relacionados a maiores níveis educacionais, seja considerando o dirigente do estabelecimento, seja considerando a escolaridade média da população situada no meio rural.

Figura 57 – Distribuição da população com domicílio rural por nível de instrução e grupos de produtos.



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Censo Demográfico 2010 (IBGE).

### 3.4 Considerações Finais

Nesse exercício exploratório primeiramente foi construído o *product space* da agropecuária brasileira, realizada a partição da rede em comunidades e analisada sua organização. Foi possível verificar que a rede apresenta a lógica de aproximar os produtos que tendem a ser produzidos conjuntamente. A partir das características da rede foi possível entender algumas questões relativas à produção agropecuária brasileira: i) pela distribuição do peso das arestas constatamos que, em relação a todos os pares de produtos possíveis, poucos são aqueles cuja a probabilidade de produção conjunta é significativa; ii) a partir da análise de componentes do grafo e da constatação da fácil formação de ilhas, descobrimos que há uma série de produtos com características de produção muito específicas, que tem baixa ubiquidade e que tendem a ser produzidos de forma isolada; iii) mais ao centro da rede estão localizados produtos cujas produção não exige um leque de *capabilities* muito específicas, portanto de produção mais simplória, implicando distribuição espacial mais homogênea pelo país; iv) produtos com maior especificidade na produção, seja em termos tecnológicos (produtos do grupo 9, concentrados na região Sul) ou climáticos (produtos de extração do grupo 2, concentrados na região Norte) - e

portanto menos ubíquos - estão localizados à margem do espaço de produtos e tem distribuição espacial mais concentrada; v) há indicativos de que a distância das microrregiões até os centros populacionais influenciam nos tipos de produtos que serão produzidos.

Em um segundo momento, foram calculadas estatísticas para relacionar os produtos a indicadores socioeconômicos das microrregiões que os produzem, permitindo assim uma visualização da relação entre o tipo de estrutura produtiva e questões ligadas ao desenvolvimento econômico. Foi possível constatar que: i) determinados grupos de produtos estão associados com maiores níveis de produtividade e tecnologia; ii) a desigualdade fundiária está mais relacionada ao tipo de produtos que é produzido e aos níveis de intensividade tecnológica que à área média dos estabelecimentos agropecuários; iii) os bens produzidos na agropecuária estão associados a diferentes níveis de participação da indústria no valor adicionado bruto das microrregiões, assim como maiores níveis de intensidade tecnológica também estão; iv) o financiamento à produção agropecuário tem um papel importante na incorporação de tecnologia e a relação entre o crédito e o nível tecnológico das microrregiões varia de acordo com o tipo de bem produzido; v) diferentes tipos de produtos estão associados a diferentes níveis de desenvolvimento humano, sendo as microrregiões que produzem produtos de maior intensidade tecnológica também microrregiões de maior IDHM, na média; e vi) os grupos de produtos associados com maiores níveis de tecnologia, produtividade, desenvolvimento humano, participação da indústria e menores níveis de desigualdade estão associados com maior nível educacional, tanto dos dirigentes de estabelecimentos como da população domiciliada no meio rural. Além disso, constatou-se que a análise da relação entre tecnologia e intensividade da mão de obra, realizada através dos diferentes produtos, não é conclusiva.

Os resultados sobre a relação entre os diferentes grupos de produtos e as variáveis socioeconômicas são, talvez, os mais interessantes apresentados no presente trabalho, pois encontrar médias tecnológicas significativamente diferentes para os grupos mostra indícios de que, apesar de ser muito importante, não são apenas aspectos edafoclimáticos que determinam quais produtos têm maiores probabilidades de serem produzidos conjuntamente. As condições sociais e econômicas tem uma relação com o tipo de produção realizada em determinada região, seja como consequência ou como causa (não é possível inferir causalidade a partir dessa análise). Esses resultados dão indícios da possibilidade de utilizar a abordagem da complexidade para avaliar as estruturas produtivas e entender melhor o problema da heterogeneidade estrutural ao indicar que existe uma relação entre o tipo de produto que se produz, as condições tecnológicas das regiões e os indicadores econômicos. Além disso, permite uma aproximação importante com a perspectiva estruturalista, caso se suponha uma relação de causalidade em que o tipo dos produtos determina as condições econômicas, sociais e principalmente a trajetória de desenvolvimento das microrregiões.

Foram obtidas respostas importantes aos questionamentos feito. Por outro lado, se for aceita a hipótese de que a lógica da complexidade é aplicável ao setor agropecuário, considerando

a espacialidade da produção, entra-se no mesmo dilema encontrado nos estudos da complexidade para pensar o desenvolvimento em uma perspectiva dinâmica: se a região não possui as *capabilities* necessárias para produzir um determinado produto, mas somente conseguirá obter tais *capabilities* uma vez que produza esse produto (devido ao conhecimento tácito necessário), como é possível para uma região adentrar em novas atividades? Mais ainda, aceitando a hipótese de que a tecnologia é a causa determinante da heterogeneidade estrutural na agropecuária, o dilema apresentado acima toma uma nova forma, com contornos mais específicos, mas que continua relacionado com a natureza da produção: é o fato de produzir determinados tipos de produtos que leva a maiores níveis tecnológicos nas regiões ou é a existência de maiores níveis tecnológicos na região que permitem produzir determinados tipos de produtos? A relação de causalidade entre essas variáveis também não é clara e novas agendas de pesquisa podem ser abertas a partir desse questionamento.

A resposta apresentada pela própria visão da complexidade – que remete diretamente à perspectiva estruturalista – parece válida, qualquer que seja a relação de causalidade assumida: é necessário realizar mudança estrutural para reduzir as discrepâncias que caracterizam a heterogeneidade estrutural. Ou seja, é preciso uma ação deliberada de alteração das condições econômicas e sociais visando a criação de condições objetivas diferentes que permitam o florescimento de novos produtos ou tecnologias cuja dinâmica econômica intrínseca seja mais favorável ao desenvolvimento econômico.

Tem-se plena consciência de que esse estudo é apenas exploratório e ainda apresenta limitações. É necessário, em primeiro lugar, proceder testes de validação sobre a não aleatoriedade da rede. Outra questão importante é explorar com maior profundidade quais as condições climáticas associadas a cada um dos grupos de produtos encontrados, para que se possa ir além da intuitividade do pesquisador na avaliação da lógica de organização da produção no Brasil. Além disso, é preciso compreender melhor o que baliza a distribuição dos produtos que tendem a formar ilhas e realizar estudos de caso para entender a especificidades desses produtos. Por fim, a utilização de instrumentos econométricos para buscar inferir sobre a causalidade nas relações apresentadas durante este capítulo é uma grande agenda de pesquisa que está em aberto.

O próximo capítulo buscará avaliar qual a validade da utilização dos índices de complexidade econômica das microrregiões e dos produtos para retratar as relações apresentadas aqui. Esse é um passo importante pois caso tais indicadores operem da mesma forma que nos estudos da complexidade que são utilizados como referência para este trabalho, será possível resumir grande parte das relações apresentada neste capítulo em apenas dois índices, que poderão ser utilizados para estudos empíricos futuros que busquem dar respostas aos questionamentos apresentados nestas considerações finais.

# 4 Índice de Complexidade Econômica da agropecuária brasileira

## 4.1 Introdução

O objetivo do presente capítulo é explorar a possibilidade do índice de complexidade econômica (*economic complexity index - ECI*), referente às microrregiões brasileiras, e do índice de complexidade de produtos (*product complexity index - PCI*) serem utilizados para retratar a heterogeneidade estrutural na agropecuária brasileira.

Para isso, o capítulo é dividido em quatro seções. A primeira explica a metodologia dos trabalhos de [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), [Hidalgo et al. \(2007b\)](#), que foram tomados como base para a elaboração dos índices de complexidade para a agropecuária, assim como o cálculo dos índices PRODY e EXPY, cuja metodologia provém do trabalho de [Hausmann, Hwang e Rodrik \(2007\)](#). Na segunda seção é apresentado o índice de complexidade de produtos. Como principal contribuição é demonstrado que os grupos de produtos que se esperava terem maior sofisticação na produção são aqueles que contam com maiores níveis de complexidade, corroborando a análise do espaço de produtos que foi realizada no capítulo anterior.

A terceira seção apresenta o índice de complexidade econômica da agropecuária para as microrregiões brasileiras. O trabalho desenvolvido, que ainda não havia sido realizado em outros estudos no Brasil, mostra fortes indícios de que as regiões com maiores índices de complexidade também apresentam melhores condições quando analisadas questões de produtividade, tecnologia, desigualdade fundiária e desenvolvimento humano. Além disso, é realizada uma análise de autocorrelação espacial (*local indicators of spatial autocorrelation - LISA*), que rejeita a hipótese de aleatoriedade na distribuição espacial da complexidade econômica, bem como onde estão localizadas os aglomerados de regiões com alta e baixa complexidade. É possível dizer que a principal contribuição deste capítulo é demonstrar que o índice de complexidade econômica está associado a maiores níveis de desenvolvimento e que seu cálculo para o Brasil pode ser um caminho para avançar no entendimento da relação entre estrutura produtiva e desenvolvimento. Ao final, são mostradas representações de rede que enfatizam como a abordagem da complexidade permite entender a heterogeneidade estrutural a partir dos dois instrumentos propostos: os índices de complexidade econômica e o espaço de produtos da agropecuária.

## 4.2 Metodologia

### 4.2.1 Base de dados

Neste capítulo, foram utilizados os dados do Censo Agropecuário 2006 do IBGE para o cálculo dos índices de complexidade econômica, bem como para a análise dos resultados. A principal variável utilizada foi o valor de produção de cada produto em cada uma das 558 microrregiões brasileiras, considerando a classificação do próprio IBGE. Às observações faltantes e àquelas que o valor foi propositalmente omitido pelo critério de não individualização da produção adotado no Censo, foi atribuído o valor zero, pois, como explicado na metodologia dos capítulos anteriores, o viés causado por essa opção tende a ser pequeno. Além disso, foram utilizados alguns indicadores auxiliares na análise de resultados. São eles: índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM, Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil), valor adicionado bruto da indústria (Contas Nacionais 2006, IBGE), analfabetismo entre dirigentes de estabelecimentos rural (Censo Agropecuário 2006, IBGE), percentual da população domiciliada no meio rural sem educação formal (Censo Demográfico 2010, IBGE), área total dos estabelecimentos agropecuários (Censo Agropecuário 2006, IBGE) e índice de Gini Fundiário Municipal, obtido no trabalho de [Iasco-Pereira e Romero \(2017\)](#). As variáveis cuja disponibilidade era limitada ao recorte municipal foram agregadas para o nível microrregional a partir do cálculo de médias aritméticas simples.

### 4.2.2 Cálculo do índice de complexidade de produtos (PCI) e complexidade econômica (ECI)

Para calcular os índices de complexidade econômica e de produtos para a agropecuária brasileira foi utilizado o chamado Método dos Reflexos<sup>1</sup>, cuja aplicação econômica é proposta em [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), [Hausmann et al. \(2014\)](#), que são as referências principais para toda esta seção, porém com adaptações para os objetivos propostos neste trabalho. A primeira mudança importante é que no lugar dos países são utilizadas as microrregiões brasileiras. Em segundo lugar, os dados do Censo Agropecuário consideram toda a produção, independente se o destino é o consumo próprio nos estabelecimentos, a comercialização no mercado interno ou exportação.

O passo inicial para o cálculo dos indicadores é o desenvolvimento da mesma matriz  $M_{cp}$  utilizada para a criação da rede de produtos, em que

$$M_{cp} = \begin{cases} 1, & \text{se } RCA_{cp} \geq 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4.1)$$

<sup>1</sup> Tradução livre para *Method of Reflections*

Lembrando que  $RCA_{cp}$  se refere ao valor da vantagem comparativa revelada (ou quociente locacional) da região  $c$  no produto  $p$ , que é dado pela fórmula 4.2.<sup>2</sup>

$$RCA_{cp} = \frac{VP_{cp}}{\sum_p VP_{cp}} / \frac{\sum_c VP_{cp}}{\sum_c \sum_p VP_{cp}} \quad (4.2)$$

Na matriz  $M_{cp}$ , as linhas correspondem às microrregiões e as colunas correspondem aos produtos. Ao somar os valores de cada linha, obtém-se o número de produtos em que cada microrregião apresenta vantagem comparativa revelada, que é uma medida de diversificação, o que é indicado por  $K_{c,0}$  na equação 4.3. Por outro lado, ao somar as colunas da matriz, obtém-se o número de microrregiões em que cada produto é produzido com vantagem comparativa, o que é uma medida de ubiquidade para cada produto, representada por  $K_{p,0}$  na equação 4.4.

$$K_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (4.3)$$

$$K_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (4.4)$$

Uma vez calculadas essas medidas básicas de ubiquidade e diversificação, o método consiste em realizar iterações entre as duas medidas. A forma generalizada de cada nível de iteração é dada pelas equações 4.5 e 4.6, em que  $N$  indica qual o nível da iteração:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} \cdot k_{p,N-1} \quad (4.5)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_c M_{cp} \cdot k_{c,N-1} \quad (4.6)$$

Ao substituir 4.6 na equação 4.5, obtém-se a expressão 4.7, que envolve uma matriz quadrada simétrica de microrregiões nas linhas e nas colunas, da mesma forma que inserindo 4.5 na equação 4.6 tem-se a equação 4.8, que envolve uma matriz quadrada simétrica com produtos nas linhas e nas colunas.

$$k_{c,N} = \sum_{c'} \widetilde{M}_{cc'} k_{c',N-2} \quad (4.7)$$

$$k_{p,N} = \sum_{p'} \widetilde{M}_{pp'} k_{p',N-2} \quad (4.8)$$

Em que as matrizes simétricas são dadas pelas expressões 4.9 e 4.10:

<sup>2</sup> Para ver um pouco mais sobre o indicador basta retornar à página 82.

$$\widetilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp}M_{c'p}}{k_{c,0}k_{p,0}} \quad (4.9)$$

$$\widetilde{M}_{pp'} = \sum_c \frac{M_{cp'}M_{cp}}{k_{c,0}k_{p,0}} \quad (4.10)$$

As equações 4.7 e 4.8 são satisfetias quando  $k_{c,N} = k_{c,N-2} = 1$  e  $k_{p,N} = k_{p,N-2} = 1$ , que são iguais aos maiores autovetores das matrizes  $\widetilde{M}_{cc'}$  e  $\widetilde{M}_{pp'}$ , respectivamente. Dado que um autovetor cujos elementos todos são 1 não traz muitas informações relevantes sobre variância, o que interessa ao cálculo é o segundo maior autovetor de cada uma das matrizes, que é chamado de  $\vec{C}$  para a matriz de microrregiões e de  $\vec{P}$  para a matriz de produtos. Em  $\vec{C}$ , o primeiro elemento  $C_1$  corresponde à microrregião número 1,  $C_2$  corresponde à microrregião número 2 e assim por diante. O análogo é válido para o vetor  $\vec{P}$ , em que  $P_1$  corresponde ao produto número 1,  $P_2$  ao produto 2 e assim sucessivamente. Esses autovetores resumem a maior variância possível de cada uma das matrizes em um único vetor.

$$\vec{C} = (C_1, C_2, \dots, C_c) \quad (4.11)$$

$$\vec{P} = (P_1, P_2, \dots, P_p) \quad (4.12)$$

A complexidade econômica (ECI) e a complexidade de produtos (PCI) será o desvio em relação à média dos elementos de cada um desses vetores, representados pelas equações 4.13 e 4.14, respectivamente.

$$\overrightarrow{ECI} = \frac{\vec{C} - \langle \vec{C} \rangle}{\text{stdev}(\vec{C})} \quad (4.13)$$

$$\overrightarrow{PCI} = \frac{\vec{P} - \langle \vec{P} \rangle}{\text{stdev}(\vec{P})} \quad (4.14)$$

Nessas equações,  $\langle \vec{C} \rangle$  e  $\langle \vec{P} \rangle$  representam a média dos elementos de  $\vec{C}$  e  $\vec{P}$  e  $\text{stdev}(\vec{C})$  e  $\text{stdev}(\vec{P})$  representam o desvio padrão.

$$\overrightarrow{ECI} = (ECI_1, ECI_2, \dots, ECI_c) \quad (4.15)$$

$$\overrightarrow{PCI} = (PCI_1, PCI_2, \dots, PCI_p) \quad (4.16)$$

$\overrightarrow{ECI}$  e  $\overrightarrow{PCI}$  serão formados pelo valor da complexidade econômica e de produtos para cada microrregião e produto, respectivamente. Esses valores que serão tomados como índices para análise da complexidade.

Há uma questão importante: como definir qual o número de iterações que será utilizado, ou seja, qual o valor de  $N$ ? Cada iteração basicamente tem como resultado uma média da iteração de nível anterior. Por exemplo,  $K_{c,1}$  irá mostrar a média de  $K_{p,0}$ , que é ubiquidade dos produtos produzidos por cada região  $c$ , enquanto  $K_{p,1}$  indicará a média de  $K_{c,0}$ , que é uma medida de diversificação das regiões que produzem o produto  $p$ . Já  $K_{c,2}$  apresentará como resultado a média de  $K_{p,1}$  para cada região  $c$  e  $K_{p,2}$  revela a média de  $K_{c,1}$  para cada produto  $p$ . Ou seja, em cada iteração está sendo realizado um controle da ubiquidade pela diversificação e vice-versa. Com o aumento de  $N$ , que significa o aumento do número de iterações, os indicadores  $K_c$  de todas as microrregiões tendem a convergir para um mesmo valor e os indicadores  $K_p$  de todos os produtos também tendem a convergir para um mesmo valor. As diferenças dos valores desses indicadores entre as regiões e produtos tendem diminuir, resguardando-se a diferenças apenas nas casas decimais. Entretanto, mesmo as diferenças sendo muito pequenas, à cada iteração acontece uma modificação do ranking de quais são os produtos e regiões com maiores valores de  $K_p$  e  $K_c$ . As iterações são interrompidas no momento em que todas as regiões e produtos não mudam de ordem após uma nova interação.

Para os produtos, as iterações de ordem par ( $K_{p,0}, K_{p,2}, K_{p,4}, \dots$ ) indicam uma medida de ubiquidade e as iterações de ordem ímpar ( $K_{p,1}, K_{p,3}, K_{p,5}, \dots$ ) indicam medidas de diversificação das regiões associadas à cada produto  $p$ . Já para as microrregiões, cada iteração de ordem par ( $K_{c,0}, K_{c,2}, K_{c,4}, \dots$ ) é uma medida de diversificação, enquanto as iterações de ordem ímpar ( $K_{c,1}, K_{c,3}, K_{c,5}, \dots$ ) são referentes à ubiquidade dos produtos associados a cada microrregião  $c$ .

Após o terceiro nível de iterações, não é possível realizar uma interpretação clara dos índices, apesar de saber que se referem a medidas generalizadas de ubiquidade e diversificação. Entretanto, na tabela 8 é possível verificar qual a interpretação possível para as iterações com o valor de  $N$  até 2.

É interessante perceber que a aplicação do método ocorre sobre a matriz  $M_{cp}$ , que na verdade por ser entendida como uma rede bipartite, formada por microrregiões e produtos, o que pode ser compreendido pelas matrizes  $M_{cc'}$  e  $M_{pp'}$ , que correspondem a matrizes de adjacências para uma rede de microrregiões e de produtos (que nesse caso foi utilizada no capítulo anterior), respectivamente. A partir dessa percepção, ao observar iterações subsequentes é possível notar que em um primeiro nível se está observando diretamente um nó da rede, por exemplo um produto a partir da observação de  $K_{p,0}$  para algum  $p$  específico. A partir de  $K_{p,1}$  estamos observando qual a relação entre esse produto e demais produtos conectados às microrregiões que produzem  $p$ , ou seja a relação indireta desse produto com outros. À medida que as iterações avançam os produtos são relacionados com todos os demais produtos da rede e é a partir disso que o índice tem a capacidade de captar informações sobre  $p$ . A mesma ideia é válida para as microrregiões. As iterações param justamente no momento em que não podem ser retiradas mais informações relevantes das redes<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Para ver com mais detalhes como o Método dos Reflexões extrai informações de uma rede bipartite, consultar

Tabela 8 – Descrição dos indicadores de Ubiquidade e Diversificação

Símbolo	Descrição / Pergunta a ser respondida	Definição
$K_{p,0}$	Ubiquidade dos produtos. Quantas regiões produzem o produto p?	$K_{p,0} = \sum_c M_{cp}$
$K_{c,0}$	Diversificação das regiões. Quantos produtos são produzidos na região c?	$K_{c,0} = \sum_p M_{cp}$
$K_{p,1}$	Diversificação média das regiões que produzem o produto p. Quão diversificadas são as regiões que produzem p?	$K_{p,1} = \frac{1}{K_{p,0}} \sum_c M_{cp} K_{c,0}$
$K_{c,1}$	Ubiquidade média dos produtos produzidos na região c. Quão ubíquos são os produtos produzidos em c?	$K_{c,1} = \frac{1}{K_{c,0}} \sum_p M_{cp} K_{p,0}$
$K_{p,2}$	Ubiquidade média dos produtos produzidos pelas regiões que produzem o produto p. Quão ubíquos são os produtos produzidos pelas regiões que produzem p?	$K_{p,2} = \frac{1}{K_{p,0}} \sum_p M_{cp} K_{c,1}$
$K_{c,2}$	Diversificação média das regiões com uma cesta de produtos similar à região c. Quão diversificados são as regiões que produzem produtos similares aos produzidos no país c?	$K_{c,2} = \frac{1}{K_{c,0}} \sum_p M_{cp} K_{p,1}$

Fonte: elaboração do autor com base em [Hidalgo e Hausmann \(2009b\)](#).

### 4.2.3 Construção dos indicadores *PRODY* e *EXPY*

Os índices de complexidade econômica desenvolvidos em [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), [Hausmann et al. \(2014\)](#) são a forma mais utilizada para mensurar a complexidade econômica e verificar a relação dos diferentes tipos de estrutura produtiva com o desenvolvimento dos países atualmente. Entretanto, anteriormente ao seu desenvolvimento, o estudo de [Hausmann, Hwang e Rodrik \(2007\)](#) apresentou outra forma de avaliar como a exportação de diferentes tipos de produtos impactam o crescimento dos países, a partir dos indicadores chamados *PRODY* e *EXPY*. O primeiro indicador busca relacionar os produtos a diferentes níveis de produtividade, enquanto o segundo relaciona diferentes cestas de produtos ao nível de produtividade dos países, e posteriormente mostram que esses indicadores são bons preditores de crescimento econômico.

Para construir o indicador *PRODY*, os autores calculam uma média ponderada do PIB per capita dos países que exportam cada produto. Na equação 4.17,  $x_{jk}$  é valor do bem  $k$  exportado pelo país  $j$  e  $X_j$  refere-se ao valor total das exportações do país  $j$ . Já na equação 4.18,  $Y_j$  representa o PIB per capita, de forma que  $PRODY_k$  é uma média ponderada do PIB per capita dos países que exportam o bem  $k$ . Dessa forma, quanto maior o PIB per capita dos países que exportam um bem, maior será o *PRODY* desse bem. A ponderação é dada pela razão entre a participação do produto no total de exportações do país (numerador) e a soma das participações desse produto em todos os países (denominador), sendo, portanto, correspondente ao indicador de vantagem comparativa revelada (RCA) ou o quociente locacional. Na prática o *PRODY* verifica qual o nível de vantagem comparativa em cada país e utiliza isso para ponderar qual o

peso que o PIB de cada país terá no índice construído para cada produto.

$$X_j = \sum_k x_{jk} \quad (4.17)$$

$$PRODY_k = \sum_j \frac{(x_{jk}/X_j)}{\sum_j (x_{jk}/X_j)} \times Y_j \quad (4.18)$$

O  $EXPY_j$  realizará uma média do  $PRODY$  de todos os produtos exportados pelo país  $j$ , ponderados pela participação de cada produto na cesta de exportações desse país. Dessa forma, quanto maior a importância dos produtos com um  $PRODY$  elevado na cesta de exportações do país, maior será o valor do  $EXPY$ .

$$EXPY_j = \sum_k \left( \frac{x_{kj}}{X_j} \right) \times PRODY_k \quad (4.19)$$

A interpretação atribuída a esses dois indicadores é que quanto maior  $PRODY_k$ , maior é o nível de produtividade associado ao produto  $k$ , e quanto maior  $EXPY_j$ , maior o nível de produtividade associado ao país  $j$ . Tais medidas apresentaram bons resultados quando utilizados para entender a estrutura produtiva e quando foram utilizados como preditores do crescimento econômico dos países, assim como os índices de complexidade. Apesar de serem um bom instrumento para entender o papel dos produtos no desenvolvimento, sua construção apresenta uma circularidade lógica, pois ao utilizar o PIB per capita como uma proxy de produtividade, considera-se que os produtos associados a maiores níveis de produtividade têm maior produtividade porque são produzidos em países com maior nível de produtividade, ao mesmo tempo em que países com maior nível de produtividade são mais produtivos porque produzem bens que tem maior nível de produtividade. Tal circularidade não ocorre nos índices de complexidade econômica desenvolvidos posteriormente, pois utilizam dois critérios totalmente distintos (ubiquidade e diversificação) para construir índices que somente a posteriori se mostram correlacionados com os níveis de produtividade.

Em [Hidalgo e Hausmann \(2009b\)](#) é apresentada a existência de uma correlação entre os indicadores de complexidade econômica e os índices  $EXPY$  e  $PRODY$ . No presente trabalho são desenvolvidas essas últimas medidas para a agropecuária, com o intuito de realizar a comparação com os índices de complexidade. Para tal, considerou-se os mesmos produtos do Censo Agropecuário de 2006 do IBGE utilizados na construção dos índices de complexidade, porém como medida de produtividade foram utilizados o valor de produção das microrregiões dividida por dois critérios distintos: i) valor de produção por hectare ( $VP_{hec}$ ); ii) valor de produção por número de pessoas ocupadas ( $VP_{pessocup}$ ). A utilização de duas medidas distintas é para amenizar os problemas do cálculo de produtividade existentes no estudo

Dessa forma, mantendo a notação utilizada no trabalho até aqui, a especificação do  $PRODY$  e do  $EXPY$  para a agropecuária ficaram da seguinte maneira:

$$X_c = \sum_p x_{cp} \quad (4.20)$$

$$PRODYVPhec_p = \sum_c \frac{(x_{cp}/X_c)}{\sum_c (x_{cp}/X_c)} \times VPhec_c \quad (4.21)$$

$$EXPYVPhec_c = \sum_p \left( \frac{x_{cp}}{X_c} \right) \times PRODYVPEhec_p \quad (4.22)$$

$$PRODYVPpessocup_p = \sum_c \frac{(x_{cp}/X_c)}{\sum_c (x_{cp}/X_c)} \times VPpessocup_c \quad (4.23)$$

$$EXPYVPpessocup_c = \sum_p \left( \frac{x_{cp}}{X_c} \right) \times PRODYVPpessocup_p \quad (4.24)$$

Tais índices serão utilizados como parâmetro de comparação para verificar a robustez dos índices de complexidade econômica e de produtos.

## 4.3 Índice de Complexidade de Produtos

### 4.3.1 Distribuição e interpretação do índice de complexidade de produtos

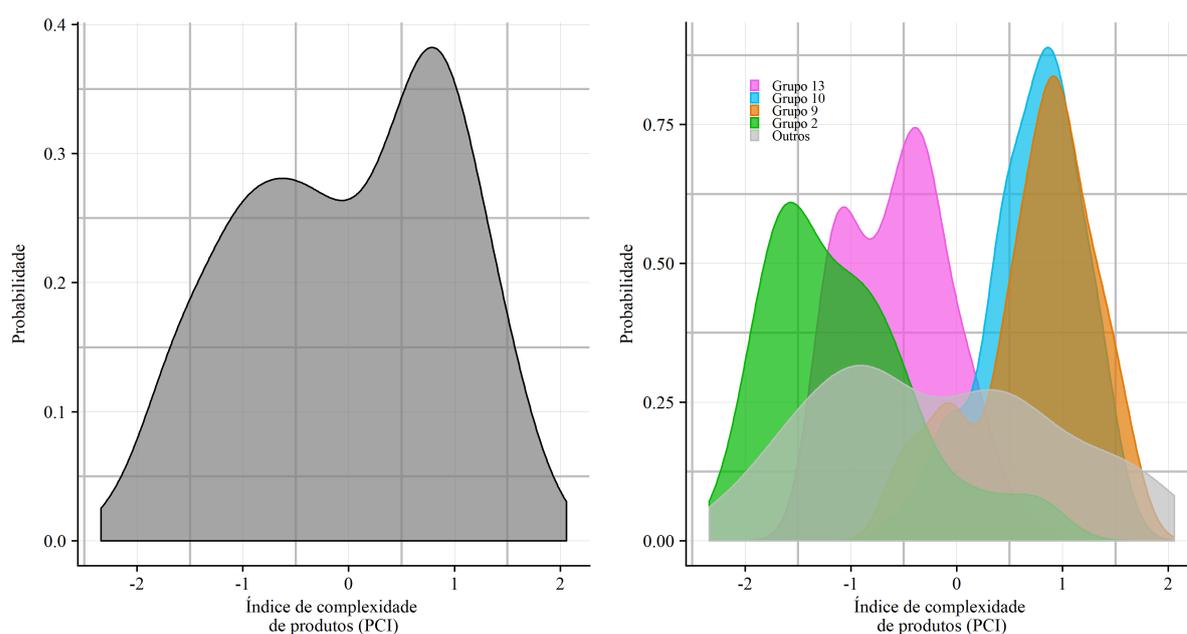
Na abordagem da complexidade, o acúmulo de conhecimento produtivo nas regiões tem correlação com o nível de desenvolvimento, que por sua vez podem ser ser apreendidos através do nível de complexidade econômica, observando especialmente a natureza dos bens produzidos. Os resultados do capítulo anterior levam a crer que os produtos dos grupos 9 e 10 são mais complexos em relação aos produtos dos grupos 2 e 13. Porque ao analisar os quatro principais grupos da rede ficou claro que os dois primeiros usualmente tem sua produção concentrada em microrregiões com maiores níveis tecnológicos, educacionais e de participação da indústria, que são variáveis relacionadas ao conhecimento produtivo, bem como maiores níveis de produtividade da agropecuária, de desenvolvimento humano e menor desigualdade fundiária, que são indicadores relacionados ao desenvolvimento econômico.

Neste capítulo é apresentado o índice de complexidade econômica para os produtos da agropecuária. Esse é um passo importante porque um dos grandes ganhos à análise econômica trazido pelos trabalhos da complexidade é encontrar um indicador com alto poder explicativo para diversos aspectos do desenvolvimento, especialmente crescimento econômico e desigualdade de renda. A hipótese é que o índice de complexidade econômica delimitado ao setor agropecuário guarda também correlação com variáveis importantes de desenvolvimento. Caso tal hipótese não seja rejeitada, abre-se uma nova via para analisar a heterogeneidade estrutural da agropecuária que até então não foi explorada. Nessa seção, concentra-se na análise da relação entre os

grupos do espaço de produtos da agropecuária e o indicador de complexidade de produtos, buscando apresentar também detalhes do seu comportamento através das medidas de ubiquidade e diversificação.

Como passo inicial da apresentação dos resultados obtidos, a figuras 58 e 59 mostram a distribuição do índice de complexidade de produtos para os principais grupos. É possível verificar a interpretação proposta a partir do capítulo anterior se confirma, pois o nível de complexidade dos grupos 9 e 10 tem médias significativamente maiores do que os grupos 2 e 13. Entretanto, deve ser observado que não foi possível rejeitar a hipótese de que as médias dos grupos 9 e 10 são iguais. Em termos de dispersão, o grupo 2 apresenta valores um pouco maiores e conta com dois *outliers* que têm complexidade semelhante à média do grupo de maior complexidade (grupo 9). Esses dois produtos são mudas de frutas cítricas e romã, que curiosamente são produtos da fruticultura, tipo de cultura que em sua maioria estão concentrada no grupo 9. É provável que a presença desses dois produtos no grupo 2 e não no grupo 9 seja devida às decisões *ad hoc* que foram tomadas na construção do espaço de produtos.

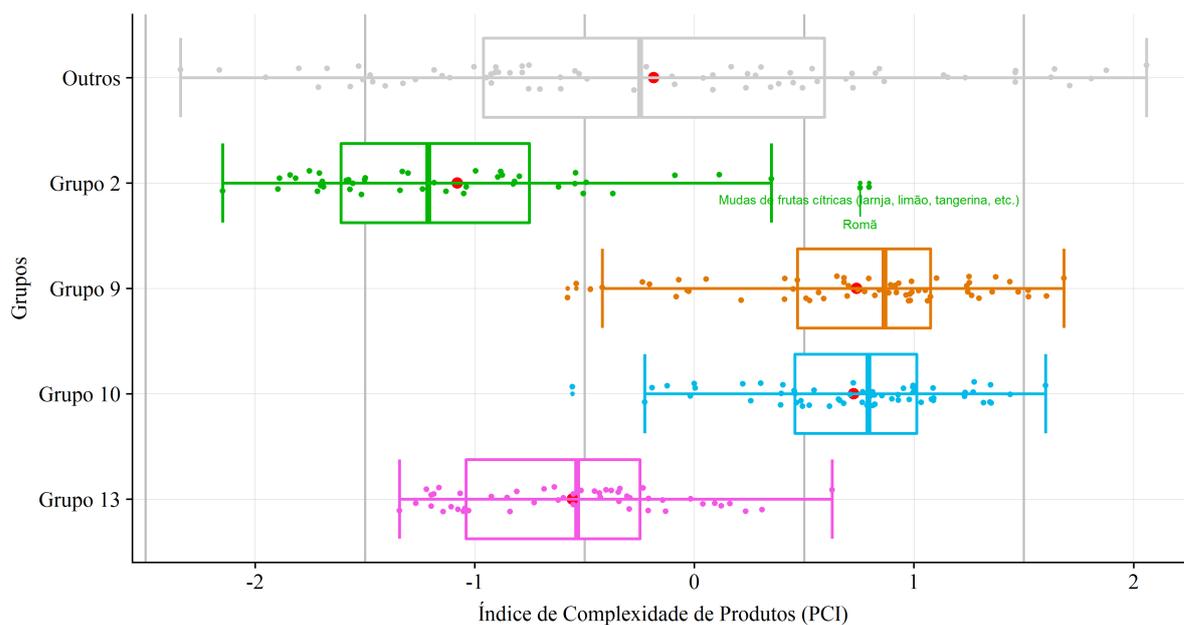
Figura 58 – Índice de complexidade de produtos - Densidades



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Entretanto, apenas verificar o nível de complexidade não é muito explicativo, sem entender bem o que realmente ele significa. Para avançar nesse sentido, é apresentada na figura 60 a relação entre complexidade dos produtos e ubiquidade, medida de acordo com o indicador  $K_{p,0}$ , da tabela 8. A primeira observação é que existem tanto produtos pouco ubíquos com alta complexidade quanto produtos pouco ubíquos mas de baixa complexidade. Entre os primeiro, localizados na parte superior do gráfico, verifica-se clara predominância dos produtos do grupo 9 que, como já foi argumentado, têm baixa ubiquidade porque além da exigência climática sua

Figura 59 – Índice de complexidade de produtos - Boxplot



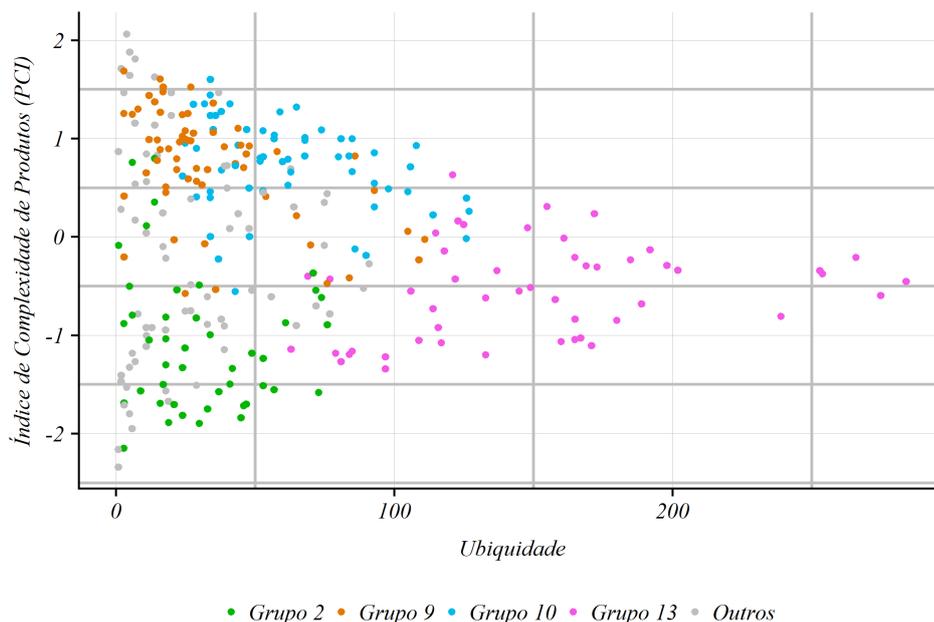
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

produção é mais sofisticada, estando diretamente associadas a regiões de maior intensidade tecnológica. Na parte inferior do gráfico estão concentrados os produtos do grupo 2, que tem baixa ubiquidade devido às condições edafoclimáticas, mas que dificilmente apresentam grandes níveis de sofisticação. Os resultados dos cálculos são interessantes justamente porque apontam a alta complexidade do grupo de produtos que se supôs desde o início ser o mais complexo, dada a intuitividade de que os produtos do grupo 2, predominantemente de extração vegetal, exigem apenas intensidade em mão de obra para sua produção enquanto a maioria dos produtos do grupo 9 tem exigências relacionadas à incorporação de tecnologia.

A ponderação pela diversificação, realizada no Método dos Reflexos, é justamente para diferenciar esses casos, pois como se busca inferir sobre o acúmulo de conhecimento produtivo, é preciso separar a baixa ubiquidade fruto da alta sofisticação daquela devida a condições naturais.

Os grupos 10 e 13 apresentam maior ubiquidade, tendo o último uma média muito superior aos demais. Note-se que o grupo 10 se apresenta muito próximo ao grupo 9 em complexidade, o que faz sentido quando se considera que sua produção é localizada próxima aos grandes centros populacionais, que usualmente são microrregiões com alto nível de diversificação devido à existência de uma demanda muito heterogênea, tanto por parte da indústria como dos consumidores finais, além do maior acesso a canais de comercialização. Lembrando que são a baixa ubiquidade de um produto e a alta diversificação das microrregiões que o produzem que, combinadas, levam ao aumento do índice de complexidade desse produto. Justamente porque a ubiquidade representa a exigência de conhecimentos ou capacidades específicas e a diversificação realiza o controle para que essas capacidades não sejam apenas condições naturais.

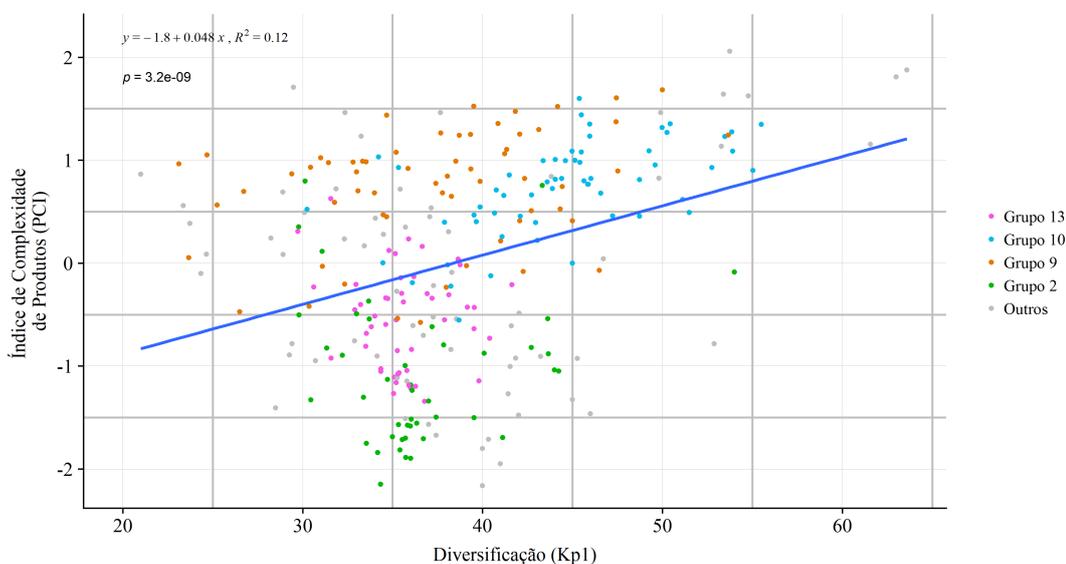
Figura 60 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e ubiquidade ( $K_{p,0}$ )



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

A partir dessa ideia é possível compreender porque os produtos do grupo 13 apresentam baixa complexidade: a medida que cresce a ubiquidade reduz a complexidade, porque se algo pode ser produzido em qualquer lugar sem grandes dificuldades, exigindo apenas condições muito simples, por definição esse produto não exige um grande acúmulo de conhecimento e portanto não é complexo.

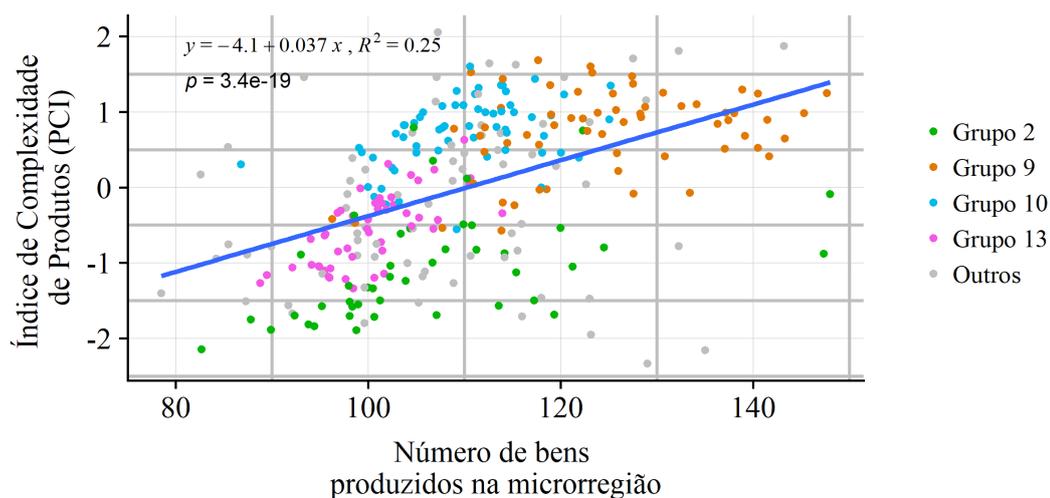
Figura 61 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e diversificação média das microrregiões ( $K_{p,1}$  com  $RCA \geq 1$ )



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

A figura 61 mostra a relação entre o índice de complexidade de produtos e a diversificação média<sup>4</sup> de  $(K_{p,1})$  das microrregiões que tem vantagem comparativa em cada produto. Como era esperado, os produtos de maior complexidade são associados a microrregiões de maior diversificação, enquanto aqueles que são pouco complexos estão associados a regiões de menor diversificação.

Figura 62 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e diversificação média das microrregiões ( $K_{p,1}$  com  $RCA > 0$ )



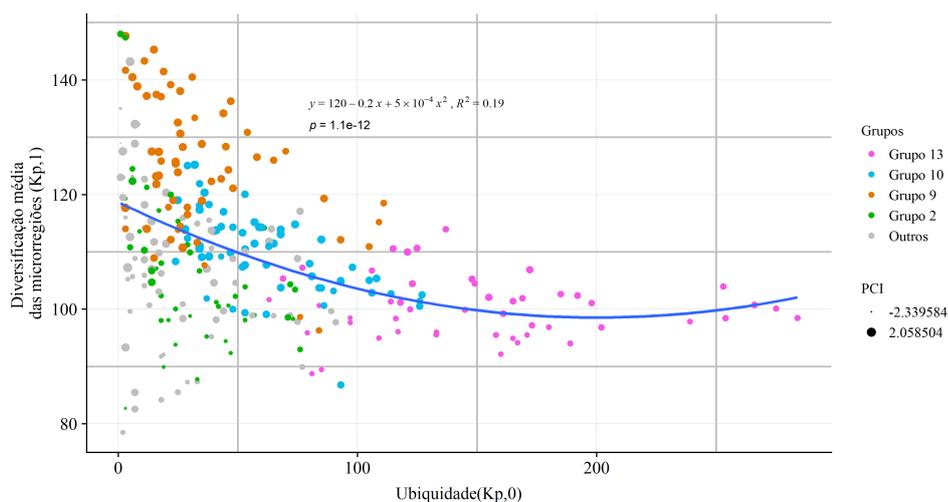
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

É importante notar, porém, que o valor de ajuste é baixo (0,12). Dessa forma aprofundou-se a investigação. É provável que a baixa correlação tenha influência do ponto de corte escolhido para determinar em quais produtos cada microrregião tem vantagem comparativa ( $RCA \geq 1$ ), pois ao relaxar esse ponto de corte para zero, ou seja, ao considerar a contagem de todos os produtos que são produzidos em uma microrregião como o nível de diversificação, verifica-se uma correlação entre complexidade de produtos e diversificação mais forte, como é apresentado na figura 62. É provável que a relação entre a complexidade de produtos e diversificação medida pelas medidas gerais de diversificação somente apresentem correlação para níveis mais altos de interação ( $K_{p,3}$ ,  $K_{p,5}$ ,  $K_{p,7}$ , ...), que não são passíveis de interpretação direta.

A figura 63 também corrobora a análise ao demonstrar que os produtos do grupo 9, que são mais complexos, apresentam baixa ubiquidade mas estão associados a regiões de alta diversificação, enquanto os produtos do grupo 2, menos complexos, também são de baixa ubiquidade mas estão associados a regiões de baixa diversificação. Ou seja, é necessariamente uma combinação de baixa ubiquidade e alta diversificação que eleva o nível de complexidade dos produtos. Os produtos muito ubíquos são de baixa complexidade e geralmente associados a regiões de diversificação média ou baixa.

<sup>4</sup> Foram retirados do gráfico apresentado na figura 61 três *outliers* com nível de diversificação muito baixo para melhor visualização.

Figura 63 – Relação entre ubiquidade dos produtos e diversificação média das microrregiões



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

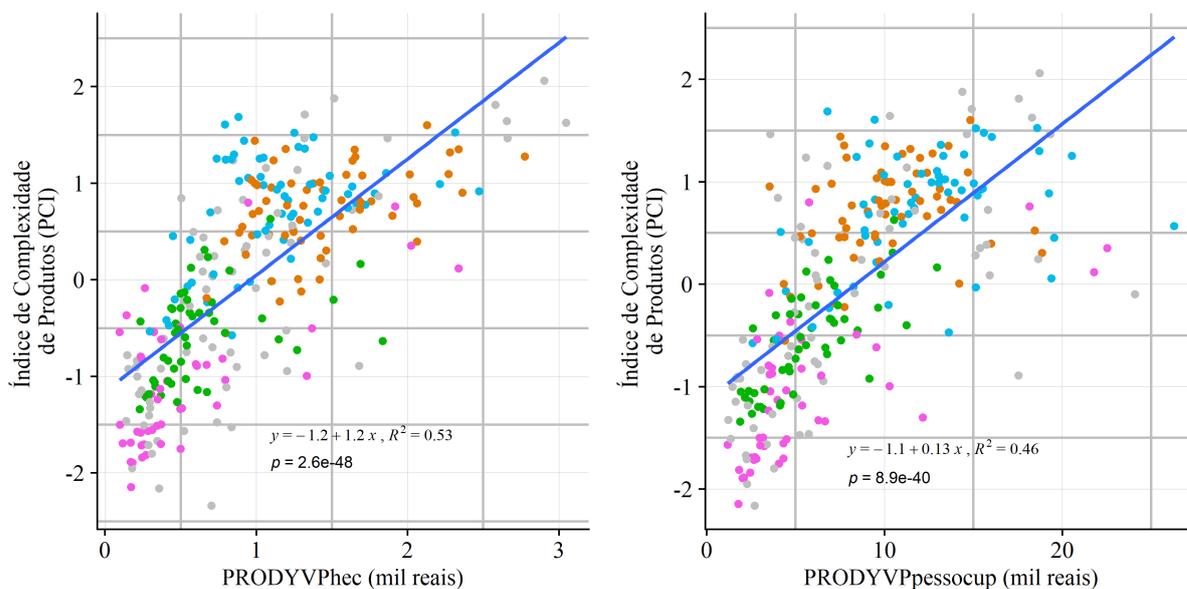
As relações entre complexidade, ubiquidade dos produtos e diversificação são importantes pois mostram que os produtos mais complexos realmente tendem a ser produzidos em regiões em que a multiplicidade de *capabilities* existentes, medida pela diversificação, é maior. Mesmo sem haver uma relação de causalidade clara, fica intuitiva a ideia de que quanto maior for a quantidade de *capabilities* disponíveis, combinadas de formas distintas, maior o leque de produtos encontrados na região e maior a quantidade de produtos que são mais difíceis de serem produzidos, cuja rentabilidade tende a ser maior, seja devido aos ganhos de produtividade pelo uso de tecnologias modernas ou à escassez relativa no mercado que permite obtenção de preços maiores e apropriação de excedente de outras regiões pela comercialização. Dessa percepção depreende-se os maiores níveis de renda associados à maior complexidade. Ao encontrar relações semelhantes àquelas descritas por [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), ganha força a hipótese de que os instrumentos da complexidade são úteis para compreender a estrutura produtiva da agropecuária em uma perspectiva regional.

#### 4.3.2 Relação entre complexidade de produtos, *PRODY* e *product space*

Como um indício importante da robustez do indicador de complexidade econômica, no gráfico 64 é demonstrado que há indícios de correlação entre o *PCI* e os índices *PRODYVPhec* e *PRODDYVPpessocup* da agropecuária. Como explicado anteriormente, esse índice associa produtos a um nível de produtividade e usualmente é considerado um indicador da sofisticação de produtos. Nesse caso, ao utilizar o valor de produção por hectare das microrregiões como ponderação, fica indicado que há uma relação entre o índice de complexidade de produtos e uma proxy da produtividade do fator terra.

A mesma percepção é confirmada ao verificar a relação entre *PCI* e *PRODYVPpessocup* que é o indicador *PRODY* calculado com o valor de produção da microrregião por pessoas

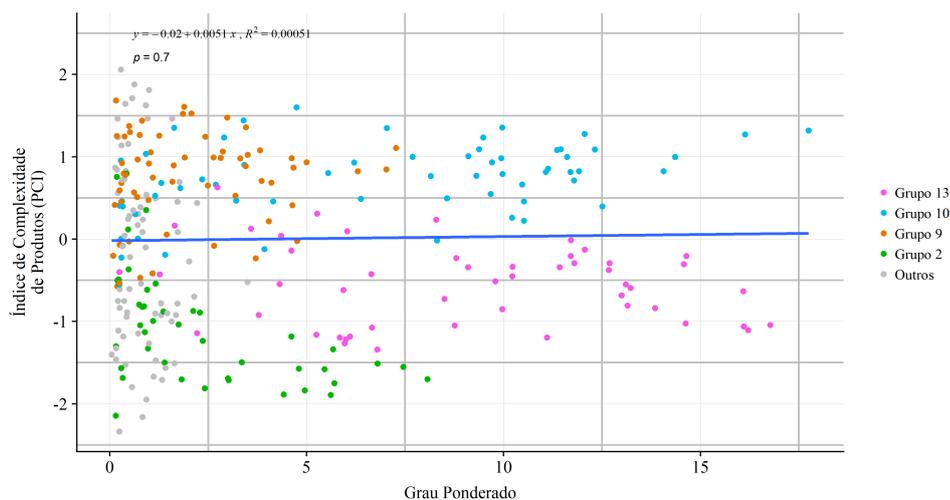
Figura 64 – Relação entre complexidade de produtos e PRODY



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

ocupadas nos estabelecimentos agropecuários, apresentada na figura<sup>5</sup> 64. Esses dois índices de correlação entre *PRODY*, que é uma medida calculada de forma totalmente diferente do Método dos Reflexos, atesta a robustez do índice de complexidade de produtos para inferir sobre a complexidade dos produtos agropecuários.

Figura 65 – Relação entre grau ponderado e complexidade de produtos



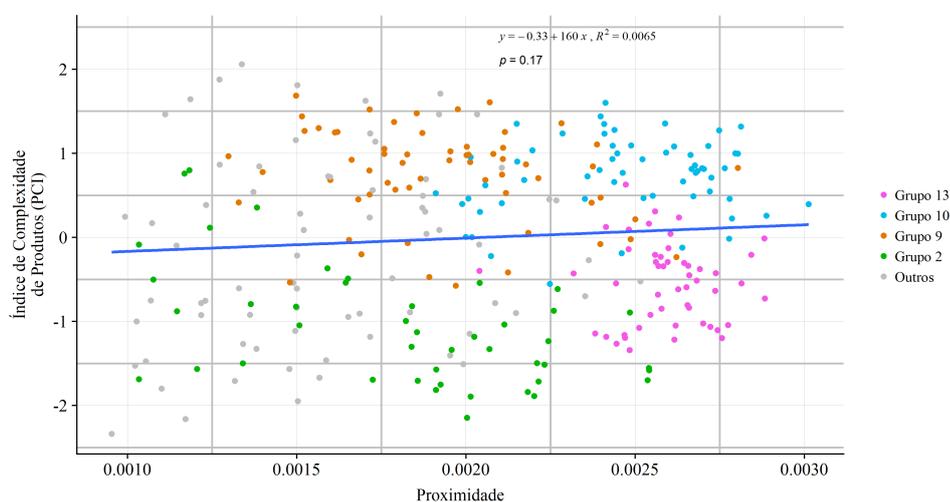
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Ainda em relação à forma que operam os instrumentos da abordagem da complexidade sob o olhar setorial da agropecuária, é importante destacar que as figuras 65 e 66, corroboram a

<sup>5</sup> Na figura 64 foram retiradas 6 outliers cujo valor do PRODYVPpessocup era superior a 28 mil reais.

argumentação do capítulo anterior sobre a organização da rede produtos da agropecuária de que, ao contrário do resultado encontrado por Hidalgo et al. (2007a), estar ao centro do *product space* não significa maior complexidade dos produtos, mas simplesmente maior ubiquidade.

Figura 66 – Relação entre proximidade (*closeness centrality*) e complexidade de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

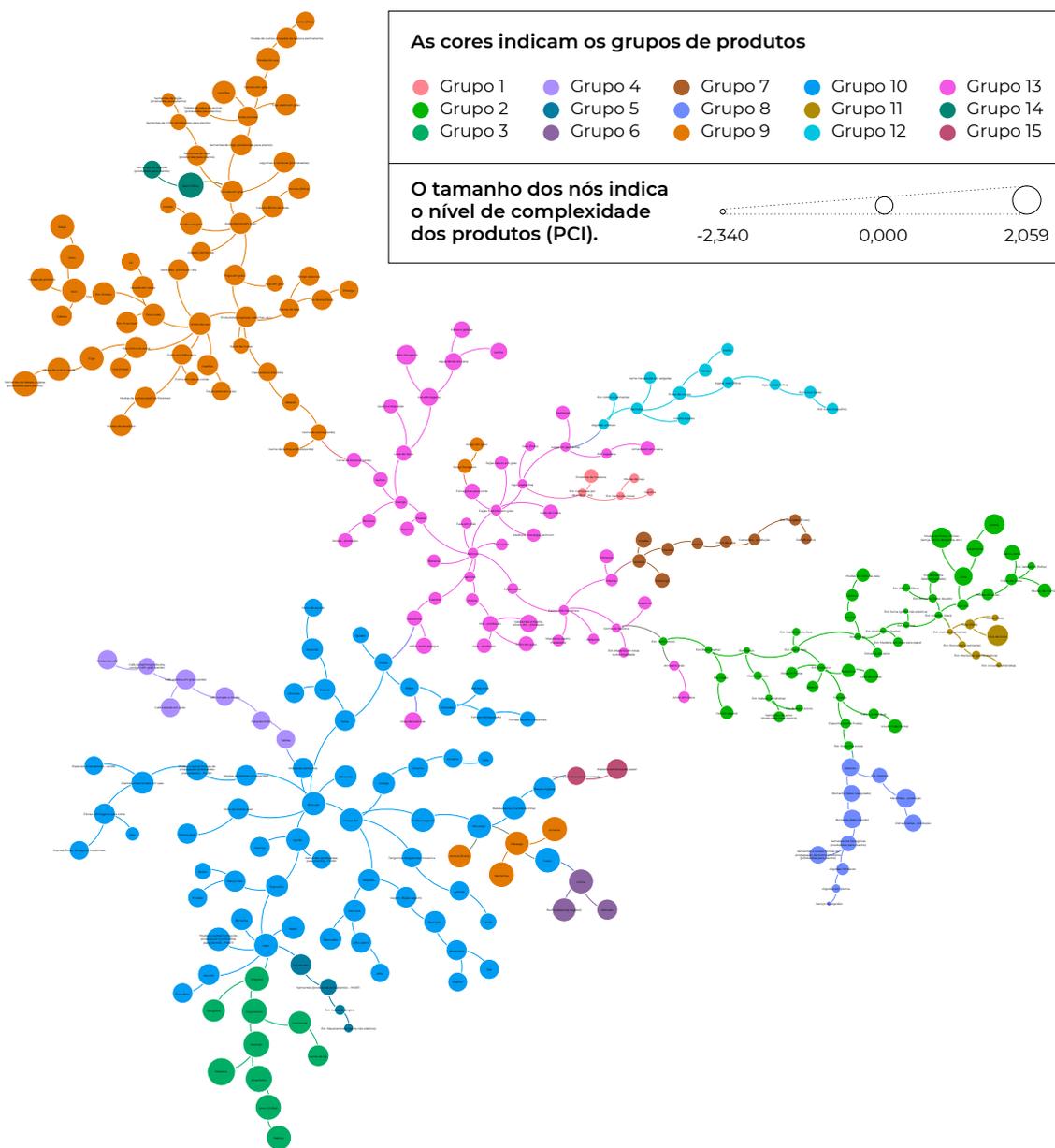
Em ambas as figuras o índice de complexidade de produtos não apresenta indícios de correlação com as medidas de proximidade ou grau ponderado. Isso pode ser verificado tanto pela inclinação da reta ser praticamente horizontal, com um p-valor de não significativo, quanto pelo  $R^2$  muito próximo de zero.

Por fim, nas figuras 67 e 68 é apresentada a rede de produtos no formato de árvore geradora máxima, relacionando-a com o nível de complexidade dos produtos. Na primeira representação, as cores indicam os grupos de produtos e o tamanho dos nós indica o nível de complexidade dos produtos. Já na segunda representação, utiliza-se um degradê de cores, em que quanto mais azul o tom, maior o nível de complexidade, e quanto mais vermelho, menor o nível de complexidade. Essas visualizações são importante pois resumem a análise desta subseção, mostrando como se estrutura o espaço de produtos e quais de seus grupos de produtos apresentam maior complexidade. A figura permite verificar como diversos produtos que não pertencem aos principais grupos estudados também apresentam altos níveis de complexidade.

### 4.3.3 Relação do PCI com tecnologia e produtividade

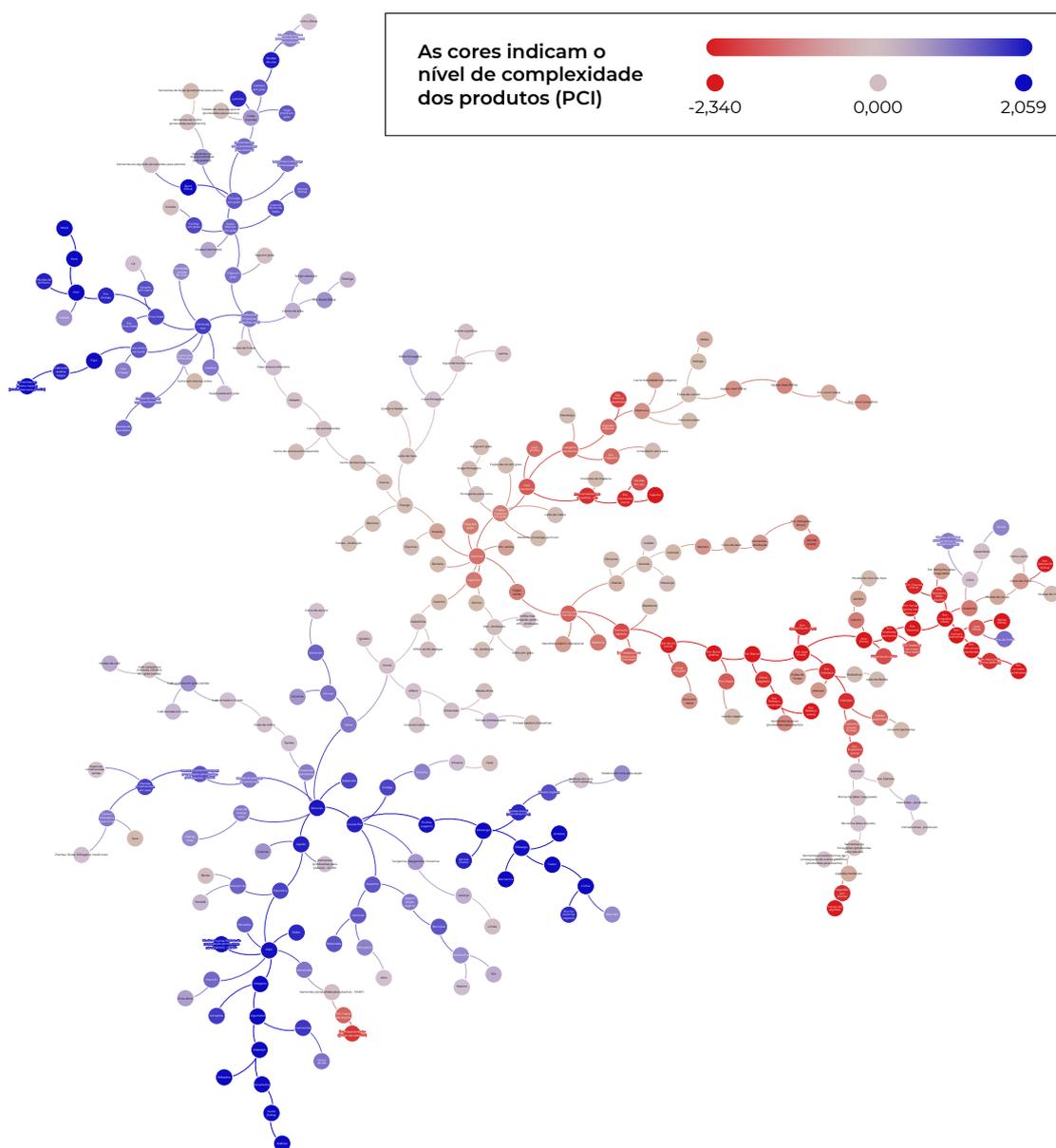
É interessante também verificar a relação entre o índice de complexidade de produtos e demais variáveis associadas a cada produto. A figura 69 demonstra que apesar de serem diversas as *capabilities* envolvidas na produção dos bens, o índice de complexidade capta fortemente a intensidade tecnológica empregada nas regiões associadas a cada produto. Essa constatação faz sentido, pois conversa com os resultados obtidos pelos trabalhos de Hidalgo et al. (2007a),

Figura 67 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - Tamanho dos nós por PCI e cores por grupos de produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

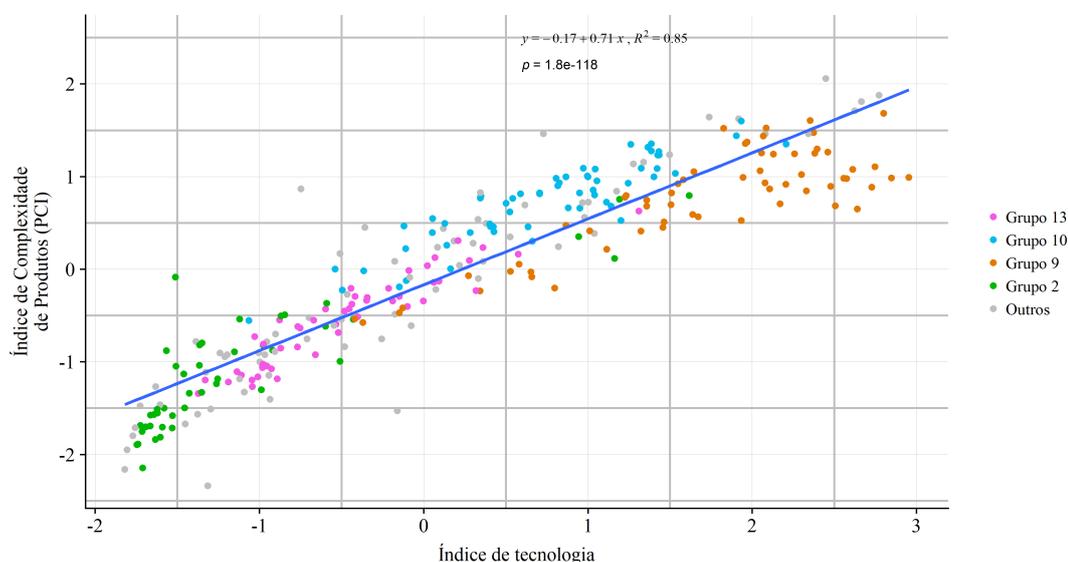
Figura 68 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - Cores representando o Índice de Complexidade de Produtos



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Hidalgo et al. (2007b), Hausmann et al. (2014), que quando lidos de forma conjunta permitem afirmar que os produtos de maior complexidade econômica, localizados no centro do *product space*, também são produtos de alto nível tecnológico, seguindo a classificação de Leamer (1984). Além disso, esse resultado reforça a interpretação de que a agregação de tecnologia está diretamente relacionada com a produção de bens mais sofisticados e que são associados a maiores níveis de diversificação nas regiões. Destaca-se que entre todas as variáveis testadas, a que apontou maior indício de correlação com o *PCI* foi a variável de intensidade tecnológica, em que o  $R^2$  chegou à 0,85<sup>6</sup>.

Figura 69 – Relação entre complexidade de produtos e tecnologia



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

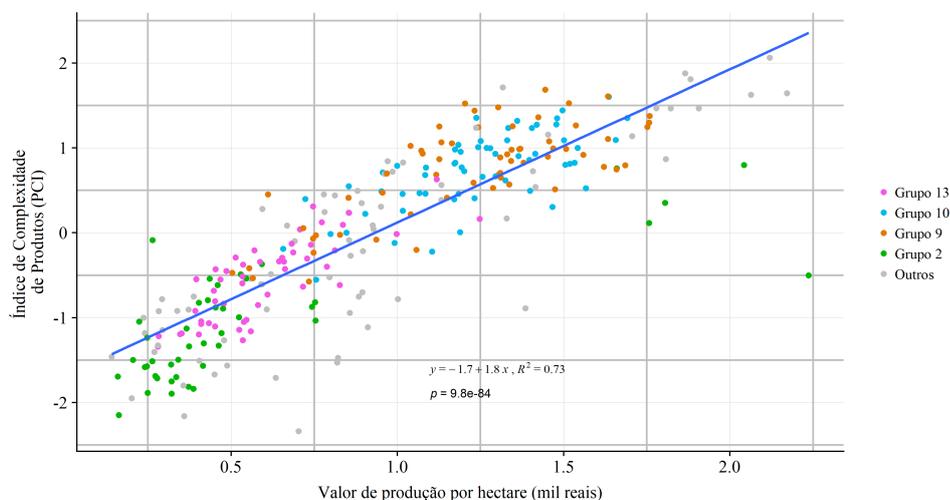
Por fim, é interessante verificar a relação entre os diferentes produtos e as medidas de produtividade da terra e do trabalho. Na figura 70 é possível evidenciar forte indício de correlação entre o indicador de complexidade econômica e o valor de produção por hectare, com um  $R^2$  de 0,75 que rejeita fortemente a inclinação zero da reta. Da mesma forma que ocorre com o valor de produção por pessoal ocupado<sup>7</sup>.

A relação apresentada nessas figuras é de extrema importância para o trabalho, uma vez que a ideia de heterogeneidade estrutural é intimamente conectada com a ideia de diferenças de produtividade entre as regiões. Uma vez que o índice de complexidade de produtos capta as diferenças de produtividade que são associadas aos diferentes produtos, o método abre espaço para que a heterogeneidade estrutural seja compreendida a partir de quais produtos uma região produz. Mais importante que isso é que ao apresentar um indicador, atribuído aos produtos, que é correlacionado com diferentes níveis de diversificação, tecnologia e produtividade, permite

<sup>6</sup> É importante ressaltar novamente que apesar do indício muito forte de correlação, para afirmá-la seria necessário realizar o devido tratamento econométrico

<sup>7</sup> Na figura 70 foram retirados dois outliers que possuíam valor produção maior que 30 mil reais.

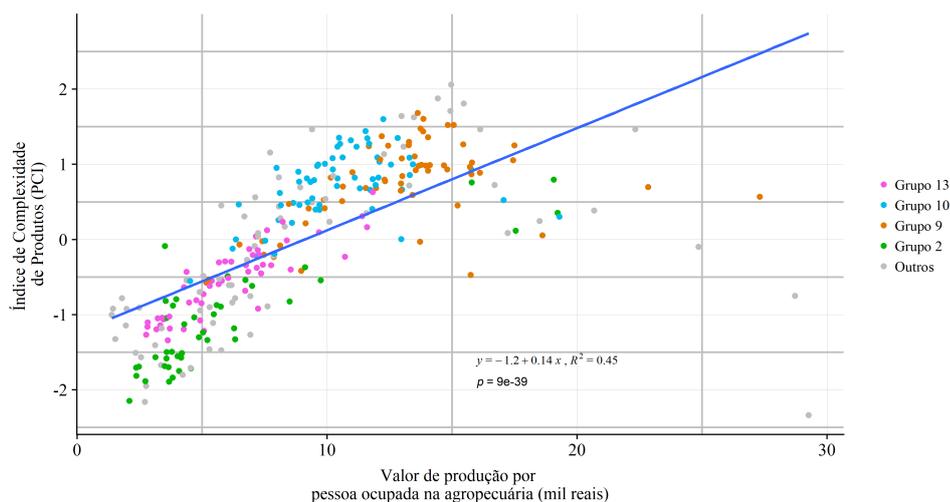
Figura 70 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e produtividade (Valor de produção por hectare)



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

que a política pública, que muitas vezes tem foco em culturas específicas, seja direcionada para promover mudanças estruturais no sentido de incentivar aqueles produtos que tendem a aumentar o nível de complexidade em regiões com pior desempenho econômico. Ou seja, visualiza-se um norte para direcionar políticas específicas de incentivo ao setor produtivo que tenham por objetivo reduzir a heterogeneidade estrutural.

Figura 71 – Relação entre complexidade de produtos (PCI) e produtividade (Valor de produção por pessoa ocupada na agropecuária)



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Essa visão é mais interessante quando se percebe que o indicador é mais elevado para produtos associados a regiões de maior diversificação, de forma que não é condizente com uma visão homogeneizante da produção no meio rural. Incentivar a produção de apenas um tipo de

produto necessariamente acaba por reduzir a complexidade. Além disso, os grupos de produtos que, neste capítulo, foram apontados com maior complexidade são os mesmo que aparecem associados com menores níveis de desigualdade fundiária e maiores níveis educacionais no meio rural. Ou seja, a partir das ferramentas aplicadas aqui, abre-se espaço para o planejamento de políticas voltadas à redução da heterogeneidade estrutural que dialogam com as questões sociais muitas vezes renegadas dentro das políticas desenvolvimentistas que se materializaram em outros períodos.

## 4.4 Índice de Complexidade Econômica

O esforço desenvolvido na última seção, bem como no capítulo anterior, foram na direção de entender melhor a natureza dos produtos produzidos na agropecuária brasileira e suas relações com diferentes aspectos econômicos. A partir dos resultados obtidos para os produtos, é possível agora investigar diretamente a ideia de complexidade econômica da agropecuária nas microrregiões e verificar se essa abordagem é capaz de retratar a heterogeneidade estrutural e indicar novos caminhos para pensar o desenvolvimento econômico.

Para tal, foi realizado o cálculo do índice de complexidade econômica da agropecuária (que será chamado de ECI) para as 558 microrregiões brasileiras. Para avaliar os resultados, primeiro serão apresentadas as estatísticas descritivas do índice, bem como sua distribuição espacial e os resultados obtidos da análise de indicadores locais de autocorrelação espacial, que permitiu identificar onde estão localizadas os aglomerados de microrregiões de alta e baixa complexidade. Posteriormente será detalhada a lógica de funcionamento do ECI em relação aos indicadores de ubiquidade e diversificação. Por fim, será demonstrada qual a relação entre esse índice e outras variáveis econômicas.

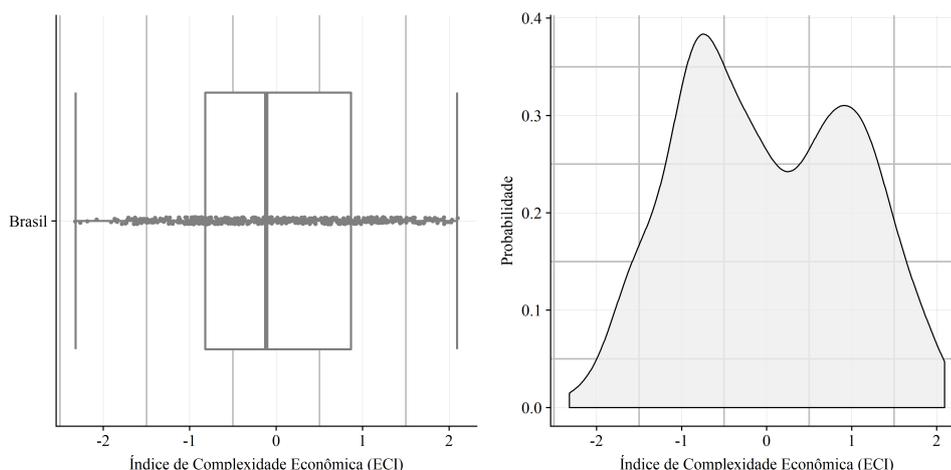
### 4.4.1 *Distribuição espacial do índice de complexidade econômica da agropecuária*

Ao observar sua distribuição, na figura 72, é possível notar que, apesar de intensidades diferentes, o índice de complexidade lembra a distribuição do índice de tecnologia desenvolvido no capítulo 2, em que existem dois picos, sendo um com valores maiores que a média e outro com valores menores, mostrando que a distribuição não é normalmente nem suavemente distribuída.

Deve-se notar que há concentração de regiões com alto ou baixo nível de complexidade e não próximo à média, de forma que é possível apontar para diferenças entre as regiões, caso seja comparada com uma distribuição normal. Tal formato de distribuição é um indício de heterogeneidade estrutural ao mostrar que poucas regiões se situam em um nível de complexidade intermediário entre a alta e a baixa complexidade.

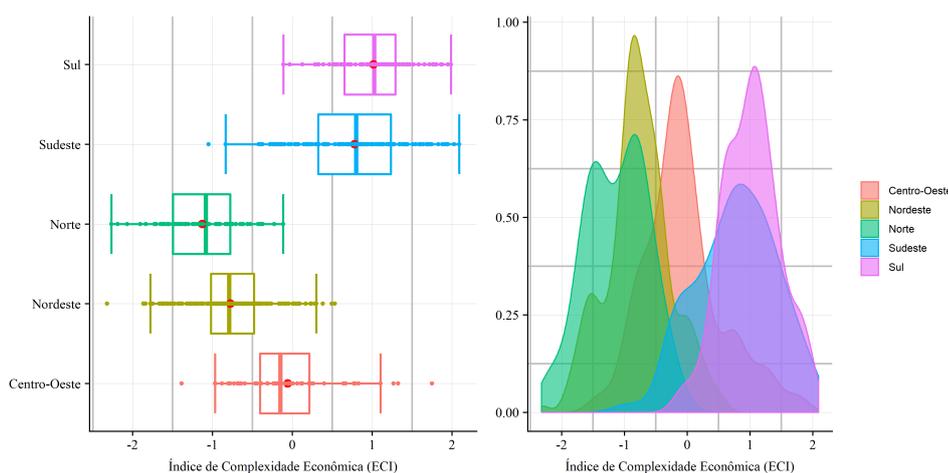
Assim como no índice de tecnologia, a distribuição regional da complexidade também

Figura 72 – Distribuição do índice de complexidade econômica para o Brasil



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Figura 73 – Distribuição do índice de complexidade econômica para as regiões

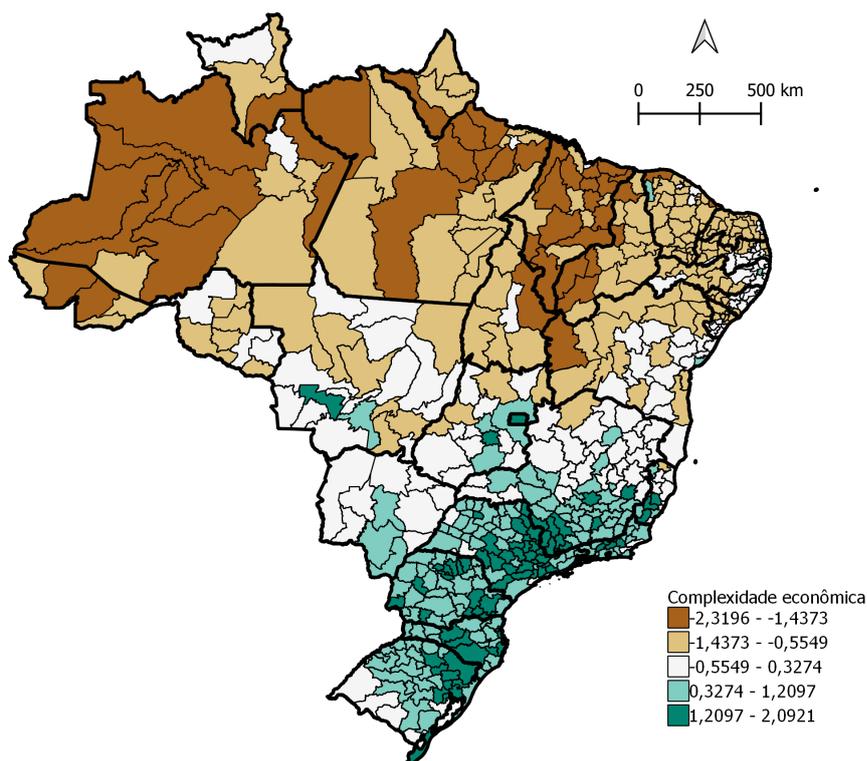


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

indica que as regiões Sul e Sudeste contam com os maiores níveis de complexidade, seguidas do Centro-Oeste, Nordeste e Norte respectivamente. A distribuição da complexidade na região Sudeste é mais uniforme e com maior variabilidade, o que se deve à existência de regiões de alta complexidade a partir do sul do estado de São Paulo e de uma transição gradual até regiões de baixo nível de complexidade que podem ser encontradas no norte do estado de Minas Gerais, onde se localizam regiões semelhantes ao sertão nordestino e que são conhecidamente pouco desenvolvidas e com baixo nível de produtividade, como o caso do Vale do Jequitinhonha. A região Sul apresenta concentração de microrregiões com alto nível de complexidade econômica, em contraposição à região Nordeste, que indica alta concentração de microrregiões com complexidade negativa, com valores próximos de -1. A região Norte apresenta dois picos em sua distribuição, com um deles concentrando as microrregiões de menor complexidade no país, com

valores em torno de -1,5 e outro pico semelhante aos valores apresentados no Nordeste. Por fim, a região Centro-Oeste aparece com um pico que concentra microrregiões em valores mais próximos de zero. O gráfico de boxplot permite verificar que as médias da complexidade para cada região são diferentes, o que foi confirmado pelo p-valor significativo em um teste de média que rejeitou a hipótese de que as médias são estatisticamente idênticas.

Figura 74 – Distribuição espacial do Índice de Complexidade Econômica

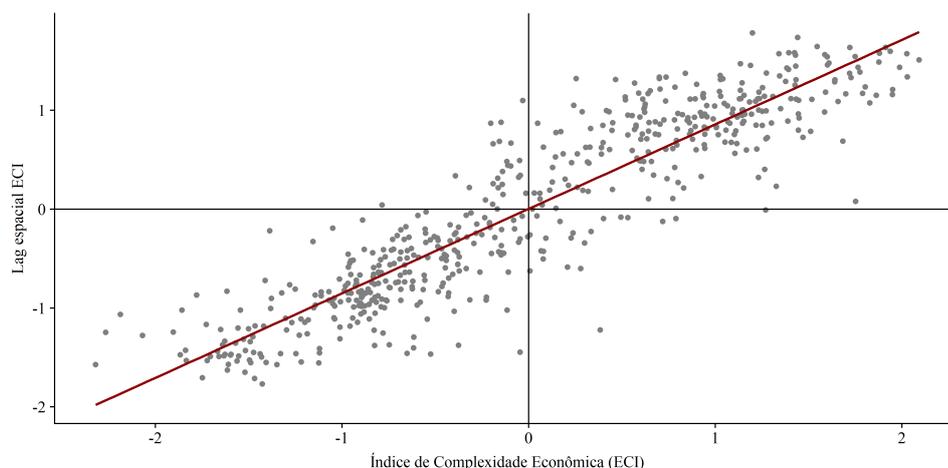


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

O mapa apresentado na figura 88 demonstra a distribuição espacial do índice de complexidade econômica ao longo do Brasil. Como esperado, a imagem é condizente com as estatísticas verificadas na distribuições de Kernel e nos boxplots. A partir dessa distribuição foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais, utilizando o I de Moran e o I de Moran local, cujas metodologias de cálculos foram descritas no capítulo 2. O valor obtido para o I de Moran Global foi de 0,8548 e a hipótese de aleatoriedade na distribuição espacial foi rejeitada pelo teste via simulações, com p-valor menor que 0,001. Isso pode ser verificado na figura 75.

Rejeitando a hipótese de aleatoriedade espacial, é possível avançar no entendimento dos aspectos espaciais do índice de complexidade observando os aglomerados que são encontradas a partir do cálculo do I de Moran Local. Como é possível visualizar na figura 76, os aglomerados do tipo alto-alto, que indicam microrregiões com alto nível de complexidade cercadas por outras microrregiões de alto nível de complexidade, aparecem localizadas predominantemente nas regiões Sul e Sudeste do país. Já os aglomerados do tipo baixo-baixo, que indicam microrregiões

Figura 75 – Scatterplot do I de Moran do ECI



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

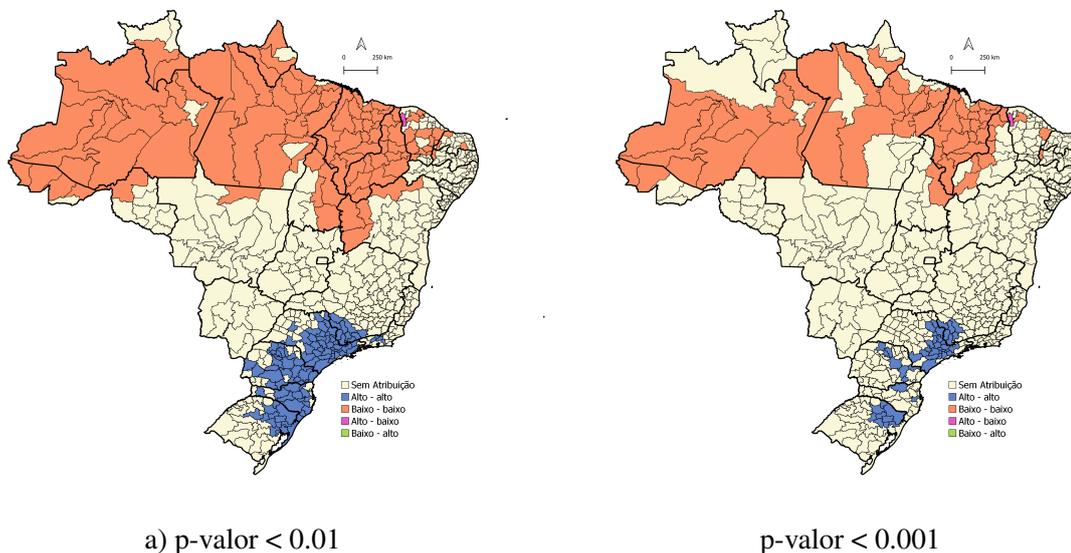
com baixo nível de complexidade cercadas por outras regiões com baixo nível de complexidade, estão localizadas predominantemente no Norte e Nordeste. A diferença entre os dois mapas da figura 76 reside no nível de significância que é exigido do I de Moran Local. Percebe-se que ampliando a exigência, os aglomerados ficam mais escassos.

Em termos gerais os aglomerados de tecnologia apresentadas no capítulo 2 são condizentes com os aglomerados de complexidade identificadas aqui. Mais que isso, se for levada em consideração a distribuição dos diferentes grupos de produtos que foi apresentada no capítulo 3, bem como da complexidade de produtos discutida na seção anterior, é possível construir uma ideia da espacialidade estrutura produtiva da agropecuária brasileira, nos termos tratados até aqui: nas regiões Sul e Sudeste, mais claramente do norte do Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais e com maior intensidade na proximidade das capitais dessas regiões e do litoral, é verificada maior concentração da produção dos produtos dos grupos 9 e 10, que são geralmente mais complexos, menos ubíquos e associados geralmente a microrregiões com maiores níveis de produtividade e desenvolvimento humano. Tais regiões contam com maiores níveis de intensidade tecnológica e complexidade econômica, e é nessa faixa ocorrem aglomerações de microrregiões com maiores valores dessas variáveis. A partir do norte de Minas Gerais é possível verificar uma mudança no padrão encontrado, em que passam a aparecer regiões de média e baixa complexidade.

No Nordeste do país encontram-se maiores concentrações de produtos do grupo 13, que são de baixa e média complexidade, geralmente de fácil produção e conseqüente alta ubiquidade e apresentam, na média, baixos níveis de produtividade, além da sua produção geralmente estar associada a regiões de menores níveis de desenvolvimento. Nessa região, encontra-se um grande número de regiões de média e baixa complexidade, sendo as poucas regiões de alta complexidade localizadas próximas ao litoral. As regiões com os menores níveis de complexidade estão situadas

principalmente no estados do Maranhão e Piauí.

Figura 76 – Aglomeração do índice de complexidade econômica das microrregiões



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

O Norte do país concentra a produção de produtos do grupo 2, em que predomina amplamente a extração vegetal e que são caracterizados com baixa complexidade e produtividade e usualmente produzidos em microrregiões com baixos níveis de desenvolvimento. É nessa região que está localizada a grande maioria das regiões de baixa complexidade econômica e baixa intensidade tecnológica.

Por fim, a região Centro-Oeste aparece como uma região intermediária, tanto em nível de complexidade como de tecnologia. Além disso, não é uma região caracterizada por concentrar a produção de nenhum dos grupos de produtos. É possível identificar tanto microrregiões de baixa como de alta complexidade, sendo a maioria das microrregiões de complexidade intermediária. Tal região também não conta com aglomerações de nenhum tipo, seja em relação à complexidade ou à tecnologia.

Evidentemente esse é um retrato muito raso da agropecuária do Brasil, mas de forma geral sintetiza os principais resultados obtidos no que tange à exclusivamente à confecção de um retrato da estrutura produtiva desse setor. Na próxima seção será apresentada uma interpretação econômica sobre o significado dos diferentes níveis de complexidade que irão proporcionar maior valor à caricatura descrita acima.

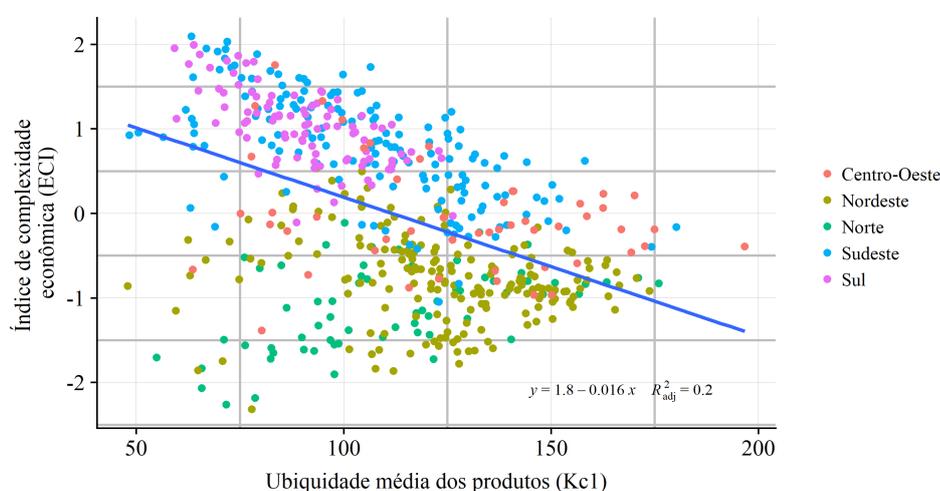
#### 4.4.2 A interpretação do índice de complexidade econômica da agropecuária

A ideia de complexidade econômica como um elemento importante de uma economia deriva da compreensão que o desenvolvimento econômico é condicionado pelo nível de conhecimento produtivo acumulado em uma região. Tal conhecimento produtivo deriva da interação

entre os diversos agentes que, através da produção e das relações comerciais, combinam conhecimentos de diferentes naturezas para produzir uma gama de produtos. Uma diversidade maior de bens produzidos e um nível mais alto de sofisticação desses bens são indicadores de maior acúmulo de conhecimento e de uma interação mais dinâmica entre os agentes de determinada região ou país. À essa ideia, muito semelhante à noção de entropia de um sistema, atribui-se o nome de complexidade econômica. Supõe-se que maiores níveis de complexidade representem uma dinâmica econômica maior. Como já foi ressaltado em diversas vezes ao longo do trabalho, vale-se de indicadores de diversificação da produção de uma economia, bem como da ubiquidade dos produtos que essa economia fabrica para medir os níveis de complexidade de uma região. Uma vez calculado o índice de complexidade, deve-se valer desses indicadores para avaliar a robustez dos resultados encontrados.

Tendo isso em conta, a avaliação de nosso indicador de complexidade passa, primeiramente, pela verificação da relação entre o nível de complexidade econômica das regiões e o nível de ubiquidade dos produtos que ela produz. Expressa na figura 77, que utiliza como medida de ubiquidade o número de microrregiões em que cada produto tem vantagem comparativa revelada ( $RCA \geq 1$ ), essa relação mostra que regiões com maiores níveis de complexidade econômica na agropecuária tendem a produzir produtos que em média são menos ubíquos, o que confirma o resultado esperado, apesar do nível de ajuste dessa relação não ser muito elevado. Entretanto, esse ajuste é totalmente condizente com a teoria, levando em conta que não é possível estabelecer uma relação direta entre menor ubiquidade e maior sofisticação dos produtos, devido à existência de condições específicas de produção que reduzem a ubiquidade dos produtos sem significar maior sofisticação, que é o caso de condições edafoclimáticas, que muitas vezes reduzem a possibilidade de produção de determinadas variedades agropecuárias a determinadas regiões.

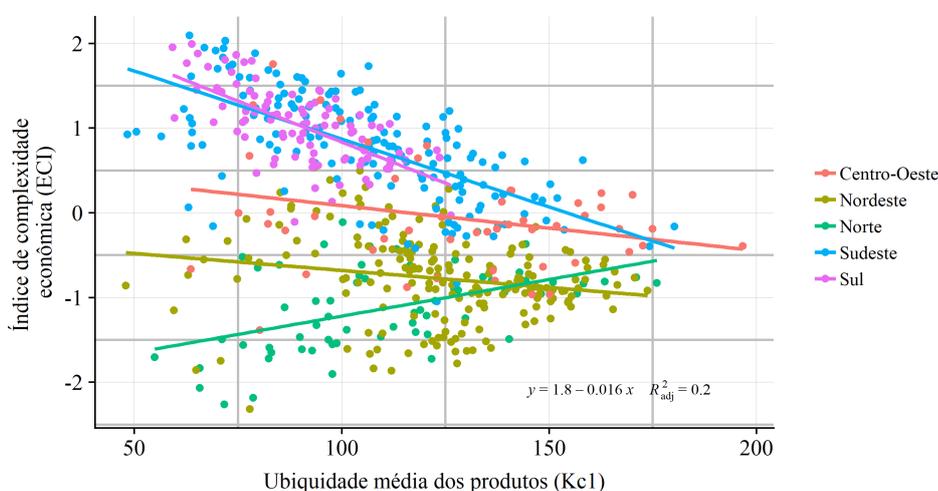
Figura 77 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões (ECI) e ubiquidade média dos produtos ( $K_{c,1}$ )



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Uma região que produz apenas bens muito específicos devido somente às suas condições naturais apresentará uma ubiquidade média dos seus produtos muito baixa, mas não pode ser considerada complexa. Essa relação é muito evidente quando se observa o caso das microrregiões do Norte. Nesse caso, as regiões que contam com um nível de complexidade um pouco maior são aquelas mais diversificadas, que não produzem apenas produtos típicos da região, que geralmente são de baixa ubiquidade, mas também outros tipos e produtos e conseqüentemente tem um nível maior de ubiquidade média. Na figura 78 isso fica evidente pela reta positivamente inclinada, que difere do comportamento das demais regiões.

Figura 78 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões e ubiquidade média dos produtos ( $K_{c,1}$ ) por macrorregiões brasileiras

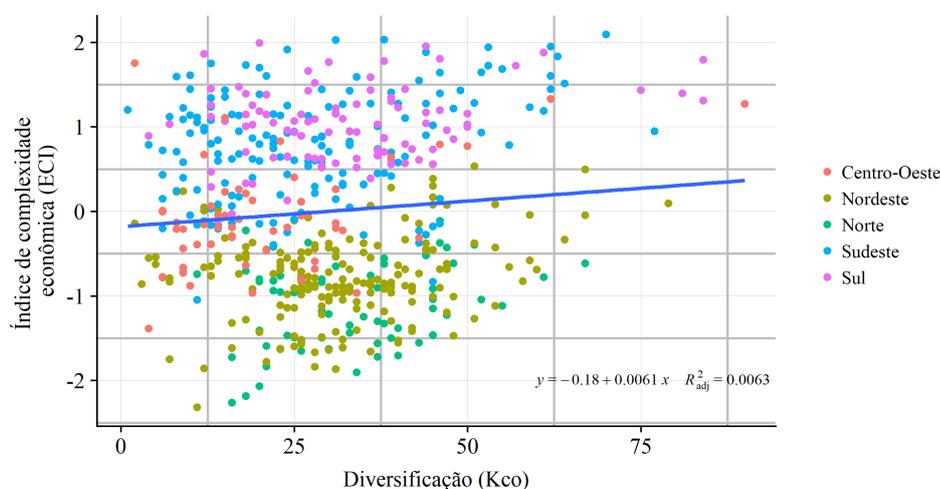


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

A dimensão da diversificação das regiões é o segundo ponto para compreender a complexidade. Ao observar a figura 79, que relaciona o ECI e o número de produtos em que as regiões tem vantagem comparativa revelada ( $RCA \geq 1$ ), representado por  $K_{c,0}$ , não é possível afirmar que existe a correlação positiva esperada entre os dois indicadores, apesar de não se verificar regiões com vantagem comparativa em mais de 50 produtos que tenham complexidade muito baixa. Note que  $K_{c,0}$  é a primeira medida de diversificação do método dos reflexos, de forma que um possível explicação seria a existência de correlação apenas entre o índice de complexidade e indicadores de diversificação de níveis superiores ( $K_{c,2}$ ,  $K_{c,4}$ ,  $K_{c,6}$  e assim por diante). Entretanto, apesar dessa indicação inicial, investigações adicionais permitiram observar correlações entre complexidade econômica e diversificação a partir de outras óticas.

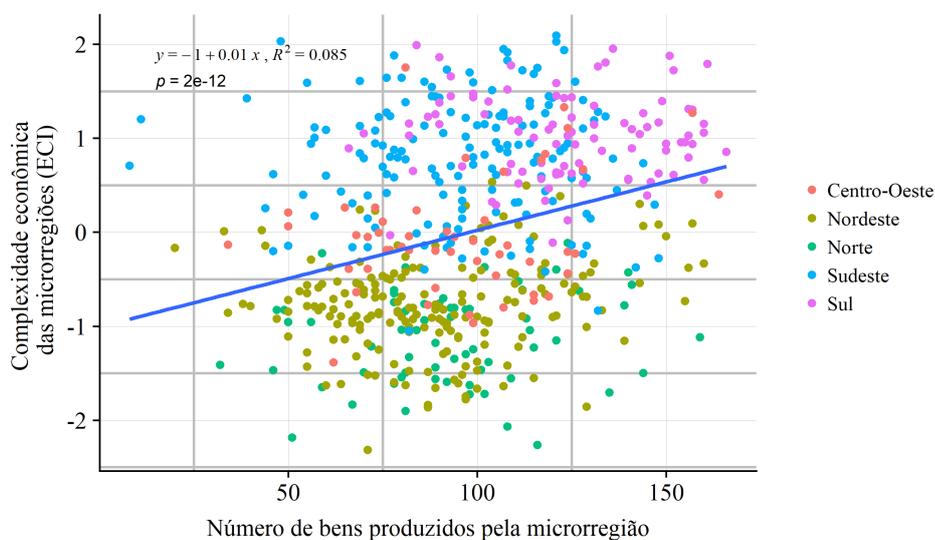
A primeira delas é relativamente fraca e envolve uma decisão *ad hoc*, pois foi constatado que existe correlação entre ECI e diversificação ao relaxar o ponto de corte do RCA para zero, ou seja, considerando o número total de produtos que a microrregião produz, mesmo que não seja com vantagem comparativa. Entretanto, como é possível verificar na figura 80, o ajuste apontado pelo  $R^2$  é apenas na casa de 0,08, o que mostra uma relação relativamente fraca.

Figura 79 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões (ECI) e diversificação ( $K_{c,0}$  com  $RCA \geq 1$ )



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Figura 80 – Relação entre o índice de complexidade econômica (ECI) e diversificação ( $K_{c,0}$  com  $RCA > 0$ )



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

A segunda ótica que permitiu verificar uma correlação relevante entre complexidade e diversificação parte de uma especificidade da produção agropecuária: o papel do espaço físico na produção. Como a produção agropecuária necessita um uso intensivo do fator terra em relação a outros tipos de processos produtivos, como a indústria e os serviços, seu processo de diversificação é distinto. Com exceção das regiões em que há ampla fronteira agrícola a ser explorada, o processo de diversificação ou concentração da produção em culturas determinadas usualmente é acompanhada de alto grau de substituição entre os produtos. Uma região ou um país não precisa deixar de produzir bens agrícolas para instalar complexos industriais ou desenvolver

um setor de serviços mais pujante e promover diversificação da economia, de forma que países mais complexos e diversificados geralmente mantêm a produção dos bens já existentes quando começam novos tipos de produção<sup>8</sup>.

Na agropecuária, para produzir bens mais complexos, eventualmente ocorrerá uma diminuição da produção dos bens menos complexos que eram produzidos até então, havendo um aumento de complexidade sem correspondente aumento na diversificação. Analogamente, é possível que haja substituição de produtos mais complexos por produtos menos complexos, também sem mudança no nível de diversificação, mas com queda no nível de complexidade. Por outro lado é possível pensar a substituição de uma mesma área em que se produz uma cultura de alta complexidade por diversas culturas de menor complexidade, de forma que haverá ampliação da diversificação, sem necessariamente ampliar a complexidade. Ou o oposto, a substituição, em uma área fixa, de muitas culturas de baixa complexidade, por um único produto de alta complexidade, que acabará diminuindo a diversificação, mas possivelmente irá ampliar o nível de complexidade daquela microrregião. Dessa forma, assumindo a inelasticidade da oferta de terras, que é uma condição existente em diversas regiões do país, ocorre uma modificação na relação entre complexidade e diversificação.

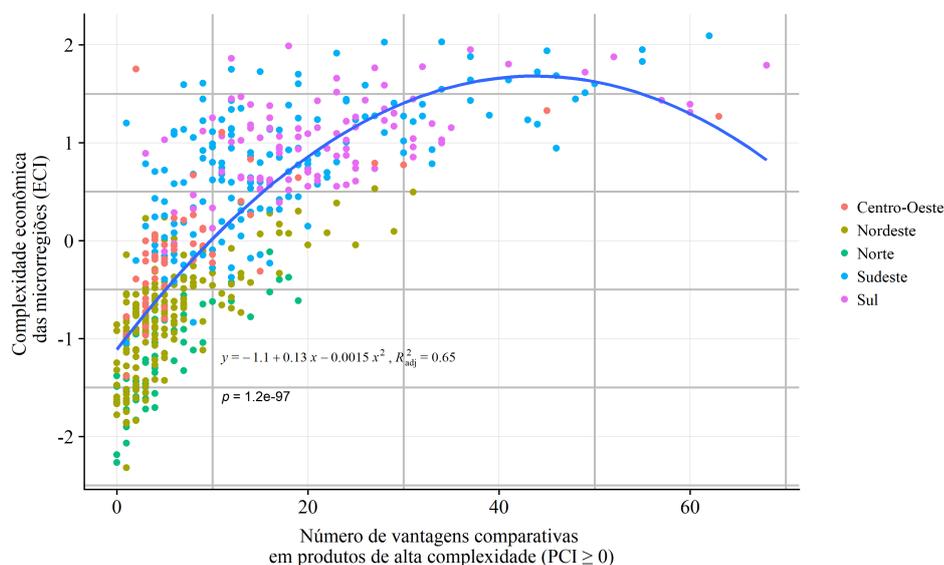
A partir disso, investigou-se como é a relação quando se considera um recorte entre os produtos de alta complexidade e produtos de baixa complexidade, com o objetivo de verificar como essa relação opera somente considerando a diversificação entre produtos de níveis de complexidade semelhante. Como resultado disso, constatou-se que quando as microrregiões tem maior número de vantagens comparativas ( $RCA \geq 1$ ) em produtos complexos, maior é o seu nível de complexidade, ao passo que quando há maior número de vantagens comparativas em produtos de baixa complexidade, cai o nível de complexidade das microrregiões.

A figura 81 mostra que existe uma relação positiva entre o crescimento do número de produtos de alta complexidade que a microrregião produz com vantagem comparativa e o índice de complexidade econômica. Ou seja, é possível afirmar que, se considerarmos uma área fixa (supondo oferta limitada de terras), microrregiões que têm uma maior diversificação em produtos de alta complexidade serão mais complexas do que microrregiões que apresentam vantagem comparativa em poucos produtos de alta complexidade. Mais ainda, o gráfico mostra que os dados se ajustam relativamente bem à uma equação de segundo grau, o que demonstra que há um limite para o crescimento da complexidade em função do aumento da diversidade de produtos de alta complexidade.

Essa evidência é muito relevante para compreender como a abordagem da complexidade pode trazer proposições interessantes ao estudo do desenvolvimento rural. Como foi discutido na revisão bibliográfica, existe uma discussão se o melhor caminho para o desenvolvimento econômico é a especialização ou a diversificação da produção agropecuária. Esse debate ocorre

<sup>8</sup> Hausmann et al. (2014) mostram que os países mais complexos geralmente produzem, além de bens complexos, os bens típicos da produção de países não tão complexos, tendo uma diversificação maior em termos absolutos.

Figura 81 – Relação entre diversificação das microrregiões ( $K_{c,0}$ ) e ECI - Apenas produtos de alta complexidade



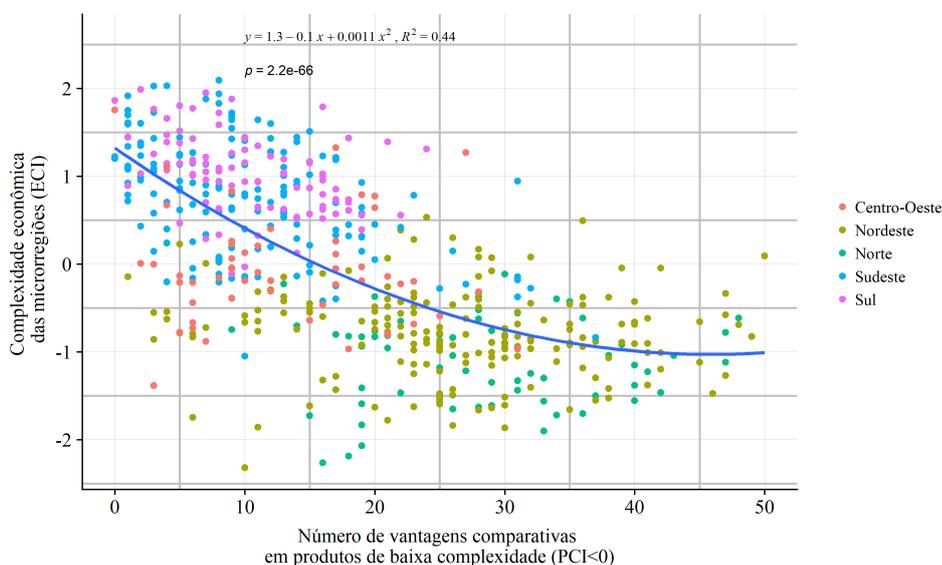
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

tanto em perspectiva microeconômica como regional. A partir do exercício realizado aqui obtém-se uma forte evidência de que o caminho para complexificação da economia (que como será demonstrado a seguir está relacionado com melhores indicadores de desenvolvimento) passa pelo processo de diversificação da produção. Entretanto, a diversidade produtiva deve ser necessariamente na direção de determinados tipos de produtos, cuja produção exige maior nível de sofisticação e reflete uma economia de maior interação entre os agentes.

Ao mesmo tempo, a forma quadrática dessa relação mostra que há certo limite ao aumento da complexidade através da diversificação, pois após certo nível de diversificação não se verifica correspondência em termos de complexidade. Esse resultado é interessante porque a partir dos exercícios aqui realizados não é possível ter clareza sobre os motivos para a existência de tal limitação, de forma que se abre uma nova frente para estudos futuros.

O gráfico apresentado na figura 82 demonstra a relação entre a diversificação em produtos de baixa complexidade ( $K_{p,0}$  com  $RCA \geq 1$  e  $PCI < 0$ ) e o índice de complexidade econômica. De forma inversa à relação anterior, maiores níveis de diversificação em produtos menos complexos estão associados a microrregiões de menores níveis de complexidade. Ou seja, entre duas microrregiões que têm produtos com níveis semelhantes de complexidade econômica, tende a ser menos complexa aquela que tiver um número maior de produtos de baixa complexidade. Da mesma maneira que na análise anterior, os dados permitem realizar um ajuste através de uma função quadrática, entretanto não é verificada uma diferença significativa de ajuste em comparação à uma função linear (na análise da diversificação com produtos de alta complexidade havia uma melhoria substancial). Em ambos os casos há indícios de uma correlação significativa entre os indicadores. Por fim, é válido destacar que foram verificados

Figura 82 – Relação entre diversificação das microrregiões ( $K_{c,0}$ ) e ECI - Apenas produtos de baixa complexidade



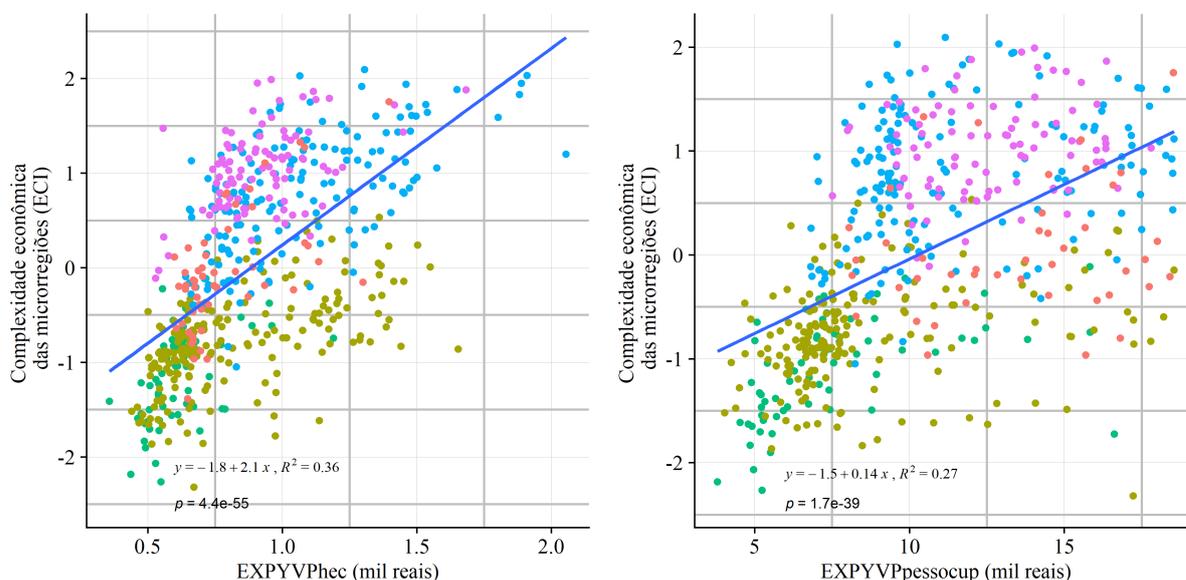
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

indícios significativos dessas correlações quando realizado recortes de regiões pelo seu nível de complexidade econômica, visando comparar a relação entre a diversificação em produtos de alta complexidade e de baixa complexidade para regiões de alta e baixa complexidade.

Objetivamente, a compreensão desses efeitos distintos explica a ausência de correlação entre o indicador de diversificação sem diferenciar os produtos e o indicador de complexidade econômica. Além disso, permitiram ter uma visão mais clara sobre como a diversificação em diferentes produtos leva ao aumento ou redução do nível de complexidade das microrregiões.

Por fim, é interessante demonstrar que o índice de complexidade econômica mostra forte indícios de correlação positiva com os índices *EXPY* calculados tanto a partir do valor de produção por hectare como do valor de produção por pessoa ocupada. Deve-se notar que na relação entre ECI e o *EXPY* calculado a partir do valor de produção por pessoa ocupada, há um descolamento da relação positiva com o aumento do *EXPY*. Essa variação faz sentido pois há uma série de microrregiões, especialmente no Centro-Oeste, que são extensivas, de alta mecanização, geralmente pouco diversificadas e que apresentam mesmo assim um alto nível de produtividade do trabalho em função da pequena quantidade de pessoal ocupado. Por outro lado, a baixa diversificação faz com que o índice de complexidade econômica seja reduzido, justamente porque tais regiões na verdade não apresentam um dinamismo tão grande. Nesse sentido, é possível dizer que, apesar de serem correlacionados, o ECI capta efeitos diferentes do *EXPY*. Se considerarmos que tais produções extensivas e mecanizadas muitas vezes têm alta produtividade, mas sem correspondência em emprego ou distribuição de renda e fundiária, é possível argumentar que o ECI é um indicador de desenvolvimento mais interessante que o *EXPY* e mesmo que as próprias medidas de produtividade. Essa perspectiva ganhará contornos

Figura 83 – Relação entre complexidade econômica das microrregiões,  $EXPYVPhec$  e  $EXPYVPpessocup$



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

mais claros na próxima seção.

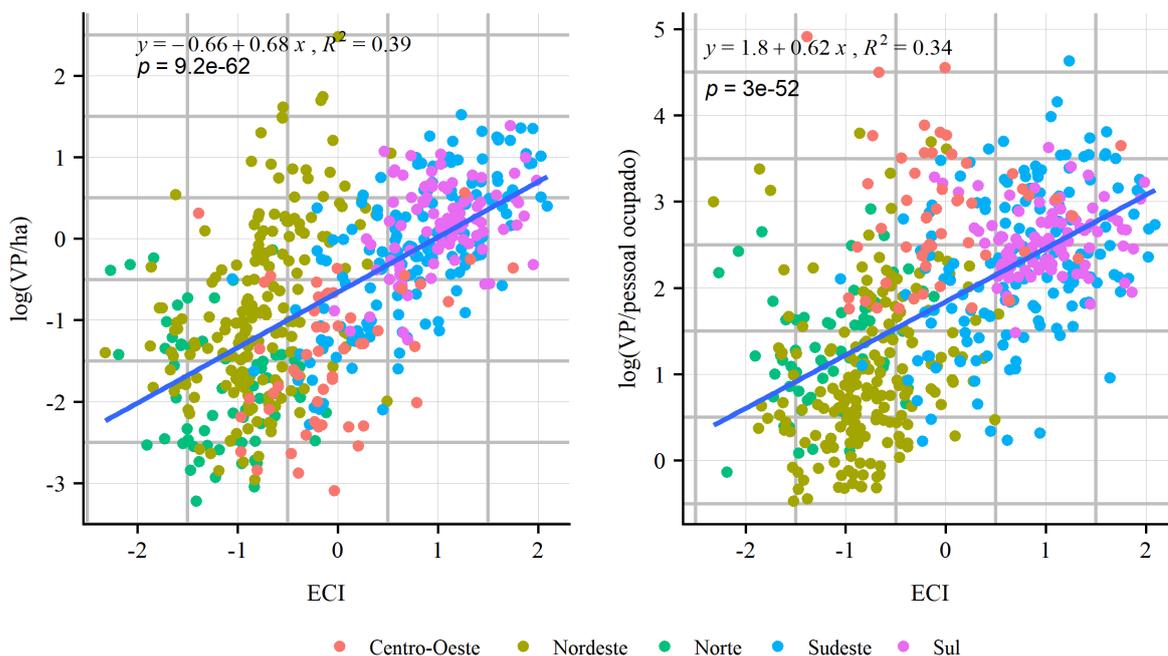
#### 4.4.3 Relação entre complexidade econômica e demais indicadores econômicos

A partir desse momento é possível afirmar que as microrregiões com maior nível de complexidade não são nem aquelas especializadas em poucos produtos, como é o caso de regiões em que predominam produções extensivas de grãos, por exemplo, nem microrregiões em que há um alto nível de diversificação em produtos totalmente aleatórios. As microrregiões de maior complexidade são aquelas em que há um elevado nível de diversificação em produtos complexos, cuja grande maioria concentra-se nos grupos 9 e 10 (nesse grupos concentram-se 81,2% dos produtos com  $PCI > 0$ ). Ou seja, é a diversificação em direção a determinados tipos de produtos que eleva o nível de complexidade do setor agropecuário das microrregiões.

A pergunta remanescente é o que significa em termos econômicos ter um maior nível de complexidade econômica da agropecuária? A intuitividade da resposta é oferecida quando se pensa na associação entre os grupos de produtos e os indicadores econômicos que foram apresentados no capítulo 3, os grupos de produtos mais complexos se mostraram associados a regiões de melhor desempenho econômico, na média. Não obstante, vale a pena verificar se o indicador de complexidade econômica reflete os mesmos resultados

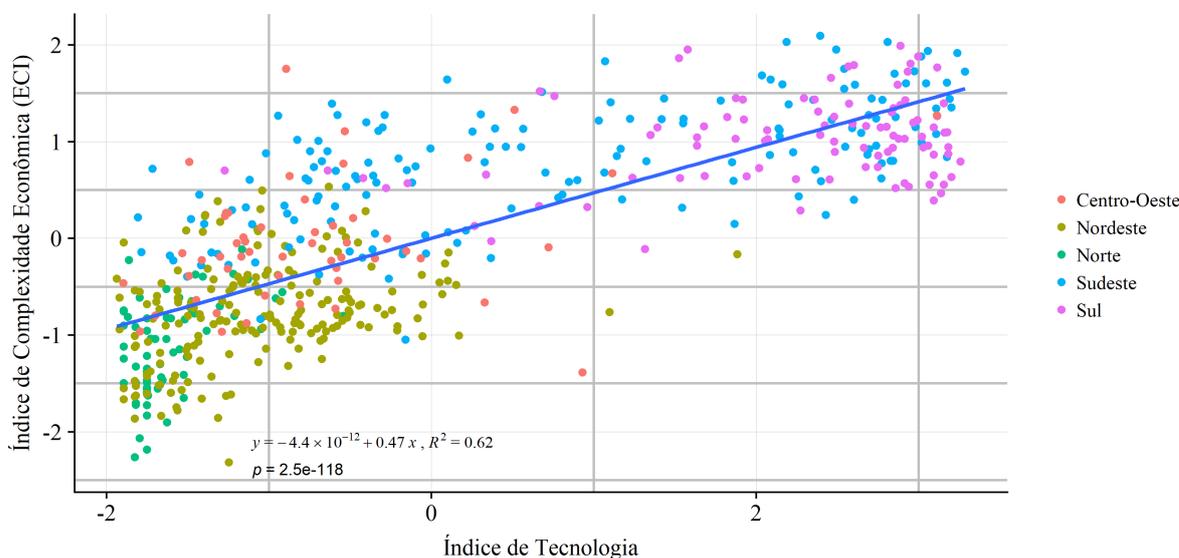
Dessa forma, a figura 84 mostra a relação entre complexidade econômica e produtividade da terra, medida em valor de produção por hectare, e produtividade do trabalho, medida pelo valor

Figura 84 – Relação entre ECI e produtividade da terra (esquerda) e do trabalho (direita)



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Figura 85 – Relação entre ECI e o índice de tecnologia

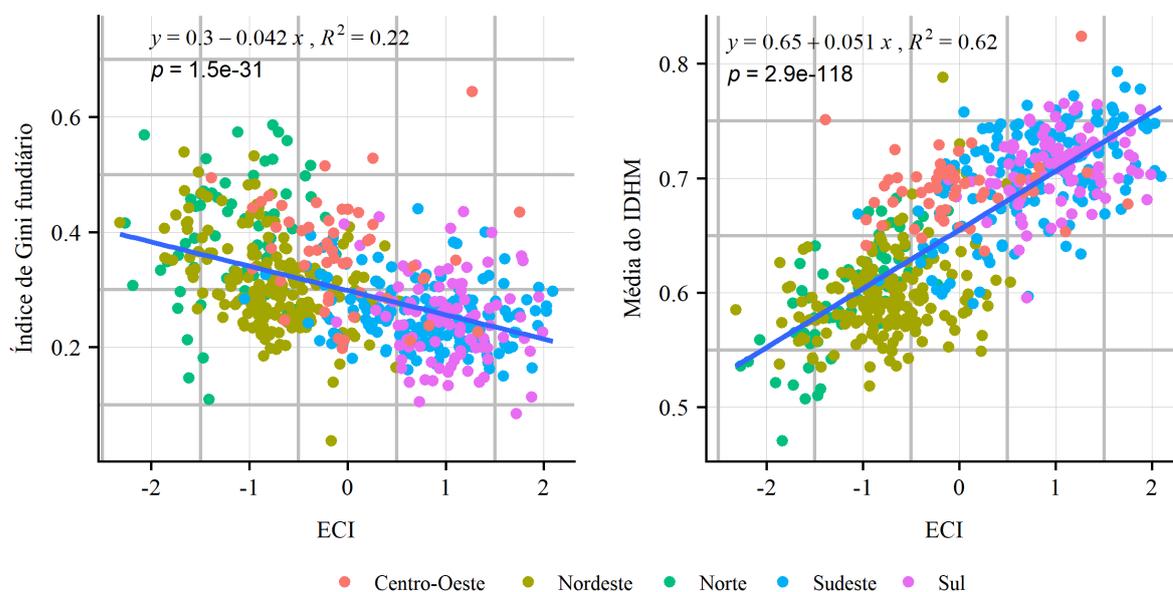


Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

de produção por pessoal ocupado, ambos em formato logarítmico para melhor representação. Como esperado, há um indício forte de correlação positiva entre maiores níveis de complexidade econômica e produtividade. Como mostram os trabalhos de [Alves \(2003\)](#) e [Alves \(2010\)](#), existem diversas medidas de produtividade na agricultura que refletem diferentes aspectos. Devido ao extenso escopo do trabalho, não foi realizado o cálculo de algumas medidas que

poderiam ser interessantes, como a produtividade total dos fatores. Entretanto, apenas avaliando a produtividade da terra e do trabalho já é possível apontar que existem fortes indícios de que maior complexidade econômica está intrinsecamente relacionada com microrregiões de maior eficiência econômica.

Figura 86 – Relação entre ECI e o índice de Gini fundiário e o IDHM médio das microrregiões



Fonte: elaboração do autor com base em [Iasco-Pereira e Romero \(2017\)](#) e [Brasil \(2013\)](#).

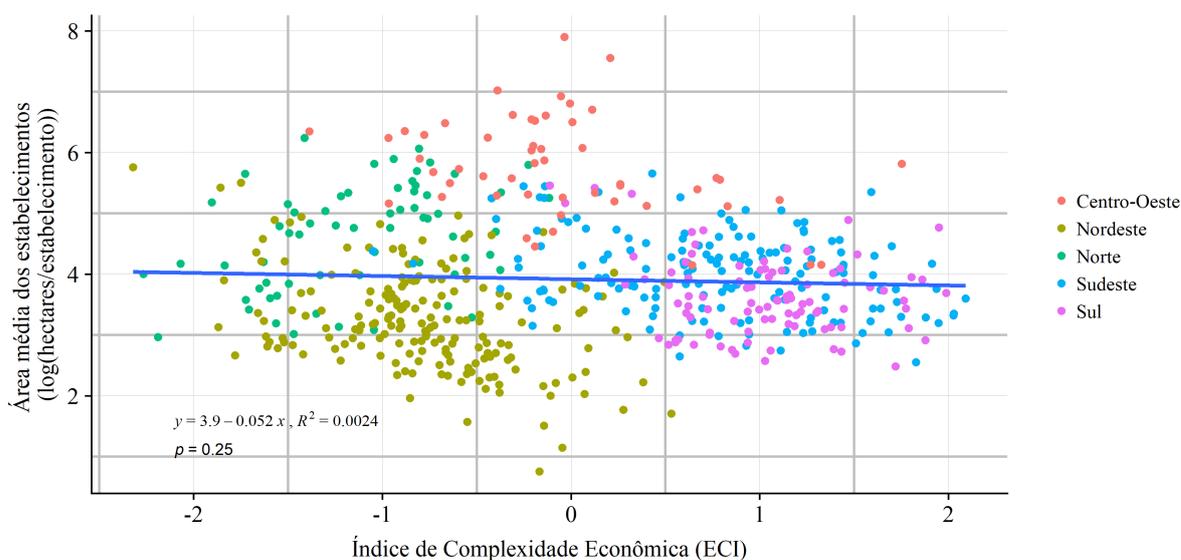
Também é nítida a relação positiva entre maiores níveis de intensidade tecnológica e complexidade econômica da agropecuária nas microrregiões. Foi utilizada uma função quadrática para demonstrar esse índice de correlação, entretanto não há grande diferença em relação ao ajuste encontrado quando utilizada uma função linear. Essa relação positiva demonstra que regiões com maior complexidade, que portanto contam com uma diversidade de produtos complexos maior, apresentam também condições estruturais importantes que não dizem respeito diretamente ao tipo de produto fabricado, pois a difusão e adoção de tecnologias, bem como a inovação tecnológica na agropecuária, dependem de elementos diversos, que variam desde questões institucionais até o nível de capital humano de uma região<sup>9</sup>.

A produtividade e a intensidade tecnológica são elementos importantes que, em grande medida, mensuram a dinâmica da economia. Ao serem positivamente correlacionados com complexidade, fica claro que a complexidade está relacionada à maior dinâmica econômica. Quer-se, porém, explorar a relação entre complexidade e outros fatores relacionados ao desenvolvimento, para além do lado econômico. Para tal, a figura 86 mostra a relação entre o nível de complexidade das microrregiões e os índices de Gini fundiário e IDH dos municípios da microrregião<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Para entender melhor a multiplicidade de fatores que operam na adoção, difusão e geração de tecnologia consultar [Paiva \(1971\)](#), [Cunha \(2013\)](#), [Gastal \(1986\)](#), [Vieira-Filho e Fishlow \(2017\)](#).

<sup>10</sup> Ambos os índices apresentavam valores apenas para municípios. A agregação para microrregiões foi por meio de média aritmética simples. O índice de Gini, proveniente do trabalho de [Iasco-Pereira e Romero \(2017\)](#), foi

Figura 87 – Relação entre ECI e área média dos estabelecimentos agropecuários



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Claramente há uma relação negativa entre o índice de Gini e o ECI, mostrando que microrregiões com maiores níveis de complexidade tendem a ser regiões com uma distribuição de terras mais igualitária. Paralelamente, há indícios de que quanto maior o nível de complexidade econômica da agropecuária da microrregião, maior o nível de desenvolvimento humano dos municípios desse local<sup>11</sup>.

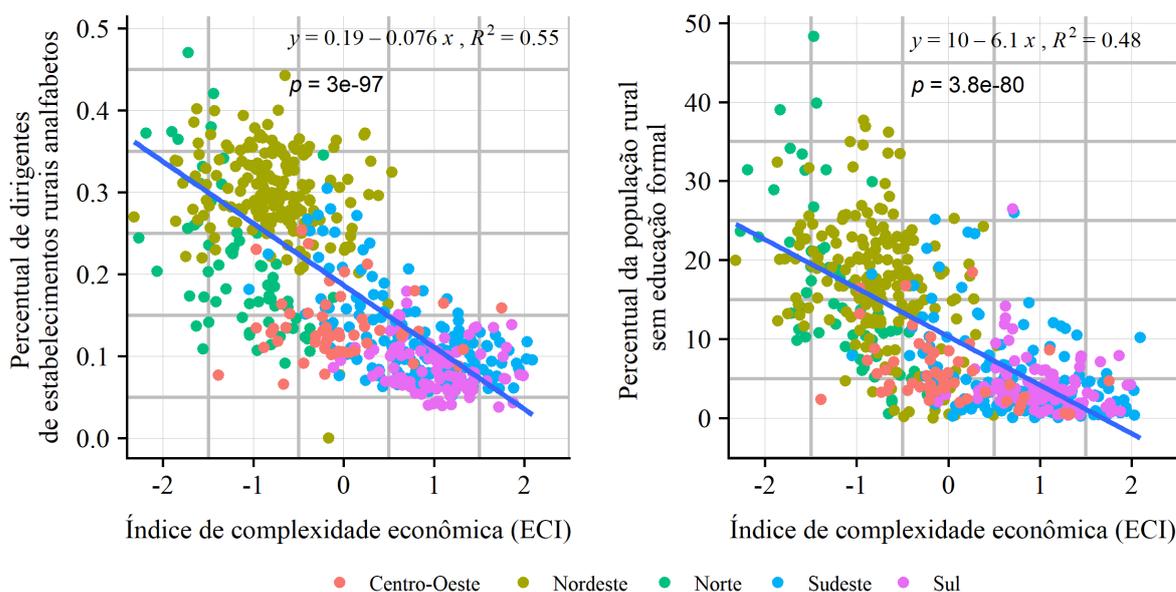
Algo interessante de ser destacado é que enquanto há uma relação entre maior complexidade econômica e menores níveis de desigualdade na distribuição de terras, não se verifica relação de nenhum tipo entre o nível de complexidade econômica e o tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários. Ou seja, não é possível afirmar que regiões caracterizadas pela existência de grandes propriedades terão maior complexidade. O mesmo é válido para a afirmação análoga.

Outros indicadores que valem a pena serem observados dizem respeito aos níveis educacionais no meio rural. Essa perspectiva é válida tanto para ter alguma noção sobre a relação entre capital humano e complexidade como pelo fato da educação ser um fator importante no processo de adoção de novas tecnologias. Dessa forma, apresenta-se no lado esquerdo a relação entre ECI e o percentual de dirigentes dos estabelecimentos rurais que não são alfabetizados, com dados provenientes do próprio Censo Agropecuário, e do lado direito a relação com o percentual de

construído com dados do Censo Agropecuário 2006, entretanto o IDHM refere-se ao ano 2010, pois foi obtido junto ao Atlas do Desenvolvimento Humano.

<sup>11</sup> Para observar o desenvolvimento humano seria ideal verificar a relação com algum indicador de desenvolvimento do meio rural, pois como o IDHM refere-se tanto ao rural quanto ao urbano, mesmo que pouco provável, é possível que alguns municípios tenham alto nível de desenvolvimento no meio urbano, devido a um bom planejamento urbano, por exemplo, mas gargalos maiores no que se refere somente ao meio rural. Entretanto, como não foi encontrada uma variável melhor, manteve-se essa

Figura 88 – Relação entre ECI e indicadores de educação



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

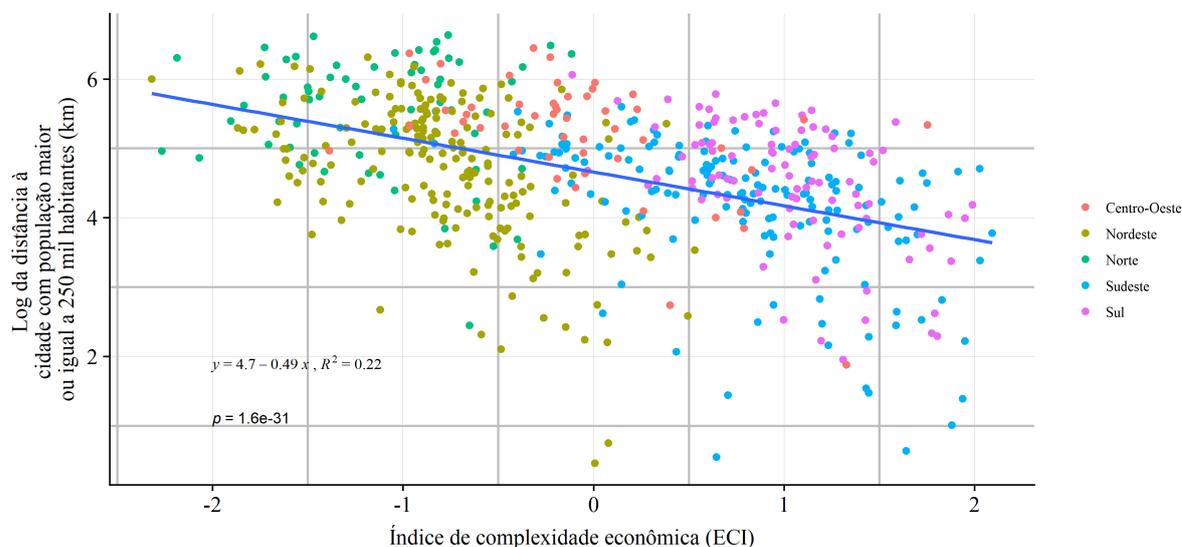
população domiciliada em zona rural que não tem educação formal. Em ambos os casos, quanto menor o indicador educacional, menor o nível de complexidade da microrregião.

Por fim, é importante apresentar uma ideia que aparece no desenvolvimento do trabalho desde a análise da concentração espacial dos diferentes grupos de produtos: quanto maior a distância entre a produção e os centros populacionais, menor o nível de complexidade econômica. Essa ideia pode ser evidenciada na figura 89, que apresenta indícios dessa correlação ao plotar a complexidade econômica em contraposição à distância do centroides de cada microrregião até a cidade com pelo menos 250mil habitantes mais próxima<sup>12</sup>. Evidente que há diversas possibilidades de interpretação para esse resultado. Aqui serão propostas duas interpretações, sendo uma pelo lado da demanda, ligada a um tema importante no estudos de desenvolvimento rural, e outra pelo lado da oferta, mais relacionada à área de estudos regionais.

A primeira dela é que a proximidade entre a produção e os centros populacionais serve como um indicador de maior integração dos estabelecimentos aos mercados. Nos maiores centros populacionais, além haver demanda por maiores quantidades, há também uma demanda mais heterogênea por bens, principalmente quando se trata de aglomerações populacionais de maior renda. Dada a existência dessa demanda, os produtores mais próximos aos centros têm maior capacidade de diversificar sua produção, uma vez que há maior proximidade dos mercados de comercialização e isso implica menores custos de transporte, podendo assim obter maior rentabilidade na produção em comparação a produtores que estão mais distantes. Maior

<sup>12</sup> Escolher a população mínima a ser utilizada como critério de cálculo para a distância mínima é uma decisão *ad hoc*, entretanto foram testados realizados testes para todos os valores entre 0 e 1 milhão de habitantes, em intervalos de 10 mil (0hab, 10.000hab, 20.000hab, ...) e foram constatados ajustes significativos para qualquer valor entre 30mil e 420mil habitantes, com  $R^2$  acima de 0,15 e um p-valor significativo.

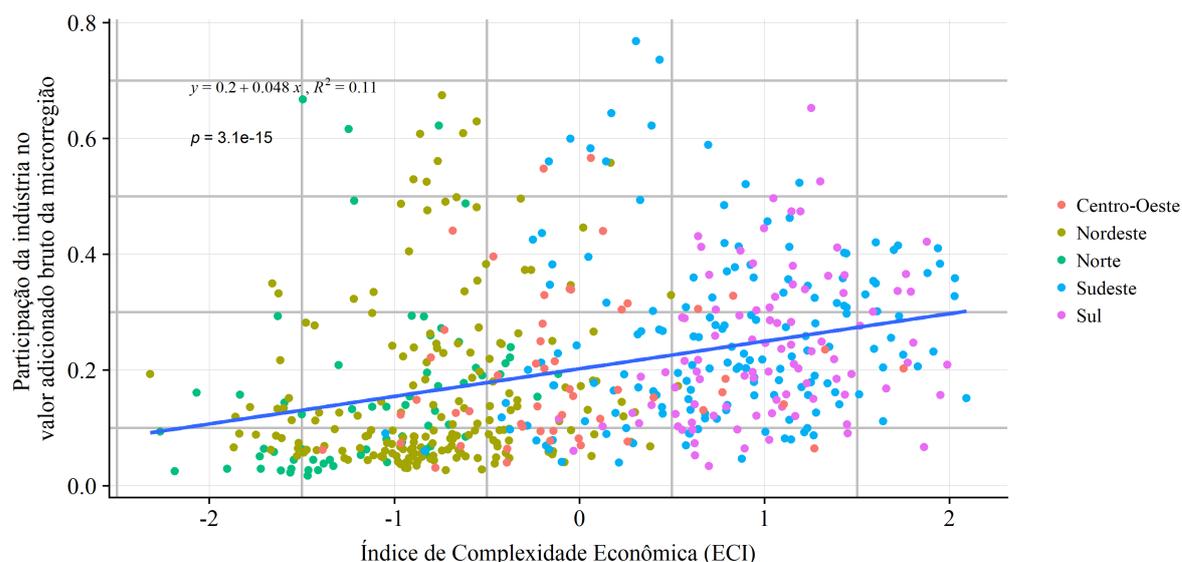
Figura 89 – Relação entre ECI e distância das microrregiões à cidade mais próxima com população igual ou superior a 250mil habitantes



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Censo Demográfico 2000 (IBGE).

rentabilidade na produção significa, via de regra, a possibilidade de assumir maiores riscos bem como acessar financiamentos com maior facilidade, o que abre espaço para investimentos em produtos que exigem maior sofisticação na produção e conseqüentemente são mais complexos. Portanto uma possível explicação está na proximidade com demandas heterogêneas.

Figura 90 – Relação entre ECI e participação da indústria no valor adicionado bruto da microrregião



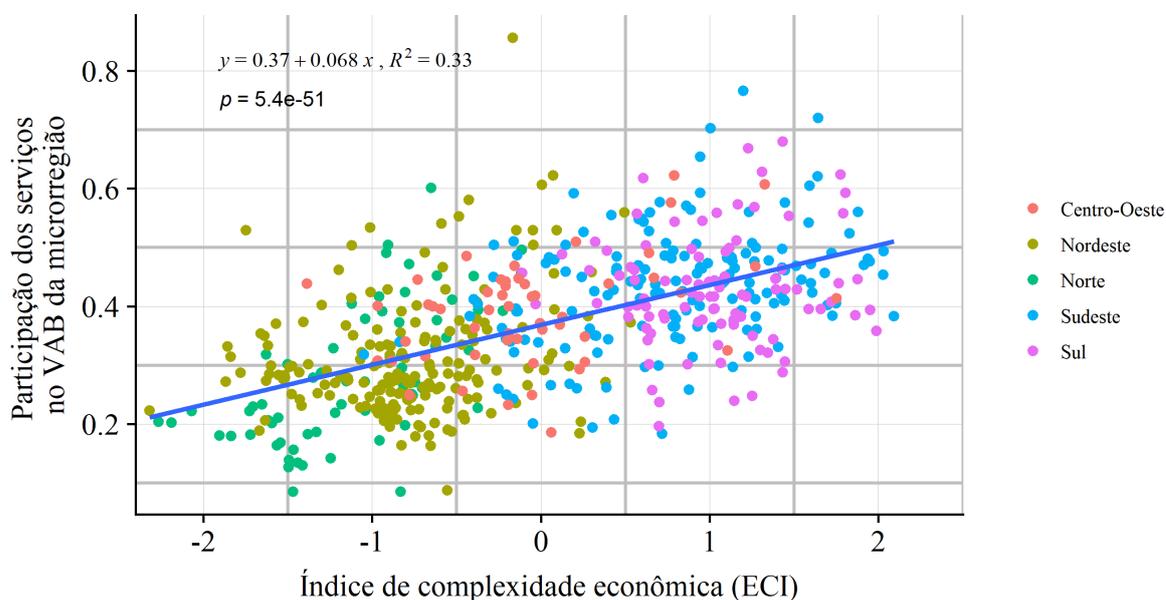
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Contas Regionais do IBGE (2006).

Uma segunda explicação possível é relacionada à renda da terra. Geralmente é nos maiores centros populacionais que está localizada uma oferta mais diversificada de serviços. Isso ocorre pois alguns bens carecem um nível de demanda mínimo para que sejam rentáveis, como é o caso dos serviços de saúde, por exemplo. Uma clínica somente investirá em uma máquina de ressonância magnética, que representa um custo inicial elevado, caso haja uma quantidade demandada suficiente para que seja rentável. Essa oferta de serviços leva as pessoas preferirem uma localização mais próxima dos grandes centros populacionais, seja para habitação e consumo, seja para comercialização de outros bens que também carecem uma demanda elevada. A tendência, portanto, é que quanto maior a proximidade dos centros populacionais, maior será o preço dos aluguéis, bem como o preço da terra de forma geral.

Admitindo maior preço da terra em locais próximos aos centros populacionais, há exigência que a produção realizada nessa região seja mais rentável, dado o preço mais elevado dos aluguéis ou dos arrendamentos ou o custo de oportunidade de venda da propriedade, que também será maior. Para suprir custos elevados, é necessário que haja maior produtividade no estabelecimento. Duas formas possíveis para ampliar a produtividade são a adoção de novas tecnologias, o que reduz os custos ou amplia a produtividade em uma mesma área, e a produção de produtos que são mais escassos e provavelmente mais sofisticados, o que permite ter ganhos adicionais ao absorver a demanda ainda não suprida por aquele bem. Em ambos os casos é possível perceber uma relação direta com o aumento da quantidade de conhecimentos envolvidos no processo produtivo e portanto ampliação da complexidade. Por essa ótica, portanto, as condições da produção, em um ambiente em que o nível de renda é maior, incentivam uma substituição de produtos menos sofisticados por produtos mais sofisticados, ou uma maior intensidade tecnológica, o que é uma possível explicação para relação entre a proximidade dos centros populacionais e maior nível de complexidade econômica da agropecuária.

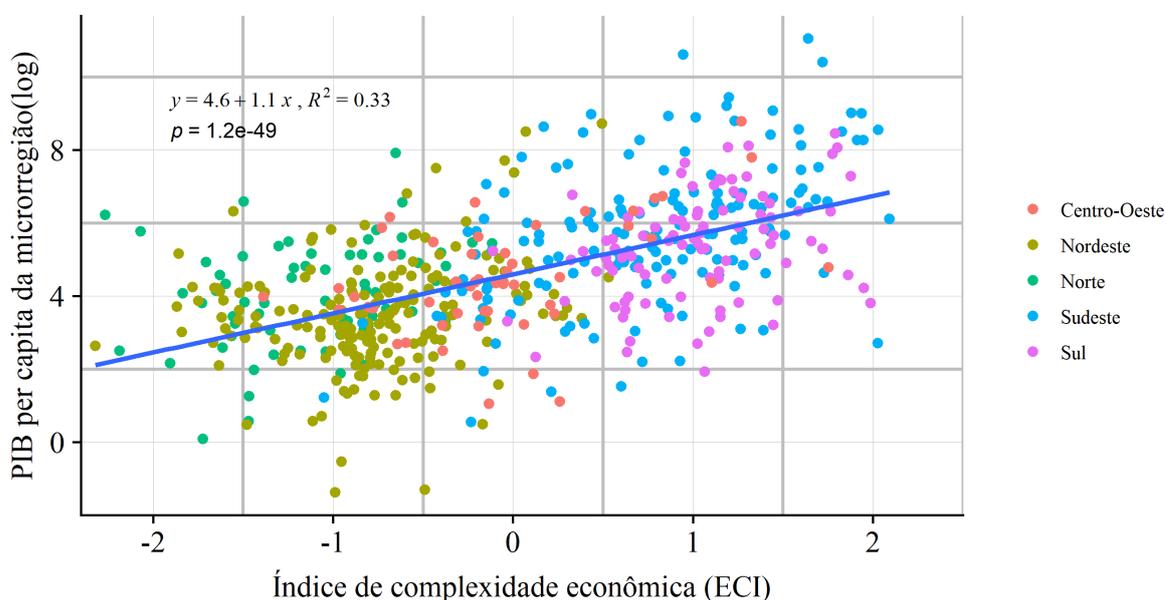
Uma evidência que corrobora as duas análises acima expostas é apresentada pela figura 90, onde são apresentados indícios de uma correlação entre maior participação da indústria no valor adicionado bruto da microrregião e a complexidade econômica das microrregiões. Dentro dos setores considerados indústria estão as indústrias de processamento de alimentos, que são parte importante da demanda pela produção agropecuária e que geralmente tem canais de compra dessa produção bem estabelecidos, seja pela integração direta ou pela via cooperativas e organizações de produtores. Por outro lado, a figura 91 também dá indícios de que as microrregiões de maior complexidade também são aquelas em que o setor de serviços é mais pujante, o que dá base à segunda explicação apresentada.

Figura 91 – Relação entre ECI e participação dos serviços no valor adicionado bruto da microrregião



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Contas Regionais do IBGE (2006).

Figura 92 – Relação entre ECI e PIB per capita da microrregião



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE) e Contas Regionais do IBGE (2006).

Independente de qual seja a explicação mais pertinente, a figura 92 deixa evidente que as microrregiões que apresentam um setor agropecuário de maior complexidade são regiões

economicamente mais dinâmicas de modo geral, o que pode ser aferido pela correlação positiva entre PIB per capita e maior nível de complexidade na agropecuária.

#### **4.4.4 Representação da relação entre redes e complexidade econômica das microrregiões**

Uma das contribuições importantes que a abordagem da complexidade trouxe ao estudo da estrutura produtiva foi apresentar novas formas de visualização da estrutura produtiva que são mais intuitivas, permitindo assimilação mais fácil dos resultados a partir da visualização de redes. Valendo-se disso, é apresentada a seguir uma forma de relacionar os índices de complexidade econômica e a rede de produtos para microrregiões de interesse.

Para exemplificar os resultados obtidos, foram selecionadas três microrregiões: Alto Paranaíba Piauiense (PI), que apresentou o menor índice de complexidade entre todas as microrregiões; Bocaiúva (MG), que tem um nível de complexidade próximo de zero, ficando localizada próxima à média da distribuição, na posição 265; e Piedade (SP), que foi a microrregião com maior índice de complexidade econômica. Para cada uma delas é apresentada a rede de produtos agropecuários, destacando em quais produtos a microrregião tem  $RCA \geq 1$ , ou seja, demonstrando quais bens são importantes na produção da microrregião.

Ao observar o espaço de produtos de Alto Paranaíba Piauiense, fica claro que a microrregião conta com uma estrutura produtiva pouco diversificada, com vantagem comparativa em apenas 11 produtos, cuja maioria está situada em uma região do *product space* que já sabemos concentrar os produtos de baixa complexidade econômica. Observa-se como a densidade de nós destacados é muito baixa.

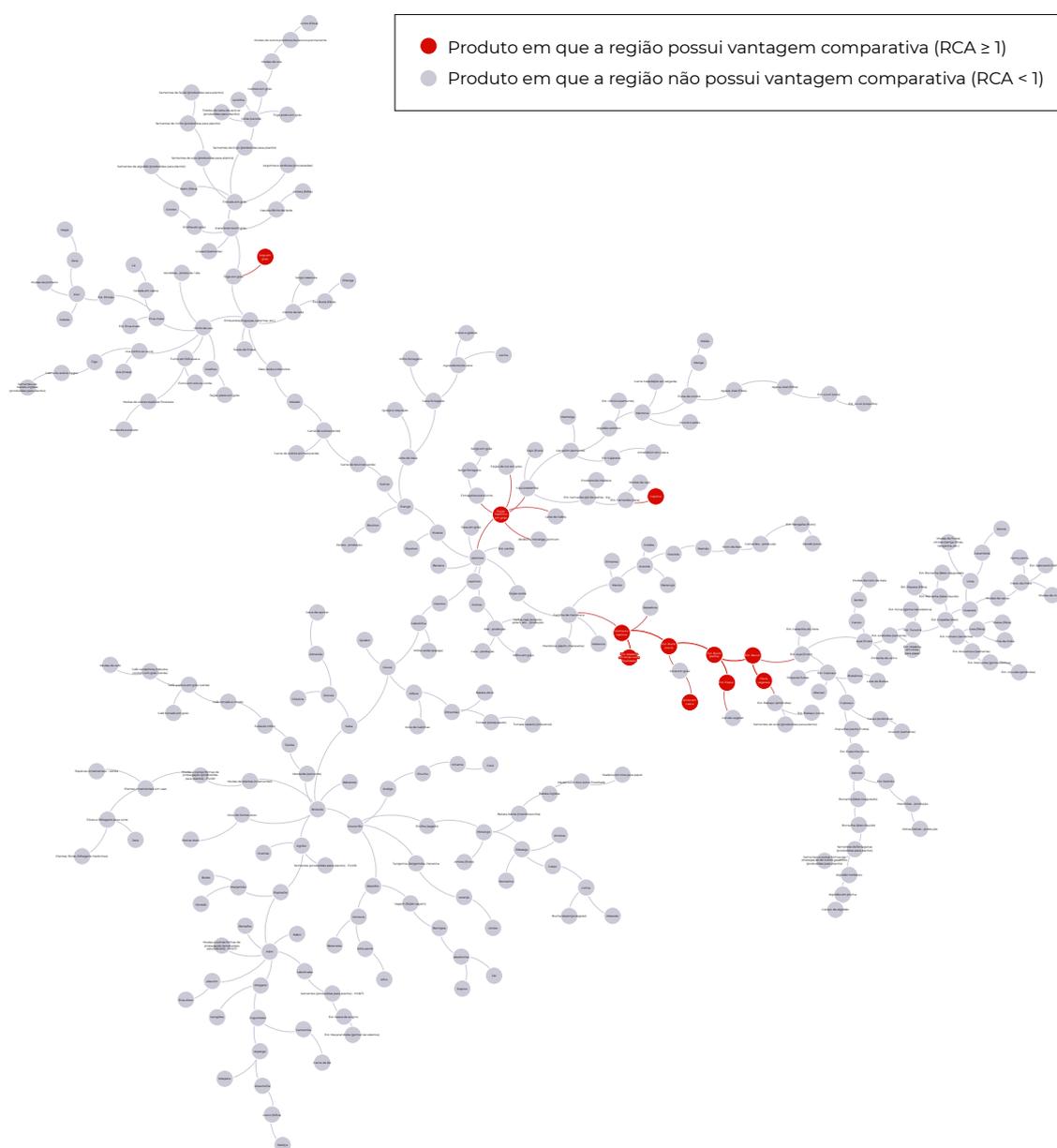
Já o espaço de produtos da microrregião de Bocaiúva conta com um número muito maior de nós destacados, sendo que vários deles estão na região em que predomina o grupo 13, cujo nível de complexidade é maior do que os produtos do grupo 2. Ou seja, apenas olhando o espaço de produtos seria possível ter uma indicação de que o nível de complexidade econômica de Bocaiúva é superior à região do Alto Paranaíba Piauiense, por ser mais diversificada em produtos que são relativamente mais complexos.

Por fim, ao observar a figura 95, fica justificado o alto nível de complexidade da microrregião de Piedade, pois apresenta um nível de diversificação muito superior às outras duas, contando com produtos que estão localizados em uma região do espaço de produtos marcada por bens de alta complexidade. Predominam produtos do grupo 10, que são a maioria, mas também alguns produtos mais peculiares, pertencentes ao grupo 3, como cogumelos, aspargo, nêspera e alcachofra, que foram identificados como sendo de altíssima complexidade.

O que se busca mostrar com essa rápida análise é que os instrumentos de complexidade permitem ter uma visão mais geral da diferença existente entre a estrutura produtiva das regiões, pois apenas observando o espaço de produtos é possível saber o que a microrregião produz e

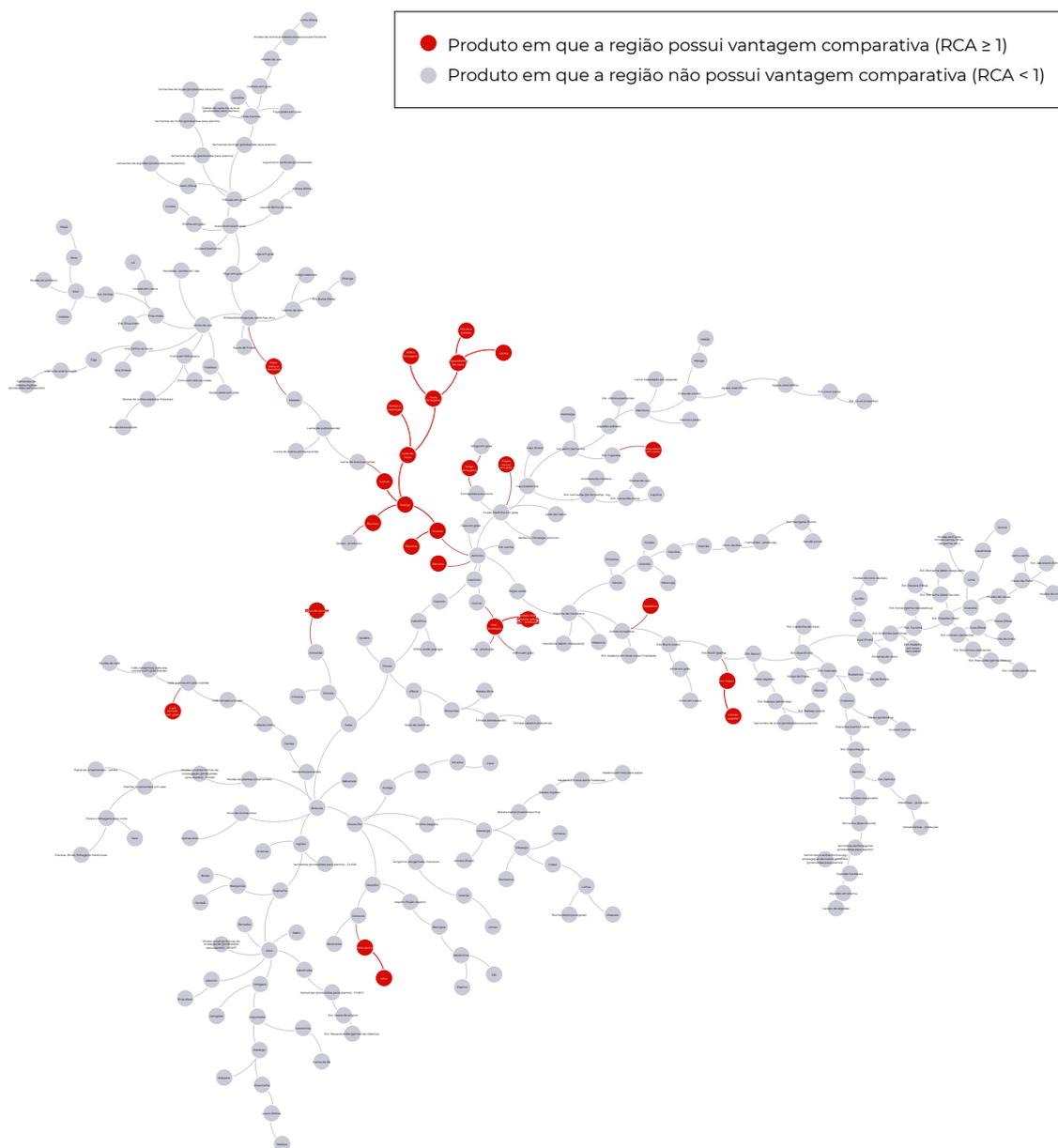
ter uma ideia sobre seu nível de complexidade. Com isso, é possível afirmar que o método da complexidade traz um avanço importante para entender e representar a heterogeneidade estrutural, pois, como foi demonstrado, o nível de complexidade está relacionado com maiores níveis de produtividade, capital humano, desenvolvimento humano e menores níveis de desigualdade, além de apresentar um padrão de distribuição espacial. Ao olhar para o espaço de produtos, portanto, compreende-se muito sobre a agropecuária de uma microrregião.

Figura 93 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - produtos em que a microrregião de Alto Paranaíba Piauiense (PI) tem  $RCA \geq 1$



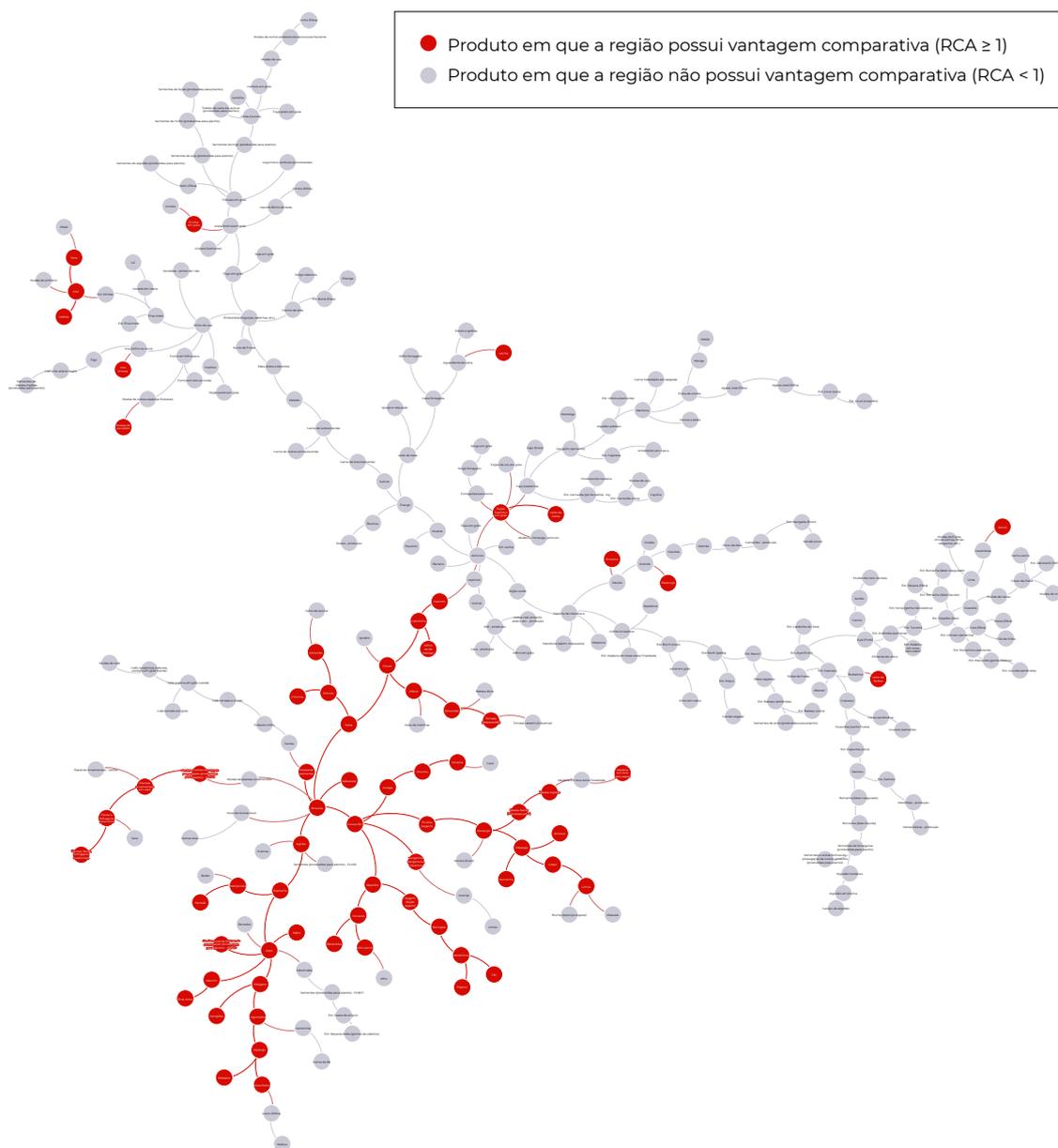
Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Figura 94 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - produtos em que a microrregião de Bocaiúva (MG) tem  $RCA \geq 1$



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

Figura 95 – Rede de produtos como árvore geradora máxima - produtos em que a microrregião de Piedade (SP) tem  $RCA \geq 1$



Fonte: elaboração do autor com base nos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE).

## 4.5 Considerações finais

O presente capítulo teve por objetivo explorar a possibilidade da utilização dos índices de complexidade econômica da agropecuária para retratar a heterogeneidade estrutural do setor agropecuário brasileiro. Resumidamente, foram dados quatro passos essenciais: i) construção dos índices de complexidade, utilizando a aplicação do Método do Reflexos proposto por [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), [Hausmann et al. \(2014\)](#); ii) avaliação das relações existentes entre o índice de complexidade de produtos, seu posicionamento no *product space*, indicadores de ubiquidade e diversificação, bem como indicadores socioeconômicos das regiões que produzem cada produto, valendo-se dos grupos identificados no capítulo 3; iii) análise da distribuição espacial e formação de aglomerações do índice de complexidade econômica das microrregiões; e iv) análise das relações entre o índice de complexidade econômica das microrregiões, indicadores de ubiquidade e diversificação e indicadores socioeconômicos.

Em relação à complexidade dos produtos foi possível constatar que há diferenças no nível médio de complexidade entre os grupos identificados no capítulo 3, corroborando a análise desse capítulo de que os grupos 2 e 13 apresentam menores níveis de complexidade, enquanto os grupos 9 e 10 contam com maior complexidade.

As relações do PCI com os indicadores de diversificação e ubiquidade seguiram o mesmo comportamento proposto por [Hidalgo e Hausmann \(2009b\)](#), entretanto apresentaram relações não tão fortes quanto o esperado. Uma interpretação sugerida é que esse resultado seja devido à natureza da produção agropecuária, que apesar de seguir uma lógica de complexidade econômica, essencialmente social, em que a tecnologia e o conhecimento são elementos chave, também há um aspecto edafoclimático que influencia questões de ubiquidade e diversificação. A validade da noção de complexidade econômica para o PCI, entretanto, foi corroborada pela relação significativa entre os indicadores PRODY e o PCI. Ainda, buscando compreender as especificidades da complexidade na agropecuária, foi possível constatar que diferentemente da proposta de [Hidalgo e Hausmann \(2009b\)](#), os produtos agropecuários mais complexos não estão localizados necessariamente ao centro da rede de produtos. Como último aspecto relacionado aos produtos, foram encontradas relações positivas entre o nível de complexidade dos produtos e indicadores de tecnologia e produtividade.

A análise do indicador de complexidade econômica das microrregiões apresentou diversos resultados importantes. O primeiro deles foi como a complexidade econômica não é distribuída uniformemente ao longo do país, sendo possível indentificar aglomerados de alta complexidade nas regiões Sul e Sudeste e aglomerados de baixa complexidade nas regiões Norte e Nordeste.

O segundo é que a relação entre ECI e ubiquidade é muito semelhante àquela proposta por [Hidalgo e Hausmann \(2009b\)](#), apesar de mais frágil. Entretanto o comportamento da relação entre ECI e diversificação apresenta uma peculiaridade para o caso agropecuário, em que há uma

relação positiva entre complexidade e diversificação apenas quando são considerados produtos de alta complexidade para o cálculo da diversificação. Isso indica que o caminho para ampliação da complexidade não passa pela diversificação total e irrestrita, mas deve considerar a natureza dos produtos. Assim como para os produtos, a correlação entre ECI e EXPY reforçou o argumento de que a perspectiva da complexidade econômica é pertinente para análise do setor agropecuário, apesar de algumas peculiaridades.

O terceiro resultado relevante é que existem fortes indícios de correlação positiva entre ECI e produtividade da terra e do trabalho, tecnologia, desenvolvimento humano, educação e menores níveis de desigualdade fundiária. Tal resultado é essencial pois indica que o índice de complexidade econômica da agropecuária pode ser considerado apropriado para retratar a heterogeneidade estrutural da agropecuária. Além disso, constatou-se que há um padrão na distribuição espacial da complexidade, em que as microrregiões de maior complexidade econômica também são aquelas com maior proximidade dos grandes centros populacionais.

Por fim, realizou-se um breve exercício de realcionar o espaço de produtos com os indicadores de complexidade para representar a estrutura produtiva de três regiões selecionadas que contam com níveis distintos de complexidade. Ficou evidente que as regiões de maior complexidade econômica apresentara um espaço de produtos mais completo e com a produção localizada em regiões do espaço de produtos onde estão localizados os produtos de maior PCI. Tal exercício ilustra, em grande medida, os resultados práticos do trabalho como um todo: é possível aferir sobre a estrutura produtiva da agropecuária utilizando o espaço de produtos e o índice de complexidade econômica.

## 5 Conclusão

A pergunta principal do trabalho realizado é se a perspectiva da complexidade econômica pode ser utilizada para ampliar a compreensão sobre a heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira. O estudo desenvolvido teve como principal objetivo avaliar a pertinência dos principais instrumentos da abordagem da complexidade econômica para retratar a heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira. Para tal, além da revisão de literatura sobre o tema, valeu-se de três exercícios empíricos apresentados em três capítulos distintos, tendo como principal base de dados o Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

No capítulo 2, o objetivo foi explorar a heterogeneidade estrutural da agropecuária a partir da hipótese de distribuição assimétrica de tecnologia. Para essa finalidade foi utilizado um método de análise de correspondência múltipla para criar um índice de intensidade tecnológica da agropecuária para as microrregiões brasileiras. Além disso, foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais sobre o índice desenvolvido.

Os resultados permitiram verificar que, na média, há fortes diferenças na distribuição de tecnologia no país, com alta intensidade tecnológica nas microrregiões do Sul e Sudeste, contrastando com a menor intensidade tecnológica nas microrregiões do Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Além disso, encontrou-se indícios de correlação positiva entre a produtividade – dada pelo valor de produção por hectare – e o índice de tecnologia desenvolvido, reforçando a ideia de que a distribuição assimétrica de tecnologia está ligada a diferentes níveis de produtividade na agricultura. Por sua vez, a análise exploratória de dados espaciais rejeitou a hipótese de aleatoriedade da distribuição espacial da tecnologia e indicou a existência de aglomerações de alta tecnologia em algumas microrregiões do Sul e Sudeste do Brasil e de aglomerações de baixa tecnologia em partes do Norte e Nordeste.

O terceiro capítulo buscou avaliar se a rede de produtos (*product space*) da agropecuária brasileira se constitui em um instrumento elucidativo das similaridades entre os diferentes bens produzidos no setor agropecuário e a relação desses com o desenvolvimento econômico das microrregiões brasileiras. Com esse intuito, foi construída a rede de produtos, realizada a identificação de *clusters* de produtos e avaliada a relação entre os diferentes grupos de produtos e indicadores de desenvolvimento das microrregiões que os produzem.

Os exercícios realizados trouxeram contribuições importantes pois permitiram identificar grupos de produtos cuja concentração espacial da produção e características do processo produtivo são semelhantes. Mais que isso, a partir da identificação dos grupos foi possível verificar como cada um desses está associado a regiões com diferentes níveis de intensidade tecnológica, produtividade, desigualdade fundiária, desenvolvimento humano e educação. Condizente com resultados do capítulo 2, esse exercício permitiu constatar que as regiões do Norte e Nordeste,

que têm menor agregação de tecnologia, são especializadas em determinados grupos de produtos, enquanto as regiões Sul e Sudeste, que apresentam maiores índices tecnológicos, são as regiões em que estão concentrados produtos de uma natureza distinta, cujo processo produtivo não é trivial. Em linhas gerais esse capítulo permitiu entender onde são produzidos os diferentes produtos agropecuários e qual sua relação com os diferentes indicadores socioeconômicos, mostrando que a utilização do espaço de produtos é um instrumento apropriado para avançar no entendimento da heterogeneidade estrutural da agropecuária e, conseqüentemente, do desenvolvimento econômico em nível regional.

O último capítulo teve como principal objetivo verificar em que medida os índices de complexidade econômica de produtos e das microrregiões servem como instrumentos para mapear a heterogeneidade da estrutura produtiva da agropecuária brasileira e relacionar isso com o desenvolvimento econômico das microrregiões. Além do desenvolvimento dos índices e de avaliar sua relação com indicadores socioeconômicos, foi realizada uma análise exploratória de dados espaciais sobre esses indicadores.

A partir dos resultados encontrados, a primeira contribuição do exercício foi mostrar que tanto o índice de complexidade econômica quanto o índice de complexidade de produtos são instrumentos eficazes para retratar a heterogeneidade estrutural da agropecuária brasileira. É possível afirmar que assim como nos trabalhos de [Hidalgo e Hausmann \(2009a\)](#), [Hausmann et al. \(2014\)](#) e [Hartmann et al. \(2017\)](#), os índices de complexidade econômica da agropecuária apresentam fortes indícios de correlação com indicadores de produtividade, desigualdade e desenvolvimento humano.

A segunda contribuição importante é fruto da análise exploratória de dados espaciais, que mostrou dois resultados relevantes sobre o índice de complexidade econômica: o primeiro é a não aleatoriedade da distribuição espacial do índice de complexidade, que apresentou aglomerados do tipo alto-alto nos estados do Sul e Sudeste e do tipo baixo-baixo no Norte e Nordeste, corroborando os resultados do capítulo 2. O segundo é que foram constatados indícios de correlação negativa entre a complexidade das microrregiões e a distância dessas até os grandes centros populacionais. Foram propostas duas interpretações para essa correlação: i) pelo lado da demanda a importância da integração aos mercados de comercialização e à indústria de alimentos para ampliação da complexidade econômica, corroborada pela correlação positiva entre complexidade e participação da indústria no valor adicionado bruto da microrregião; e ii) pelo lado da oferta a pressão que a elevação do preço dos aluguéis e da terra exercem sobre a produtividade em locais próximos aos centros populacionais, o que é corroborado pela relação positiva entre complexidade econômica e maior participação do setor de serviços no valor adicionado bruto das microrregiões.

Como uma terceira contribuição do último capítulo, os exercícios realizados demonstraram que maiores níveis de diversificação não estão necessariamente ligados à maiores níveis de complexidade econômica (e portanto, desenvolvimento), mas que maiores níveis de diversifi-

cação entre produtos de alta complexidade estão. Esse resultado é relevante para debate entre diversificação e especialização da produção agropecuária, pois apresenta fortes indícios de que a diversificação é necessária, porém deve ser direcionada a determinados tipos de bens que estão relacionados a maiores níveis de desenvolvimento econômico.

Como último resultado, a combinação entre o espaço de produtos e o índice de complexidade econômica se mostrou como um conjunto de instrumentos apropriado para retratar a estrutura produtiva das microrregiões. Realizando a aplicação para três microrregiões de níveis de complexidade distintas, foi possível visualizar amplas distinções em seus espaços de produtos, entendendo especificamente como é estruturada a produção dessas microrregiões.

É possível afirmar que a contribuição geral do trabalho reside em dois aspectos principais. O primeiro é a resposta afirmativa à pergunta principal do estudo: a abordagem da complexidade econômica é apropriada para avançar no estudo da relação entre estrutura produtiva da agropecuária e desenvolvimento econômico, nomeadamente na questão da heterogeneidade estrutural na agropecuária. O segundo é demonstrar que os instrumentos da complexidade econômica são robustos para análises com recortes regionais e setoriais mais específicos.

Por fim, vale ressaltar que a natureza exploratória do trabalho abre agendas de pesquisa futuras e imediatas. Na relação entre agropecuária e complexidade, por exemplo, cabe a realização de estudos que procedam o devido tratamento econométrico às relações encontradas neste trabalho. Entretanto, diversas são as possibilidades de pesquisa para avançar na relação entre complexidade e desenvolvimento regional, bem como entre complexidade e outros setores específicos da economia. Além disso, é de fundamental importância pensar soluções metodológicas que visem reduzir o número de opções *ad hoc* necessárias para a realização deste tipo de análise empírica. Espera-se que os exercícios aqui realizados sirvam como uma introdução a novos debates similares e novos pesquisadores que tenha interesse na abordagem da complexidade econômica.

Para além da perspectiva acadêmica, espera-se que o esforço aqui realizado seja um passo inicial, mesmo que pequeno, em direção à qualificação da elaboração de políticas de desenvolvimento produtivo voltadas ao meio rural e contribua para a construção de um projeto de desenvolvimento para o Brasil que seja mais inclusivo social e economicamente.

# Referências

- ACEMOGLU, Daron; JOHNSON, Simon; ROBINSON, James A. The colonial origins of comparative development: An empirical investigation. *American economic review*, v. 91, n. 5, p. 1369–1401, 2001.
- ALVES, Eliseu. Medidas de produtividade: dilemas da agricultura familiar. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 1, n. 3, 2003.
- ALVES, Eliseu. O que significam as medidas de produtividade da agricultura? *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 8, n. 3, 2010.
- AQUINO, Joacir Rufino de; GAZOLLA, Marcio; SCHNEIDER, Sergio. Dualismo no campo e desigualdades internas na agricultura familiar brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 56, n. 1, p. 123–142, 2018.
- BALASSA, Bela. Trade liberalisation and revealed comparative advantage 1. *The manchester school*, Wiley Online Library, v. 33, n. 2, p. 99–123, 1965.
- BALLAND, Pierre-Alexandre et al. Smart specialization policy in the european union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, Taylor & Francis, v. 53, n. 9, p. 1252–1268, 2019.
- BALLAND, Pierre Alexandre et al. Complex economic activities concentrate in large cities. 2018.
- BALLAND, Pierre-Alexandre; RIGBY, David. The geography of complex knowledge. *Economic Geography*, Taylor & Francis, v. 93, n. 1, p. 1–23, 2017.
- BARABÁSI, Albert-László. *Linked: The new science of networks*. [S.l.]: AAPT, 2003.
- BELIK, Walter. A heterogeneidade e suas implicações para as políticas públicas no rural brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 53, n. 1, p. 9–30, 2015.
- BLONDEL, Vincent D et al. Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, IOP Publishing, v. 2008, n. 10, p. P10008, 2008.
- BRASIL, Atlas. Atlas do desenvolvimento humano no brasil 2013. *Acesso em 01/04/2019*, v. 22, 2013.
- BRITTO, Gustavo et al. The great divide: economic complexity and development paths in brazil and the republic of korea. *CEPAL Review*, 2019.
- CAMPOS, Samuel Alex Coelho; PEREIRA, Matheus Wemerson Gomes; TEIXEIRA, Erly Cardoso. Trajetória de modernização da agropecuária mineira no período de 1996 a 2006. *Economia Aplicada*, SciELO Brasil, v. 18, n. 4, p. 717–739, 2014.
- CONTERATO, Marcelo Antônio et al. Mercantilização e mercados: a construção da diversidade da agricultura na ruralidade contemporânea. *Os atores do desenvolvimento rural: práticas produtivas e processos sociais emergentes*. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

- CONTERATO, Marcelo Antonio et al. O consumo intermediário na agricultura: uma comparação entre agricultura familiar e não familiar no Brasil e nas regiões sul e nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 45, n. 5, p. 63–82, 2014.
- CROCCO, Marco Aurélio et al. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. *Nova economia*, SciELO Brasil, v. 16, n. 2, p. 211–241, 2006.
- CUNHA, Altivo Roberto Andrade de Almeida. Uma crítica à teoria neoclássica sobre a geração de tecnologia para a agricultura. *Nova economia*, v. 2, n. 2, 2013.
- FELEMA, João; RAIHER, Augusta Pelinski; FERREIRA, Carlos Roberto. Agropecuária brasileira: desempenho regional e determinantes de produtividade. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 51, n. 3, p. 555–573, 2013.
- FELIPE, Jesus et al. Product complexity and economic development. *Structural Change and Economic Dynamics*, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 36–68, 2012.
- FORNAZIER, Armando; VIEIRA-FILHO, José Eustáquio Ribeiro. *Heterogeneidade estrutural no setor agropecuário brasileiro: Evidências a partir do censo agropecuário de 2006*. Rio de Janeiro, 2012.
- FREITAS, Elton Eduardo. *Indústrias relacionadas, complexidade econômica e diversificação regional: uma aplicação para microrregiões brasileiras*. Tese (Doutorado) — Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (UFMG), Belo Horizonte, 2019.
- FREITAS, Elton Eduardo; PAIVA, Emilia Andrade. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do product space aos dados do Brasil. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 46, n. 3, p. 79–98, 2015.
- FREITAS, Rogério Edivaldo. Produtividade agrícola no Brasil. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*, Brasília ABDI, v. 1, 2014.
- GASQUES, José Garcia et al. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília: Ipea, p. 19–44, 2010.
- GASTAL, Edmundo. O processo de transformação tecnológica na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 3, n. 1, p. 155–169, 1986.
- GREENACRE, Michael J; BLASIUS, Jörg. *Correspondence analysis in the social sciences: Recent developments and applications*. New York City: [s.n.], 1994.
- HARTMANN, Dominik et al. Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, Elsevier, v. 93, p. 75–93, 2017.
- HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César A. The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*, Springer, v. 16, n. 4, p. 309–342, 2011.
- HAUSMANN, Ricardo et al. *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Cambridge, MA: Mit Press, 2014.
- HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani. What you export matters. *Journal of economic growth*, Springer, v. 12, n. 1, p. 1–25, 2007.

- HAUSMANN, Ricardo; KLINGER, Bailey. Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space. 2006.
- HIDALGO, Cesar A; HAUSMANN, Ricardo. A network view of economic development. *Developing alternatives*, v. 12, n. 1, p. 5–10, 2008.
- HIDALGO, César A; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, National Acad Sciences, v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009.
- HIDALGO, César A; HAUSMANN, Ricardo. Supporting material for: the building blocks of economic complexity. *Working paper*, Center for International Development and Harvard Kennedy School, Harvard University, 2009.
- HIDALGO, César A et al. The product space conditions the development of nations. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.
- HIDALGO, César A et al. Supporting online material for the product space conditions the development of nations. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.
- HOFFMANN, Rodolfo et al. de menezes; neves, evaristo marzabal. *Administração de Empresa Agrícola*. São Paulo: Pioneira, 1984.
- IASCO-PEREIRA, Hugo Carcanholo; ROMERO, João Prates. Kaldor-verdoorn law and institutions: A study of the brazilian economy. In: *21st Conference of the Forum for Macroeconomics and Macroeconomic Policies (FMM), 2017, Berlim. 21st Conference of the Forum for Macroeconomics and Macroeconomic Policies (FMM)*, 2017.
- JACKSON, Matthew O. *Social and economic networks*. [S.l.]: Princeton university press, 2010.
- LAHR, Michael L; DIETZENBACHER, Erik. *Input-output analysis: Frontiers and extensions*. New York, NY: Palgrave, 2001.
- LALL, Sanjaya. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98. *Oxford development studies*, Taylor & Francis, v. 28, n. 3, p. 337–369, 2000.
- LEAMER, Edward E. *Sources of international comparative advantage: Theory and evidence*. Cambridge, MA: MIT press, 1984.
- LEMOS, Mauro Borges et al. Tecnologia, especialização regional e produtividade: um estudo da pecuária leiteira em minas gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 41, n. 3, p. 117–138, 2003.
- MARCONATO, Renata; LAROCCA, Ana Paula C; QUINTANILHA, José Alberto. Análise do uso de tecnologias em estabelecimentos agropecuários por meio dos índices de moran global e local. *Revista de Política Agrícola*, v. 21, n. 1, p. 5–21, 2012.
- NEWMAN, Mark. *Networks: an introduction*. [S.l.]: Oxford university press, 2010.
- OLIVEIRA-FERREIRA, Monaliza de; VASCONCELOS, Kelly Samá Lopes de. Crescimento e especialização produtiva da agropecuária entre estados do nordeste brasileiro. *Economía, sociedad y territorio*, El Colegio Mexiquense AC, v. 14, n. 46, p. 799–822, 2014.

OLIVEIRA-FILHO, Silvio Fernando Santana et al. Adoção de estratégias para redução de riscos: identificação dos determinantes da diversificação produtiva no polo petrolina-juazeiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 52, n. 1, p. 117–138, 2014.

PAIVA, Ruy Miller. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 5, n. 1, p. 117–161, 1971.

PINTO, Aníbal. Naturaleza e implicaciones de la "heterogeneidad estructural" de la América latina. *El trimestre económico*, JSTOR, v. 37, n. 145 (1), p. 83–100, 1970.

PIRES, Murilo José de Souza; RAMOS, Pedro. O termo modernização conservadora: sua origem e utilização no Brasil. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 40, n. 3, p. 411–424, 2009.

RODRIGUES, Clarissa Guimarães; SIMÕES, Rodrigo Ferreira. Aglomerados industriais e desenvolvimento socioeconômico: uma análise multivariada para Minas Gerais. *Ensaio FEE*, v. 25, n. 1, 2004.

RODRIG, Dani; SUBRAMANIAN, Arvind; TREBBI, Francesco. Institutions rule: the primacy of institutions over geography and integration in economic development. *Journal of Economic Growth*, Springer, v. 9, n. 2, p. 131–165, 2004.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa et al. A diversificação produtiva como forma de viabilizar o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no Brasil. *Brasil em desenvolvimento*, p. 61–84, 2014.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa et al. Diversidade da produção nos estabelecimentos da agricultura familiar no Brasil: uma análise econométrica baseada no cadastro da declaração de aptidão ao Pronaf (DAP). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2016.

SANTOS, Gesmar Rosa dos; VIEIRA-FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Heterogeneidade produtiva na agricultura brasileira: elementos estruturais e dinâmicos da trajetória produtiva recente. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2012.

SCHNEIDER, Sérgio. Reflexões sobre diversidade e diversificação-agricultura, formas familiares e desenvolvimento rural. *RURIS-Revista do Centro de Estudos Rurais-UNICAMP*, v. 4, n. 1, 2010.

SCHNEIDER, Sergio; CASSOL, Abel. A agricultura familiar no Brasil. *Porto Alegre, Relatório de pesquisa. FIDA/RIMISP*, 2013.

SEN, Amartya. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo, SP: Editora Companhia das Letras, 2018.

SILVA, Guilherme Jonas Costa da; SOUZA, Esdras Cardoso; MARTINS, Humberto Eduardo de Paula. Produção agropecuária em municípios de Minas Gerais (1996-2006): padrões de distribuição, especialização e associação espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 50, n. 2, p. 333–349, 2012.

SILVEIRA, José Maria da. Agricultura brasileira: o papel da inovação tecnológica. In: *O mundo rural no Brasil do século 21*, p. 373–394, 2014.

SOUZA, Paulo Marcelo de et al. Tecnologia na agricultura brasileira: Uma análise das desigualdades regionais para os segmentos familiar e não familiar. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 49, n. 3, p. 147–169, 2018.

TEIXEIRA, Rodrigo Alves; PINTO, Eduardo Costa. A economia política dos governos fhc, lula e dilma: dominância financeira, bloco no poder e desenvolvimento econômico. *Economia e sociedade*, v. 21, n. 4, p. 909–941, 2012.

ULIMWENGU, John M; BADIBANGA, ThaddÃ et al. *The sophistication and diversification of the African agricultural sector: A Product Space Approach*. [S.l.], 2012.

VIEIRA-FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Grupos de eficiência tecnológica e desigualdade produtiva na agricultura brasileira. in: Alves, er de a.; souza, g. da s.; gomes, eg (org.). *A Contribuição da Embrapa para o Desenvolvimento da Agricultura Brasileira*. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

VIEIRA-FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. *O mundo rural do Brasil no século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola*, 2014.

VIEIRA-FILHO, José Eustáquio Ribeiro; FISHLOW, Albert. Agricultura e indústria no brasil: inovação e competitividade. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2017.

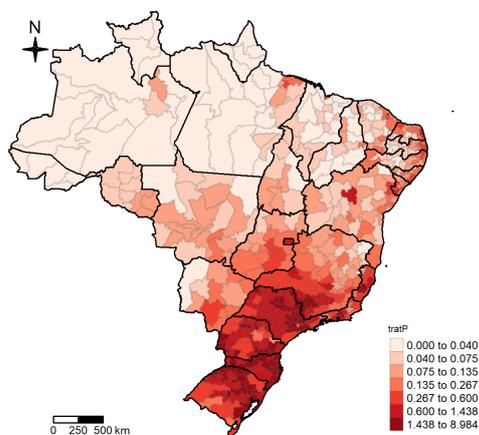
# APÊNDICE A – Complementos do Capítulo 2

Tabela 9 – Scores HOMALS por categorias

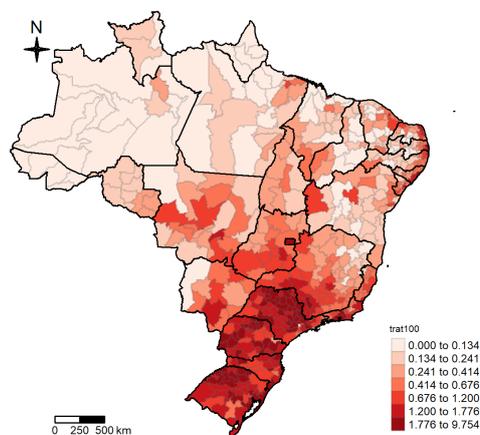
Categoria	Dim. 1	cor	ctr	Dim. 2	cor	ctr	Categoria	Dim. 1	cor	ctr	Dim. 2	cor	ctr
tratP:0	329	982	22	-13	1	1	silos:0	106	333	2	111	369	48
tratP:1	-849	982	56	33	1	2	silos:1	-215	333	4	-227	369	98
trat100:0	371	974	25	-40	11	6	esterco:0	226	832	10	24	10	2
trat100:1	-675	974	45	72	11	11	esterco:1	-535	832	24	-57	10	6
arados:0	240	841	11	62	57	16	corrPH:0	-35	87	0	-38	105	7
arados:1	-581	841	27	-151	57	38	corrPH:1	120	87	1	131	105	23
grades:0	283	895	15	29	9	3	adubacao:0	433	945	27	-9	0	0
grades:1	-614	895	33	-62	9	7	adubacao:1	-459	945	28	9	0	0
rocad:0	204	760	8	49	44	10	irrigacao:0	94	328	2	32	39	4
rocad:1	-478	760	19	-114	44	23	irrigacao:1	-204	328	4	-70	39	9
plantad:0	279	950	16	-8	1	0	pragas_ biologico:0	288	897	15	-42	19	6
plantad:1	-801	950	46	24	1	1	pragas_ biologico:1	-503	897	26	73	19	11
colheit:0	311	973	19	-25	6	3	pragas_ queima:0	-75	263	1	-2	0	0
colheit:1	-795	973	49	64	6	7	pragas_ queima:1	168	263	2	4	0	0
pulveri:0	312	981	20	-19	4	2	pragas_ outros:0	188	607	6	48	40	8
pulveri:1	-889	981	57	55	4	5	pragas_ outros:1	-300	607	10	-77	40	13
adubade:0	329	982	22	-26	6	3	agrotox:0	332	911	18	27	6	3
adubade:1	-827	982	54	64	6	7	agrotox:1	-491	911	27	-40	6	4
ceifadei:0	169	662	6	81	152	27	otec_ nao:0	-445	888	25	57	14	8
ceifadei:1	-402	662	13	-192	152	64	otec_ nao:1	375	888	21	-48	14	7
trac_ ani:0	-119	280	2	120	283	46	diesel_ area:0	181	714	7	-78	131	25
trac_ ani:1	148	280	3	-149	283	57	diesel_ area:1	-479	714	18	205	131	67
trac_ mec:0	345	925	20	-63	31	14	prep_solo_ conv:0	302	832	14	83	62	22
trac_ mec:1	-529	925	31	96	31	21	prep_solo_ conv:1	-386	832	18	-106	62	28
transp:0	368	814	18	20	2	1	prep_solo_ min:0	-37	47	0	102	353	37
transp:1	-328	814	16	-18	2	1	prep_solo_ min:1	60	47	0	-163	353	59
energ:0	391	713	15	165	127	57	prep_solo_ palha:0	118	578	3	-43	78	8
energ:1	-223	713	9	-94	127	33	prep_solo_ palha:1	-418	578	11	153	78	30

Obs.: É importante atentar às colunas Dim. 1 e Dim. 2, que apresentam quanto cada categoria contribui para cada dimensão do resultado. Deve-se lembrar que os resultados da dimensão 1 foram multiplicados por -1, de forma que quanto mais negativo o valor na tabela, maior o peso daquela categoria na dimensão em questão.

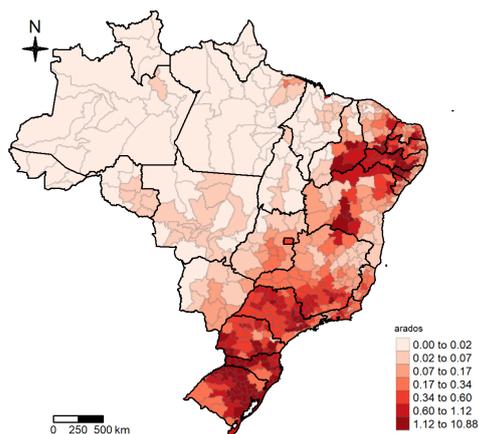
Figura 96 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas



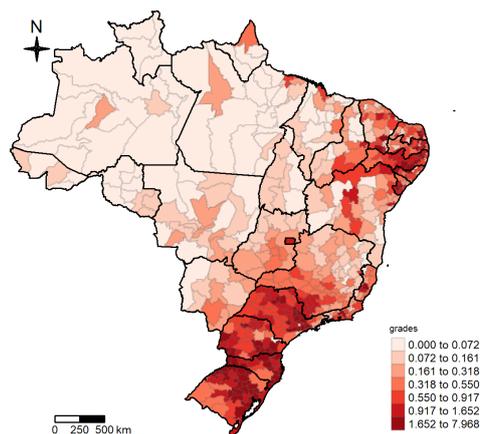
1) Tratores com menos de 100 CV



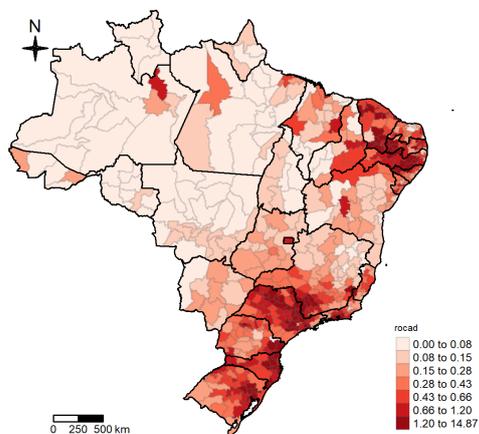
2) Tratores com 100 CV ou mais



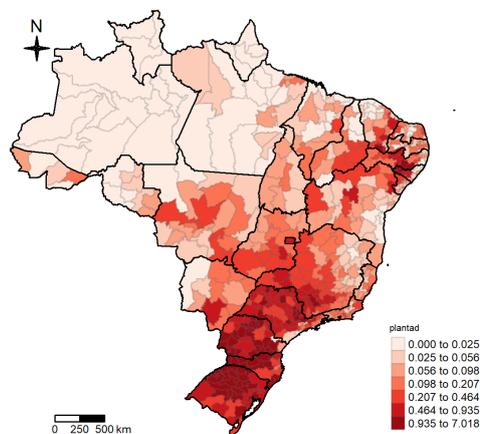
3) Arados



4) Grades

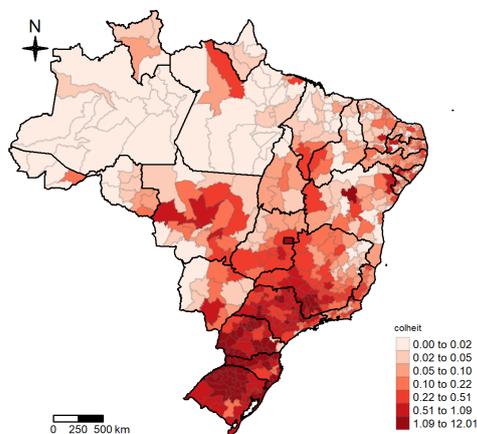


5) Roçadeiras

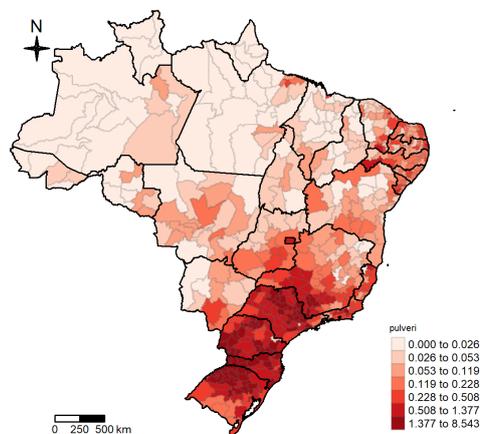


6) Semeadeiras ou Plantadeiras

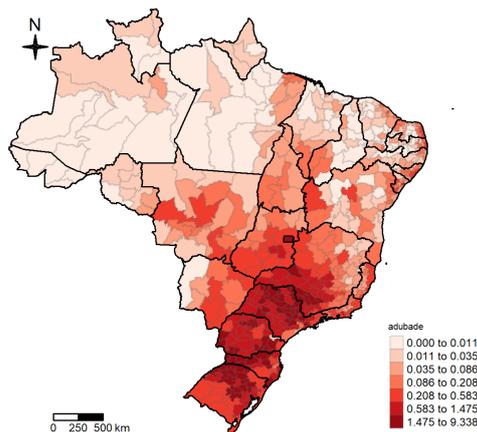
Figura 97 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas



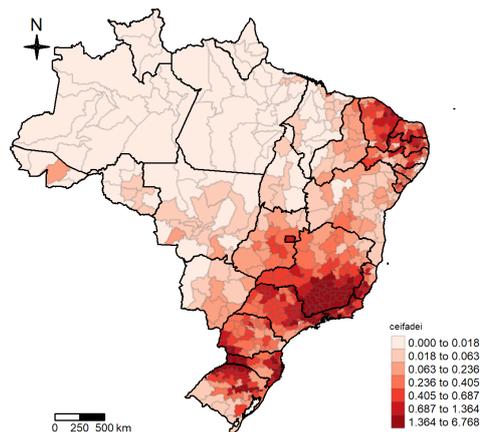
7) Colheitadeiras



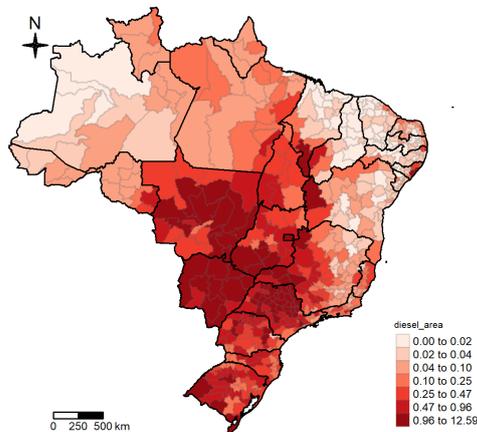
8) Pulverizadores ou atomizadores



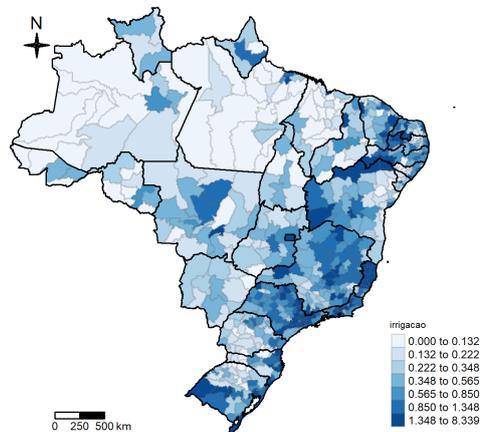
9) Adubadeiras ou distribuidoras de calcário



10) Ceifadeiras

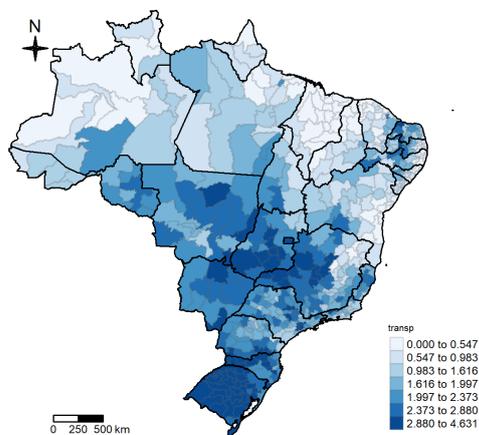


11) Óleo Diesel

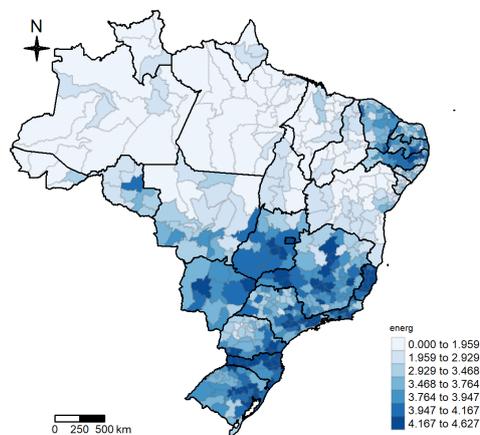


12) Irrigação

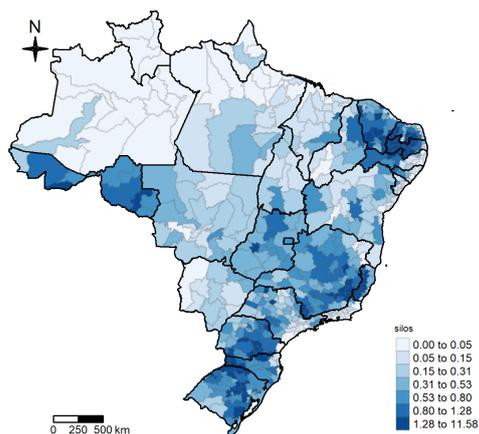
Figura 98 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas



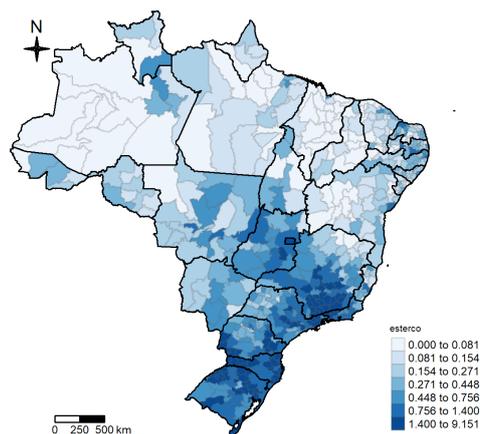
13) Transporte



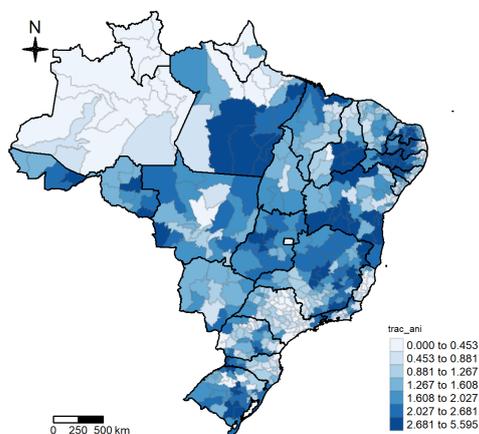
14) Energia Elétrica



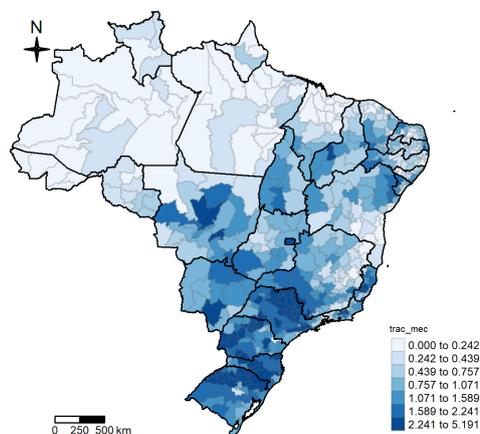
15) Silos para armazenamento de grãos



16) Tratamento de esterco

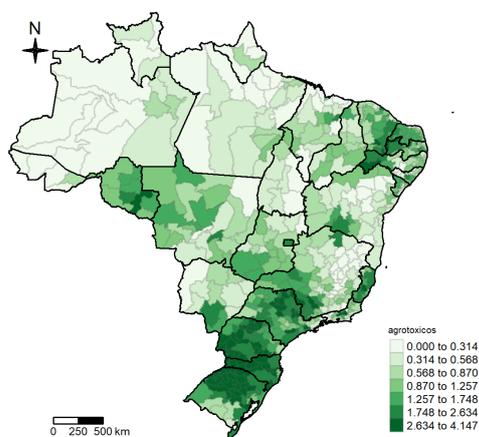


17) Uso de tração animal

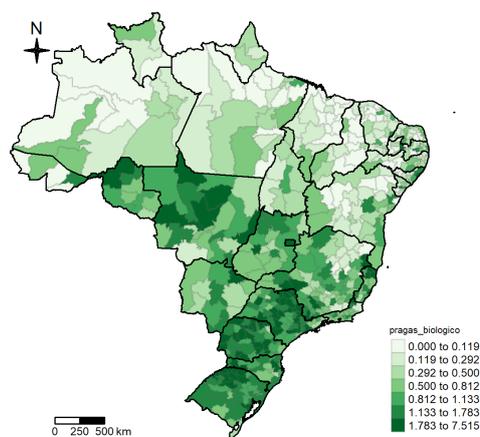


18) Uso de tração mecânica

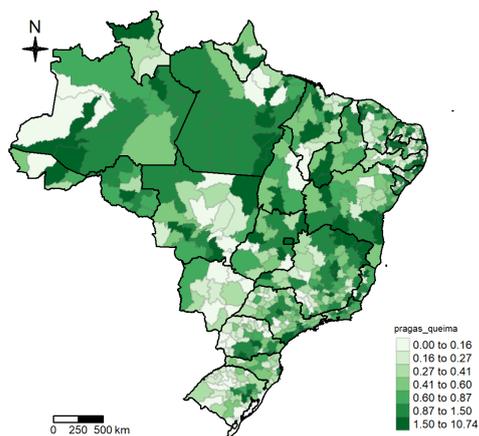
Figura 99 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas



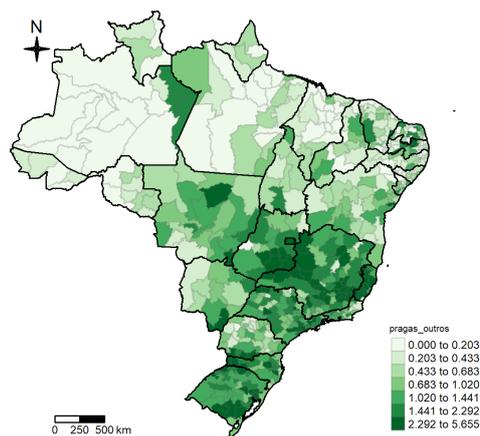
19) Utilização de agrotóxicos



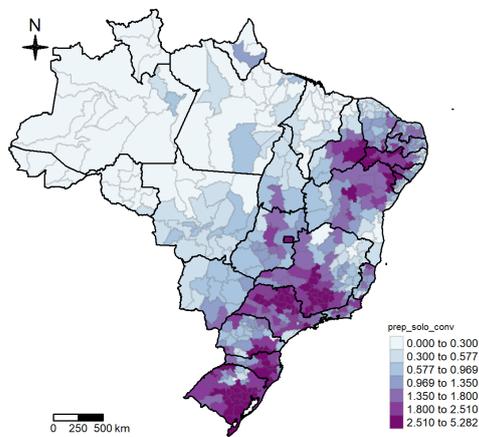
20) Controle biológico de pragas



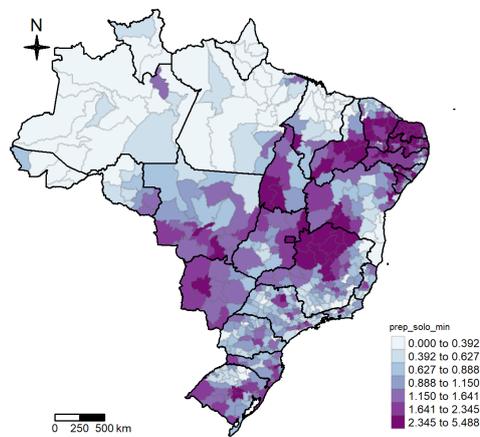
21) Controle de pragas por queima de resíduos agrícolas



22) Outros controles de pragas

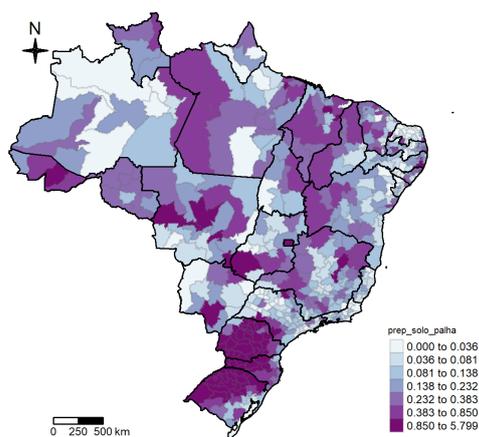


23) Cultivo convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda

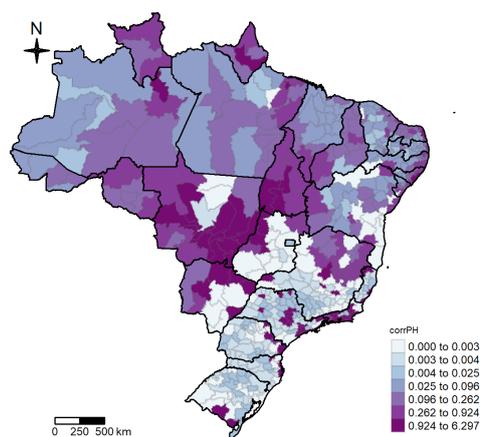


24) Cultivo mínimo (só gradagem)

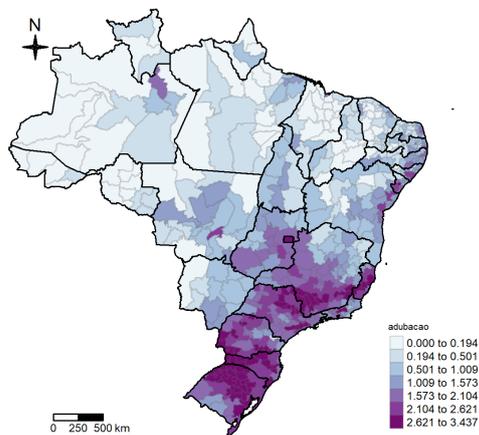
Figura 100 – Distribuição espacial das variáveis tecnológicas



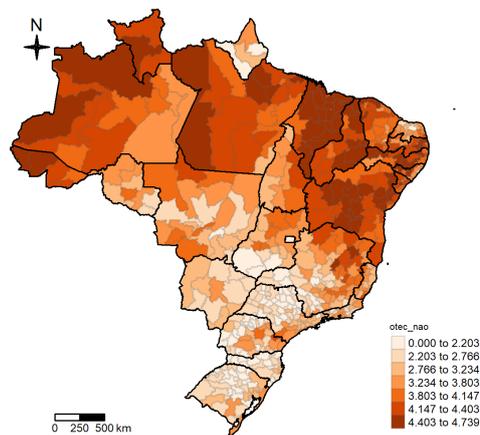
25) Plantio direto na palha



26) Correção do PH do solo



27) Adubação



28) Não recebimento de orientação técnica

## APÊNDICE B – Complementos do capítulo 3

Tabela 10 – Número de produtos e participação percentual por grupo

Grupo	Número de Produtos	%
1	5	1.74%
2	44	15.33%
3	10	3.48%
4	7	2.44%
5	4	1.39%
6	3	1.05%
7	9	3.14%
8	11	3.83%
9	61	21.25%
10	60	20.91%
11	7	2.44%
12	12	4.18%
13	50	17.42%
14	2	0.70%
15	2	0.70%
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>100.00%</b>

Fonte: elaboração própria.

Tabela 11 – Grupos de produtos e classificação do IBGE

Grupo	Aquicultura	Pecuária	Extração vegetal	Floricultura	Horticultura	Lavoura permanente	Lavoura temporária	Silvicultura	Agroindústria rural	Total
1	0	0	2	0	0	1	0	0	2	5
2	0	2	19	0	1	17	2	0	3	44
3	0	1	0	0	7	2	0	0	0	10
4	0	0	0	0	1	3	0	0	3	7
5	0	0	2	0	1	1	0	0	0	4
6	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3
7	1	0	1	0	0	7	0	0	0	9
8	2	0	1	0	0	3	3	0	2	11
9	0	4	3	0	1	15	23	4	11	61
10	1	2	0	7	41	5	4	0	0	60
11	0	0	4	0	0	1	2	0	0	7
12	0	0	3	0	0	5	2	0	2	12
13	1	14	3	0	5	3	14	1	9	50
14	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
15	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>7</b>	<b>58</b>	<b>65</b>	<b>52</b>	<b>7</b>	<b>32</b>	<b>287</b>

Fonte: elaboração própria.

Tabela 12 – Participação percentual das categorias do IBGE nos grupos de produtos

Grupo	Aquicultura	Pecuária	Extração vegetal	Floricultura	Horticultura	Lavoura permanente	Lavoura temporária	Silvicultura	Agroindústria rural	Total
1	0	0	40.00	0	0	20.00	0	0	40.00	100
2	0	4.55	43.18	0	2.27	38.64	4.55	0	6.82	100
3	0	10.00	0	0	70.00	20.00	0	0	0	100
4	0	0	0	0	14.29	42.86	0	0	42.86	100
5	0	0	50.00	0	25.00	25.00	0	0	0	100
6	0	0	0	0	33.33	66.67	0	0	0	100
7	11.11	0	11.11	0	0	77.78	0	0	0	100
8	18.18	0	9.09	0	0	27.27	27.27	0	18.18	100
9	0	6.56	4.92	0	1.64	24.59	37.70	6.56	18.03	100
10	1.67	3.33	0	11.67	68.33	8.33	6.67	0	0	100
11	0	0	57.14	0	0	14.29	28.57	0	0	100
12	0	0	25.00	0	0	41.67	16.67	0	16.67	100
13	2.00	28.00	6.00	0	10.00	6.00	28.00	2.00	18.00	100
14	0	0	0	0	0	0	100.00	0	0	100
15	0	0	0	0	0	0	0	100.00	0	100

Fonte: elaboração própria.

Tabela 13 – Topologia dos 4 grandes grupos

Grupo	2	9	10	13
Grau médio	5.45	5.74	18.13	22.76
Grau ponderado médio	2.30	2.10	7.00	8.99
Itermediação média	853.06	576.70	657.47	721.60
Proximidade média	0.001817	0.001933	0.002471	0.002594
Ubiquidade média	30.95	34.36	62.13	151.22

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 14 – Topologia dos grupos secundários

Grupo	1	3	4	5	6	7	8	11	12	14	15
Grau médio	2.200	2.100	3.714	1.750	1.667	4.111	1.909	2.143	2.417	1.500	1.500
Grau ponderado médio	0.910	0.597	1.366	0.328	0.520	1.365	0.639	0.854	0.819	0.538	0.460
Itermediação média	283.200	673.300	247.143	425.500	189.667	392.222	791.182	403.714	720.833	142.500	142.500
Proximidade média	0.00164	0.00148	0.00197	0.00182	0.00174	0.00205	0.00124	0.00125	0.00146	0.00172	0.00174
Ubiquidade média	19.600	9.000	50.710	8.500	32.330	59.000	19.090	3.570	27.000	2.000	57.000

Fonte: elaboração própria

## APÊNDICE C – Complementos do capítulo 4

Tabela 15 – Produtos de maior complexidade

Posição	Produto	Grupo	Class. IBGE	PCI
1	Nêspera	Grupo 3	Lavoura Permanente	2.059
2	Alcachofra	Grupo 3	Horticultura	1.876
3	Aspargo	Grupo 3	Horticultura	1.808
4	Rami (fibra)	Grupo 14	Lavoura Temporária	1.709
5	Sementes de batata-inglesa (produzidas para plantio)	Grupo 9	Lavoura Temporária	1.683
6	Louro (folha)	Grupo 3	Lavoura Permanente	1.641
7	Cogumelos	Grupo 3	Horticultura	1.624
8	Nectarina	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.604
9	Caqui	Grupo 10	Lavoura Permanente	1.599
10	Ameixa	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.523
11	Pera	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.521
12	kiwi	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.475
13	Orégano	Grupo 3	Horticultura	1.463
14	Nabiça	Grupo 3	Horticultura	1.463
15	Lichia	Grupo 6	Lavoura Permanente	1.462
16	Morango	Grupo 10	Horticultura	1.439
17	Maçã	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.437
18	Figo	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.372
19	Pêssego	Grupo 9	Lavoura Permanente	1.357
20	Ervilha (vagem)	Grupo 10	Horticultura	1.352

Fonte: elaboração própria.

Tabela 16 – Produtos de menor complexidade

Posição	Produto	Grupo	Class. IBGE	PCI
268	EXT_Piaçava (fibra)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.569
269	EXT_Castanha-do-Pará	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.575
270	EXT_Buriti (coco)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.584
271	Cajuína	Grupo 1	Agroindústria Rural	-1.672
272	EXT_Jaborandi (folha)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.689
273	EXT_Copaíba (óleo)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.695
274	EXT_Açaí (fruto)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.702
275	EXT_Babaçu (coco)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.707
276	EXT_Murumuru (semente)	Grupo 11	Extração Vegetal	-1.712
277	EXT_Buriti (palha)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.716
278	Açaí (fruto)	Grupo 2	Lavoura Permanente	-1.752
279	Malva (fibra)	Grupo 11	Lavoura Temporária	-1.801
280	EXT_Babaçu (amêndoa)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.816
281	EXT_Bacuri	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.840
282	EXT_Tucumã	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.889
283	EXT_Andiroba (semente)	Grupo 2	Extração Vegetal	-1.896
284	EXT_Cumarú (semente)	Grupo 11	Extração Vegetal	-1.951
285	EXT_Sorva (goma não elástica)	Grupo 2	Extração Vegetal	-2.149
286	EXT_Ucuuba (amêndoa)	Grupo 11	Extração Vegetal	-2.163
287	Caroço de algodão	Grupo 8	Agroindústria Rural	-2.340

Fonte: elaboração própria.

Tabela 17 – Microrregiões de maior complexidade econômica

Posição	Microrregião	Região	ECI
1	Piedade (SP)	Sudeste	2.092
2	Itapeçerica da Serra (SP)	Sudeste	2.030
3	Poços de Caldas (MG)	Sudeste	2.027
4	Lapa (PR)	Sul	1.988
5	Vacaria (RS)	Sul	1.951
6	Mogi das Cruzes (SP)	Sudeste	1.949
7	Sorocaba (SP)	Sudeste	1.938
8	São João da Boa Vista (SP)	Sudeste	1.914
9	Jundiá (SP)	Sudeste	1.880
10	Caxias do Sul (RS)	Sul	1.878
11	Faxinal (PR)	Sul	1.863
12	Serrana (RJ)	Sudeste	1.829
13	Londrina (PR)	Sul	1.804
14	Curitiba (PR)	Sul	1.790
15	Maringá (PR)	Sul	1.775
16	Apucarana (PR)	Sul	1.765
17	Tangará da Serra (MT)	Centro-Oeste	1.753
18	São Sebastião do Paraíso (MG)	Sudeste	1.749
19	Santa Rita do Sapucaí (MG)	Sudeste	1.728
20	Campinas (SP)	Sudeste	1.722

Fonte: elaboração própria.

Tabela 18 – Microrregiões de menor complexidade econômica

	label	reg	eci
539	Óbidos (PA)	Norte	-1.628
540	Bertolândia (PI)	Nordeste	-1.632
541	Pindaré (MA)	Nordeste	-1.639
542	Mazagão (AP)	Norte	-1.650
543	Caxias (MA)	Nordeste	-1.659
544	Gurupi (MA)	Nordeste	-1.666
545	Cametá (PA)	Norte	-1.705
546	Juruá (AM)	Norte	-1.722
547	Jalapão (TO)	Norte	-1.727
548	Gerais de Balsas (MA)	Nordeste	-1.748
549	Litoral de Camocim e Acaraú (CE)	Nordeste	-1.779
550	Portel (PA)	Norte	-1.834
551	Chapadas do Alto Itapecuru (MA)	Nordeste	-1.838
552	Barreiras (BA)	Nordeste	-1.857
553	Baixo Parnaíba Maranhense (MA)	Nordeste	-1.867
554	Purus (AM)	Norte	-1.903
555	Tomé-Açu (PA)	Norte	-2.069
556	Rio Negro (AM)	Norte	-2.187
557	Guamá (PA)	Norte	-2.265
558	Alto Parnaíba Piauiense (PI)	Nordeste	-2.320

Fonte: elaboração própria.