UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM DE SISTEMAS COMPLEXOS

EDIE PINHEIRO CARVALHO LIMA

Análise da Produção Agropecuária Brasileira por meio de Redes Complexas

São Paulo

2020

EDIE PINHEIRO CARVALHO LIMA

Análise da Produção Agropecuária Brasileira por meio de Redes Complexas

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Área de concentração: Modelagem de Sistemas Complexos.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sinisgalli

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

CRB 8 - 4936

Lima, Edie Pinheiro Carvalho

Análise da produção agropecuária brasileira por meio de redes complexas / Edie Pinheiro Carvalho Lima ; orientador Paulo Sinisgalli – 2020.

69 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. Versão corrigida.

1. Agropecuária - Produção - Brasil - Análise. 2. Economia agrícola - Brasil - Simulação computacional. 3. Sistemas dinâmicos. 4. Redes complexas. I. Sinisgalli, Paulo Antonio de Almeida, orient. II. Título.

CDD 22.ed.– 338.10981011

Errata

Elemento opcional para versão corrigida, depois de depositada.

Dissertação de autoria de Edie Pinheiro Carvalho Lima, sob o título “**Análise da Produção Agropecuária Brasileira por meio de Redes Complexas**”, apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, na área de concentração Redes Complexas , aprovada em 05 de Outubro de 2020 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli

EACH - USP

Presidente

Prof. Dr. Camilo Rodrigues Neto

EACH - USP

Prof. Dr. Eduardo de Lima Caldas

PROCAM-USP

Prof. Dr. Leandro Duarte dos Santos

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, ao Sol a Lua e as Estrelas.

Ao meu paciente e atencioso orientador Paulo Sinisgalli, ao professor Camilo Rodrigues Neto, o professor Marcelo Lauretto, o professor Fernando Fagundes Ferreira e todos os demais docentes do programa de Modelagem de Sistemas Complexos, aos colegas discentes pelas inúmeras trocas e debates.

Agradecer a CAPES pela bolsa de mestrado que permitiu o desenvolvimento deste trabalho.

*”Lá vou eu de novo brasileiro nato, se eu não morro eu mato esta desnutrição.
Minha teimosia brava de guerreiro é o que me faz o primeiro desta procissão”*
(Raul Seixas)

Resumo

LIMA, Edie Pinheiro Carvalho. **Análise da Produção Agropecuária Brasileira por meio de Redes Complexas** 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Neste trabalho utilizou-se do enfoque de sistemas complexos para analisar a produção agropecuária brasileira por meio dos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE). Para tanto foi utilizado o método de Hidalgo (2007), entretanto, apesar de ter sido utilizada a mesma ferramenta computacional destes autores, a abordagem feita da rede elaborada foi distinta por tratar-se, no caso desta pesquisa, de uma rede regional. A rede gerada ofereceu uma importante visualização da produção agropecuária do país, evidenciando aspectos que não poderiam ser percebidos fora do âmbito global, ou seja as relações entre todos os produtos entre si, possibilitando dessa forma análises específicas e regionais, evidenciando aspectos importantes que podem ser pertinentes para o desenho e a avaliação de políticas públicas no âmbito da segurança e soberania alimentar e nutricional do Brasil.

Palavras-chaves: Redes Complexas. Sistemas Complexos. Produção Agropecuária. Segurança e Soberania Alimentar e Nutricional.

Abstract

LIMA, Edie Pinheiro Carvalho. **Analysis of Brazilian Agricultural Production through Complex Networks**. 2020. 69 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2020.

In this work, the complex systems approach was used to analyze Brazilian agricultural production using data from the 2006 Agricultural Census (IBGE). For this purpose, the method of Hidalgo (2007) was used, however, despite having used the same computational tool as these authors, the approach taken from the elaborated network was different because it is, in the case of this research, a regional network. The generated network offered an important visualization of the country's agricultural production, showing aspects that could not be perceived outside the global scope, that is, the relationships between all products among themselves, thus enabling specific and regional analyzes, highlighting important aspects that can be pertinent to the design and evaluation of public policies in the context of food security and sovereignty in Brazil.

Keywords: Complex networks. Complex Systems. Agricultural Production. Food and Nutritional Security and Sovereignty.

Lista de figuras

Figura 1 – Pontes de Konigsberg	16
Figura 2 – Matriz de Adjacência	17
Figura 3 – Diferença entre Distribuições	19
Figura 4 – Distribuição Grupos de Produtos Agropecuários Censo 2006 - IBGE	29
Figura 5 – Distribuição Graus	30
Figura 6 – Tabela Comparativa Pesos	32
Figura 7 – Gráfico Comparativo Pesos	32
Figura 8 – Produtos pela Ordem de Grau e Ubiquidade	35
Figura 9 – Rede com Tipos de Produtos e Valor	36
Figura 10 – Rede Tipos de Produtos e Grau	37
Figura 11 – Centralidade de Autovetor	39
Figura 12 – Centralidade de Intermediação	41
Figura 13 – Classes de Modularidade	42
Figura 14 – Classes de Clusters	43
Figura 15 – Produtos Majoritários nas Mesorregiões	45
Figura 16 – Matriz de Adjacência - Heatmap	46
Figura 17 – Cadeia Produtiva - Leite	47
Figura 18 – Cadeia Produtiva - Café	48
Figura 19 – Cadeia Produtiva - Caju	50
Figura 20 – Cadeia Produtiva - Aves	51
Figura 21 – Cadeia Produtiva - Soja	52
Figura 22 – Space Product	55
Figura 23 – Financiamento Privado	58
Figura 24 – Financiamento Público	60
Figura 25 – Financiamento PRONAF	62
Figura 26 – Financiamento PRONAF - Feijão	64
Figura 27 – <i>Betweenness Centrality</i> - Feijão	66

Lista de tabelas

Tabela 1 – Dados por Grupos de Produtos	28
Tabela 2 – Métricas Elementais	30
Tabela 3 – Pesos Leite	48
Tabela 4 – Pesos Café	49
Tabela 5 – Pesos Caju	51
Tabela 6 – Pesos Aves	52
Tabela 7 – Pesos Soja	53
Tabela 8 – Financiamento Privado	59
Tabela 9 – Financiamento Público	61
Tabela 10 – PRONAF	63

Lista de abreviaturas e siglas

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
RCA	Reveled Comparative Advantage
MIT	Massachusetts Institute of Technology

Sumário

1	Introdução	13
2	Redes Complexas	16
2.1	<i>Conceitos Matemáticos de Redes Complexas</i>	17
2.2	<i>Métricas de Centralidade das Redes Complexas</i>	20
2.2.1	Centralidade de Grau	20
2.2.2	Centralidade de Autovetor (Eigenvector)	20
2.2.3	Centralidade de Proximidade	20
2.2.4	<i>Betweenness Centrality</i>	21
3	Metodologia e Embasamento Teórico	22
3.1	<i>Conceituação de Proximidade</i>	22
3.2	<i>Utilização do método de proximidade dentro do enfoque da produção agropecuária do Brasil</i>	24
3.3	<i>Embasamento Teórico</i>	25
4	Materiais e Métodos	28
4.1	<i>Base de Dados</i>	28
4.2	<i>Método</i>	29
5	Resultados	30
5.1	<i>Análise Geral da Rede</i>	30
5.2	<i>Análise Pesos das Arestas / Proximidade</i>	31
5.3	<i>Apresentação Gráfica das Redes</i>	33
5.4	<i>Centralidades e validação da Rede</i>	38
5.5	<i>Espacialidade da Rede</i>	42
6	Discussão	54
7	Conclusão	67
	Referências¹	68

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

1 Introdução

Estamos inseridos em uma diversidade de sistemas extremamente complicados e complexos, um exemplo imediato é a sociedade como a percebemos, são bilhões de indivíduos em contínua troca permeada pelo sistema da internet. Associado a este fato, existem inúmeros sistemas periféricos como celulares e satélites, que são gerenciados por outros complexos sistemas de empresas e governos. O simples fato de pensarmos a sociedade, requer um sistema tão complexo quanto, formado por bilhões de células neurais que é o cérebro de cada indivíduo desta sociedade. Tal sistema neural emergiu de outro extremamente complexo sistema que é o próprio planeta terra e toda rede de trocas e ajustes ao longo de bilhões de anos (NEWMAN, 2010).

Todos estes sistemas estão sendo conceituados como Sistemas Complexos, partindo do princípio de que é impossível compreendê-los a partir da análise de seus componentes destacados de seus sistemas. Neste sentido, o enfoque de Redes Complexas é apresentado como promissor no entendimento de como os elementos do sistema interagem, muitos aspectos podem ser analisados dentro de um sistema complexo, os componentes (pessoas; computadores; produtos agropecuários), as relações entre os componentes (rede sociológica das amizades entre as pessoas; os protocolos de comunicação entre computadores na internet; o escoamento de determinado produto agropecuário para sua venda). O que nos interessa aqui é o mapeamento global de um sistema, e o método que busca evidenciar os padrões das conexões gerais de dado sistema complexo (NEWMAN, 2010).

O padrão de conexão entre computadores na internet pode afetar as rotas de transmissão de dados, impactando na própria eficiência da rede como um todo. De outra maneira, a configuração de uma rede social de pessoas pode afetar o aprendizado destas pessoas, assim como a forma como transita as informações pertinentes a essa sociedade, em um outro enfoque, tal rede pode indicar o padrão de disseminação de um novo vírus entre as pessoas (NEWMAN, 2010).

O estudo do campo produtivo agropecuário brasileiro é complexo, no sentido de que são inúmeros os agentes, produzindo e negociando seus produtos levando em conta a demanda interna e externa por determinado bem, dialogando com questões geológicas, ecológicas e climatológicas. A emergência deste sistema produtivo é o campo agropecuário brasileiro, que reflete tanto a cultura alimentar do Brasil (arroz com feijão), assim como também as forças do mercado financeiro de commodities (soja, carne, milho). O esforço desta dissertação é apresentar uma rede que possa evidenciar uma possível relação econômica-socio-espacial entre os produtos

agropecuário do Brasil. A ideia é estabelecer uma medida de distância entre os produtos, de forma que esta distância reflita aspectos como a distribuição espacial, os arranjos produtivos, assim como toda a dinâmica econômica regional construída ao longo dos anos no qual os produtos estão inseridos.

Nosso objeto de análise é a produção agropecuária advindas das mesorregiões do Brasil, por meio do valor produzido para cada um dos 258 produtos do Censo Agropecuário 2006 do IBGE. Os produtos são agrupados em culturas vegetais temporárias, culturas vegetais permanentes, horticultura, floricultura, os produtos animais, os advindos do extrativismo, assim como também os da agroindústria.

As redes citadas de internet, ou social são intuitivamente fáceis de serem percebidas. No caso da internet, cada vértice ou nó da rede são os sites e as arestas ou links são as ligações entre estes sites, da mesma forma a rede social, onde cada vértice são pessoas e as arestas são as amizades entre as pessoas. Entretanto quando estamos considerando a elaboração de uma rede da produção agropecuária as arestas não são tão simples de serem definidas. Como podemos evidenciar uma relação entre produtos agrários distintos? Qualquer estudioso do tema reconhece a imensa dificuldade em tentar desenhar o fluxo de alimentos no Brasil, praticamente impossível pela óbvia ausência de dados. Sabemos o que é produzido (Censo IBGE, por exemplo), mas como é escoado pelas grandes redes de supermercados são dados privados e sigilosos. Essa é a principal justificativa de nos concentrarmos apenas na produção agropecuária e não na distribuição da mesma, e mais uma vez refazemos a pergunta acima, como relacionar esses produtos?

Dessa forma, nos apropriamo-nos do método estabelecido por Hausmann e Klinger (2006), que é a ideia de proximidade entre produtos, ou seja, a probabilidade de um país (no caso dos autores) produzir um artigo é condicional aos produtos já produzidos por este país. Tal medida busca identificar a sofisticação tecnológica implantada em cada país por meio de uma simples operação estatística, sem a necessidade de conhecimento “a priori” das forças produtivas de um país. O ideia chave é que produzir um novo produto é diferente de produzir mais do mesmo, e para cada produto faz-se necessário toda uma estrutura, “a priori” como a produção de conhecimento, disponibilidade de recursos naturais, subprodutos relacionados a cadeia produtiva, educação técnica para os trabalhadores, infraestrutura geral do país, segurança jurídica, órgãos regulatórios, entre outros (HAUSMANN; KLINGER, 2006).

Mesmo tendo sido aplicado em outras condições, verificou-se a possibilidade de aplicar a mesma abordagem para os produtos agropecuários, tal processamento estatístico idealizado pelos autores mostrou-se fecundo quando aplicamos as regionalidades produtivas do Brasil, ou

seja, sem um conhecimento "a priori" social, econômico e ambiental foi possível indicar uma magnitude de proximidade entre os produtos agropecuários.

Essa dissertação possui o seguinte escopo: No capítulo 2, apresentamos a chamada ciências de Redes Complexas, sua história e premissas que é a base teórica dessa dissertação. Toda a justificativa da apropriação do método citado Hausmann e Klinger (2006) está apresentado no capítulo 3. A base de dados advinda do Censo Agropecuário 2006 do IBGE, é descrita no capítulo 4. A avaliação da efetividade do processamento utilizado é apresentado nos resultados do capítulo 5. Exemplos da aplicação da rede constituída será demonstrado nas discussões do capítulo 6.

2 Redes Complexas

Primeiramente precisamos fazer uma sucinta apresentação de redes complexas, que sabidamente tem sua origem da teoria matemática de grafos. Euler é o pai desta dita teoria, quando em 1735 ofereceu uma resolução matemática para um peculiar problema chamado de pontes de Königsberg. Em suma, a capital da Prússia Oriental, Königsberg, no ano de 1735 tinham 7 pontes, a pergunta feita a época era: Uma pessoa pode realizar um percurso pela cidade cruzando as 7 pontes, sem repeti-las? Apesar das várias tentativas, algumas acertadas, não havia uma prova factível para a resolução do problema. Euler por sua vez, examinou o problema e propôs uma simples mas revolucionária prova, a ideia central é simplificar o problema esquematizando as possibilidades por meio de um diagrama como podemos identificar na Figura 1 (BARABÁSI, 2015)

Figura 1 – Pontes de Königsberg

Fonte: (BARABÁSI, 2015)

Com esse esquema feito, onde as 4 porções de terra separadas pelos rios foram definidas pelas letras A,B,C e D (que são os vértices/nós) e as pontes definidas como ligações entre estes nós (aresta/link), Euler percebeu que se uma pessoa quisesse cruzar todas as pontes sem repeti-las, a única solução possível seria se houvesse apenas dois nós ímpares (um no início e outro no final do trajeto) e os demais nós, obrigatoriamente serem pares. Como podemos ver na Figura 1-c, todos os nós são ímpares, desta forma ele provou a impossibilidade do trajeto sem repetir pontes (BARABÁSI, 2015).

O entendimento de grafos é chave para a compreensão de um sistema complexo, pois é na interação (arestas/links) entre os componentes de um sistema (nós/vértices) que emerge a complexidade, assim uma rede/grafos oferece uma linguagem comum para uma infinda diversidade de sistemas (ex. redes sociais, ecologia, www), que podem dessa forma ser representados de forma simplificada. Uma segunda fundamental ideia advinda da teoria de grafos é a possibilidade da compreensão das limitações que a topografia da rede/grafos oferece, ou seja, por mais esperto que uma pessoa seja ela nunca vai conseguir cruzar as 7 pontes sem repeti-las, trata-se de uma limitação topológica da rede (BARABÁSI, 2015).

2.1 Conceitos Matemáticos de Redes Complexas

Formalmente, uma rede é definida por $G(N;L)$, onde N representa o conjunto de nós/vértices e L o conjunto de links/arestas.

Uma maneira de representar uma rede é por meio de uma matriz de adjacência, assim se estamos considerando uma rede com N nós, então teremos uma matriz com N linhas por N colunas, onde cada link real da rede é representado por um número e a ausência de link é representado pelo número 0. A Figura 8 apresenta a construção de uma matriz de adjacência

Figura 2 – Matriz de Adjacência

Fonte: (BARABÁSI, 2015)

Para o estudo de redes, algumas propriedades são fundamentais, as quais descreveremos brevemente:

Grau (K)

O grau de um nó representa a quantidade de links que este nó tem, é denotado como K_i o grau do nó i .

Grau Médio ($\hat{K}$)

O grau médio representa a média dos graus de todos os nós de uma rede, e é dado pela seguinte operação: $\hat{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N i$.

Densidade da Rede

É uma relação entre a quantidade de nós e a quantidade de links: $D = \frac{2L}{N(N-1)}$.

Grau de Distribuição (P_k)

Trata-se da probabilidade de ao selecionar aleatoriamente um nó ele ter o grau k $P(k)$:

$\sum_{k=1} p_k = 1$. Considerando uma rede com N links o grau de distribuição é dado por:

$p_k = \frac{N_k}{K_t}$. Onde N_k é o grau do k nó.

A distribuição de graus é uma importante medida que baliza o que chamamos ciências de redes complexas. Por meio desta distribuição é possível verificar se determinada rede segue um padrão aleatório Erdős e Rényi (1959) onde cada aresta/nó conecta-se com uma probabilidade (p) a qualquer vértice/link de $G(N,L)$, esse processo pode ser previsto por meio da seguinte operação binomial $p(k) = \binom{N-1}{k} E^k (1-E)^{N-1-k}$. com sua distribuição apresentada na Figura 3a (NEWMAN, 2001).

Entretanto não encontra-se tal distribuição na natureza e portanto em uma rede real. A grande maioria das redes adquiridas de contextos reais segue o fenômeno na qual a maior parte dos seus nós está ligado por um pequeno número de ligações, com a distância média entre os nós pequena Watts e Strogatz (1998), tal fato é conhecido como *small world* Milgram (1967) advindo por meio do famoso experimento chamado "seis graus de separação". Neste ponto, uma outra importante propriedade das redes é o coeficiente de cluster, ou agrupamento em português, que é a alta probabilidade de dois vizinhos estiverem conectados, um terceiro também o estará. Ou seja, se o vértice A tem conexão com B e B tem com C , então existe uma alta probabilidade de A está conectado com C também Newman (2001).

Um outro importante fenômeno das redes reais é que poucos nós possuem um alto grau de ligações, ou seja, a grande parte da rede possui poucos links, entretanto na mesma rede encontra-se alguns poucos nós que concentram uma alta quantidade de links, estes são chamados

de hubs Barabási R. Albert (1999). Dessa forma uma outra distribuição de graus é evidenciada em redes reais, chamadas de livre de escala, seguindo uma lei de potência $p(k) = k^{-\alpha}$, apresentada na Figura 3b.

Figura 3 – Diferença entre Distribuições

Fonte: (BARABÁSI, 2015)

A seguir, segue os demais importantes conceitos:

Caminho (Path)

Trata-se de uma sequência de nós conectados, cada caminho consiste de $N+1$ nós e N links

Distância – D (Shortest Path or Geodesic Path)

É a menor distância entre dois nós.

Diametro – Dmax (Diameter)

É a maior distância encontrada entre dois nós considerando toda a rede.

Distância Média - $\hat{D}$ (Average Path Length)

É a média total da distância considerando toda a rede.

Coeficiente de Clusters

Trata-se do grau de ligação entre a vizinhança de um dado nó i que possui um grau K_i , onde L_i representa o número de links entre os nós da vizinhança de i , considerando que C_i varia de 0 a 1, temos: $C_i = \frac{2L_i}{k_i(k_i-1)}$. Assim,

$C_i = 0$, se nenhum vizinho possui link entre eles

$C_i = 1$, se a vizinhança forma uma rede completa, ou seja, todos os nós estão ligados

C_i é a probabilidade de dois vizinhos de i se ligarem, ou seja, C_i é a medida de densidade local

2.2 Métricas de Centralidade das Redes Complexas

A estrutura de uma rede, sua topologia, pode ser analisada por meio de uma variedade de medidas que podem ser úteis para capturar distintas características e padrões da mesma. Nesta sessão iremos elencar e apresentar algumas destas medidas e seus conceitos fundamentais para podermos em seguida analisar nosso objeto, a rede da produção agropecuária brasileira.

2.2.1 Centralidade de Grau

A pergunta aqui é qual o vértice mais importante ou central em uma rede? Para cada rede ou sistema teremos uma resposta distinta, de qualquer maneira aqui definimos como os vértices que têm a maior quantidade de arestas, ou seja, os que tem os maiores números de conexões entre os produtos como veremos mais à frente nos resultados.

2.2.2 Centralidade de Autovetor (Eigenvector)

Ao invés de fixarmos apenas um ponto/vértice como centralidade em uma rede, podemos por exemplo elencar alguns vértices chaves que fazem conexões significativas entre produtos importantes, tanto no contexto conceitual do objeto que analisamos, quanto também em relação a sua magnitude significativa de grau no contexto da rede. Assim a centralidade de autovetor (*eigenvector*) garante um índice proporcional a importância dos índices de seus vizinhos mais próximos.

2.2.3 Centralidade de Proximidade

Essa métrica parte da média da distância geodésica (menor distância) entre dois vértices, considerando aqui a média de todas as menores distâncias da rede em relação a um vértice, traduzido na seguinte função: $l_i = \frac{1}{n-1} \sum_j d_{ij}$.

Essa medida l_i evidencia a proximidade de alguns vértices em relação a rede como um todo, pois estão mais próximos em média dos demais vértices da rede, não necessariamente a centralidade pois teoricamente um vértice no centro da rede, dependendo da sua topologia está mais distante dos vértices mais periféricos por exemplo, dessa forma se a periferia da rede for

muito densa, é plausível intuir que os vértices centrais são os que possuem a maior distância. Assim a Centralidade de Proximidade é definido como o inverso de l_i : $C_i = \frac{1}{l_i} = \frac{n}{\sum_j d_{ij}}$.

Uma fragilidade desta medida é que tratando-se de uma rede densa a variabilidade da distância entre os vértices é pequena na ordem de $\log n$, o que faz que diminua a evidência a centralidade.

2.2.4 *Betweenness Centrality*

É uma medida que evidencia quais os vértices que estão no caminho entre dois vértices, no caso, quais os produtos que estão ligados entre dois distintos produtos agropecuários. Entre a produção de mandioca e feijão, quais os produtos que são produzidos também, que de certa forma dão sustentação a produção do feijão e mandioca nas localidades. Esse é um dado importante pois removendo estes vértices entre o feijão e a mandioca podem prejudicar economicamente uma região para a produção de determinados bens agropecuários. Formalmente, definimos como n_{st}^i o número de menores caminhos (geodésico) de s para t passando por i, g_{st} como o total dos caminhos geodésicos. Assim definimos o *betweenness centrality* do vértice i: $x_i = \sum_{st} \frac{n_{st}^i}{g_{st}}$.

3 Metodologia e Embasamento Teórico

3.1 *Conceituação de Proximidade*

A definição de proximidade que utilizamos advém de Hausmann e Klinger (2006), que debruçaram-se no estudo das diferenças no desenvolvimento econômico-industrial entre países, argumentando como as transformações estruturais de um país, ou seja, sua disponibilidade de recursos naturais, suas capacidades humanas e institucionais, traduzem-se em sua eficiência de produção industrial (mais produtos por trabalhador) e diversidade de bens produzidos.

Diferentemente do nosso objeto, que são as regionalidades do Brasil que veremos mais adiante, os autores buscam as determinantes na sofisticação das cestas de exportações dos países por meio de dados globais. A ideia central é que, produzir um novo produto é diferente de produzir mais do mesmo, e para cada produto faz-se necessário toda uma estrutura como a produção de conhecimento, disponibilidade de recursos naturais, subprodutos relacionados a cadeia produtiva, educação técnica para os trabalhadores, infraestrutura geral do país, segurança jurídica, órgãos regulatórios, entre outros. Assim, para uma indústria inaugurar um novo produto no mercado, a mesma precisa considerar todas estas capacidades elencadas (HAUSMANN; KLINGER, 2006).

Dessa forma, um país que já produz calças de algodão deve ter todas as capacidades necessárias para produzir camisas de algodão, entretanto se este mesmo país buscar produzir computadores, por exemplo, a distância entre estes produtos é “maior”, ou seja, as capacidades de um país para produzir computadores é distinta das capacidades de produzir artigos de algodão (HAUSMANN; KLINGER, 2006).

É neste contexto que se desenha a ideia de proximidade entre produtos, a probabilidade de um país produzir um artigo é condicional aos produtos já produzidos por este país. Essa é a principal contribuição de Hausmann e Klinger (2006), tal medida de distância/proximidade entre os produtos inova em relação aos estudos anteriores nos quais buscavam identificar a sofisticação tecnológica implantada em cada país de forma “a priori”, que é elencar algumas matrizes chaves no desenvolvimento de setores produtivos evidenciando-se dessa forma quais produtos dado país produz, ou potencialmente poderia produzir.

Os autores citados decorrem uma vasta literatura de modelos analíticos de desenvolvimento produtivo-econômico entre países, entretanto, o escopo desta dissertação se detém no âmbito regional, as mesorregiões do Brasil e apenas no aspecto da produção agropecuária.

Sendo assim, não faremos tal discussão, nos interessa aqui o método, a ferramenta utilizada para evidenciar a distância / proximidade entre os produtos, de forma a avaliar se tal método pode ser útil para investigar as relações entre os produtos agropecuários produzidos nas diversas regionalidades brasileiras.

De forma distinta aos autores que utilizaram dados globais de exportação Hidalgo B. Klinger (2007), utilizaremos para nossa investigação dados dos valores em reais da produção agropecuária advindos dos Censo Agropecuário 2006 do IBGE. A medida da distância entre produtos é efetuada por meio da probabilidade condicional $P(A|B)$ entre dois produtos. A justificativa para essa medida é apresentada por meio do exemplo a seguir, dado pelos autores. Amostrando todos os países que produzem ovos de avestruz e também carne de avestruz (o que é muito provável) ficará evidente a alta similaridade e por conseguinte a probabilidade conjunta $P(A \cap B)$ (que é diferente da probabilidade condicional $P(A|B)$) entre estes dois produtos nestes países. Entretanto se apenas três países produzirem este bem em toda a amostragem de exportações, a probabilidade conjunta $P(A \cap B)$ destes produtos será pequena.

Desta forma, a probabilidade condicional $P(A|B)$ tem essa característica de isolar o grau de similaridade entre dois produtos quando relacionamos a uma grande amplitude em magnitude e diversidade de produtos produzidos nas diversas mesorregiões do Brasil, no nosso caso. Outra característica bem definida da probabilidade condicional é que $P(A|B)$ é distinto de $P(B|A)$, isso quer dizer que, se por exemplo os países exportadores de A diminuem, a probabilidade condicional dos países exportadores de A exportarem outros produtos (B,C,D...) se torna 1, conhecido como “dummy variable”, pois está refletindo na verdade as peculiaridades de dado país e não a similaridade entre os produtos em questão. O exemplo dados pelos autores é o seguinte, considerando que a Austrália é o único país que produz ovos de avestruz, dessa forma todos os demais produtos produzidos pela Austrália como minerais, vinho terá uma grande similaridade com ovos de avestruz, o que na prática a matriz produtiva destes produtos é muito distinta. Esse é o motivo de considerarmos a mínimo dos pares da probabilidade condicional: $\min\{P(A | B), P(B | A)\}$.

De novo o exemplo dado pelos autores, se um país (Austrália) tem uma alta probabilidade condicional de produzir minerais se produz ovos de avestruz (sendo este o único produtor dos ovos no planeta), terá de forma contrária uma baixa probabilidade condicional de produzir ovos de avestruz se o mesmo produz minerais, pois por exemplo, outros países como o Chile, Perú e a Zambia que produzem minerais não produzem ovos de avestruz (HAUSMANN; KLINGER, 2006).

Antes de se efetuar o cálculo da probabilidade condicional, faz-se necessário, segundo o método de Hausmann e Klinger, 2006 e Hidalgo, et al. 2007 aplicar a equação de Balassa, 1965, conhecida como *Reveled Comparative Advantage* (RCA), em português, vantagem comparativa dos produtos. A justificativa deste procedimento é eliminar o ruído dos dados, na busca de se identificar apenas os produtos mais significativos na cesta de exportação de cada país.

Na formalidade matemática, a operação da distância/proximidade detém-se nestas duas operações que apresentamos abaixo:

$$RCA_{ci} = \frac{\frac{x(c,i)}{\sum_i x(c,i)}}{\frac{\sum_c x(c,i)}{\sum_{c,i} x(c,i)}}$$

$\phi_{ij} = \min\{P(RCA_{xi} | RCA_{xj}), P(RCA_{xj} | RCA_{xi})\}$. Onde c é a mesorregião e i o produto agropecuário, traduzindo para o nosso objeto.

3.2 Utilização do método de proximidade dentro do enfoque da produção agropecuária do Brasil

Todo modelo é considerado "ad hoc", ou seja, serve para um determinado fim, a pergunta a ser feita é, se a utilização de um modelo utilizado para a análise do estudo global de exportação entre os países serve para a compreensão de aspectos regionais como as mesorregiões do Brasil, e ainda mais, apenas considerando um ramo das atividades econômicas, o setor primário, a produção agropecuária.

A resposta imediata é a empiria, apenas executando os procedimentos e verificando os resultados podemos nos certificar se nos é factível. Um primeiro olhar sobre o método, como foi feito no item anterior, verificamos que trata-se de uma operação extremamente simples, onde sem nenhum conhecimento "a priori" evidenciou-se aspectos fundamentais em relação ao desenvolvimento econômico industrial entre os países. Trata-se primeiro de uma filtragem dos produtos agropecuários mais significativos de cada mesorregião por meio da RCA e a aplicação da probabilidade condicional considerando toda a diversidade produtiva agrária das mesorregiões brasileiras.

Como podemos adiantar e veremos mais a frente, diferentemente da abordagem feita em Hausmann e Klinger, 2006 e Hidalgo, et al. 2007, não estamos interessados no desenvolvimento econômico industrial dos países, da mesma forma não estamos buscando um caminho de desenvolvimento das mesorregiões brasileiras. Estamos circunscritos em apenas ao setor primário,

portanto a questão do desenvolvimento científico técnico não é chave dentro do escopo desta dissertação.

Nosso principal esforço é a busca da compreensão da topologia advinda da rede resultante da execução do método escolhido, e verificar se tal rede consolidada nos fornece informações pertinentes aos aspectos da produção agrária, se pode nos indicar padrões, identificar vulnerabilidades e resiliências no sentido de garantir a segurança e soberania alimentar nacional, se pode nos indicar aspectos que contribuam para a elaboração de políticas públicas de fortalecimento a soberania alimentar nacional.

3.3 *Embasamento Teórico*

Para uma análise coerente do comportamento advindo da rede dos produtos agropecuários faz-se necessário incorporar a mesma um embasamento teórico que já tenha sido utilizado no mesmo contexto e que tenha respaldo da literatura. Portanto essa sessão iremos pontuar alguns enfoques providos das ciências econômica, geográfica e sociológica.

O fundamento básico da economia agrícola é utilizar-se das técnicas fundamentadas nas ciências econômicas na busca de evidenciar as problemáticas dos mercados agroalimentares (CRAMER, 1997). Existe toda uma discussão em torno de qual enfoque adotar-se, considerando o grande espectro das abordagens econômicas. O *mainstream* usual expressada por meio do enfoque da economia neoclássica onde a principal ferramenta é a identificação da oferta e demanda, dos rendimentos decrescente, da maximização dos lucros e otimização dos recursos disponíveis em uma firma, não nos parece ser pertinente ao presente trabalho.

Neste sentido, o que nos interessa são estudos que decorram sobre a formação das dinâmicas reais que estruturam a economia real deste setor primário da economia brasileira. Quero dizer os empreendimentos, os hábitos alimentares regionais, as ações coletivas, os arranjos produtivos e as distintas regras informais das regionalidades do país, que são respaldados pelas teorias da economia institucional e evolutiva (SCHUMPETER, 1911; NELSON R. R. E WINTER, 1982; HODGSON, 1992).

A identificação de padrões entre os produtos agropecuários por meio de Redes Complexas é o objetivo deste atual trabalho, a pergunta feita é: O que faz tal produto ter uma alta proximidade com outro? São várias as possibilidades nas quais devemos nos debruçar. O arcabouço econômico produtivo, ou seja, a rede de relações de produção e consumo da região em que está inserido o produto, assim como também a demanda nacional e internacional por determinado bem. A

história da formação produtiva de dado território, quer se dizer, a infraestrutura, o conhecimento técnico já consolidado no território por meio de instituições mantenedoras como cooperativas e associações de produtores

Para cada produto faz-se necessário um complexo estudo, o que é inviável dentro do contexto de uma dissertação, portanto identificaremos apenas alguns produtos chaves com o intuito de validar o algoritmo utilizado. O ponto mais importante dentro desta discussão é a utilização de uma ferramenta extremamente simples que evidencie a proximidade entre produtos agropecuários sem a necessidade de conhecimento “a priori”, ou seja, sem o completo entendimento da complexidade da cadeia produtiva ou especificidades biológicas para a obtenção da proximidade entre os produtos.

Algumas abordagens como modelos de cunho numérico utilizados ao estudo da economia agrícola, apresentam cenários e panoramas de grande importância para produtos agropecuário como identificamos em Viana (2014), que levaram em conta o enfoque da economia evolucionista, onde buscaram incorporar eixos chaves da vida econômica, como o perfil produtivo/econômico dos estabelecimentos e o perfil institucional (que são os hábitos e experiências). Entretanto são abordagens pontuais, de determinado produto e território, no qual não dialogam efetivamente com o atual trabalho que é capturar padrões globais da produção nacional.

No contexto da geografia, identificamos o trabalho da Embrapa Territorial de Garagorry F.; Ramos (2017), que é quantitativo e faz uma investigação por meio da classificação das microrregiões com base na sua produtividade juntamente com a mensuração da concentração produtiva por meio do índice Gini. Entretanto, as análises feitas por produto, geraram inúmeros mapas e tabelas nos quais é possível evidenciar a dinâmica de dado produto, mas a comparação entre produtos é complicada de ser captada.

Maluf R; Speranza (2014) debruçaram-se em compreender a dinâmica da transmissão da variação de preços do mercado de commodities para os preços dos alimentos no Brasil, principalmente no que diz respeito a inflação dos produtos da cesta básica. Para tanto os autores buscaram a caracterização do fenômeno da volatilidade e do aumento de preços das commodities nos mercados globais juntamente com o estudo da dinâmica da produção de grãos no agronegócio brasileiro, evidenciando principalmente por meio da soja e seus derivados, o impacto na produção agropecuária e na variação de preços dos alimentos no Brasil.

Os autores escolheram ainda o feijão, que não é considerado uma *commodity* (*non-tradable good*) e é importante constituinte na cesta básica do Brasil, como indicador na busca da compreensão da variação dos preços dos alimentos. Desta forma, foram verificadas as

transformações das formas de organização da produção do feijão, assim como seu processamento e sua comercialização.

A questão fundamental relativa à escolha destas duas culturas (soja e feijão) e suas respectivas cadeias produtivas baseia-se na hipótese de uma alta competitividade por espaço entre estas. Em suma, a alta lucratividade advinda dos grãos de soja em relação ao feijão decorre na preferência dos agricultores pelos grãos em detrimento do feijão (MALUF R; SPERANZA, 2014).

Esse enfoque, onde busca-se identificar uma emergência macro, o aumento de produtos da cesta básica, advinda da complexa interação entre agentes (produtores, consumidores, créditos agrícolas, mercado financeiro e políticas públicas) é o que define a complexidade. Antes de querer responder a pergunta deste autores, nosso trabalho vai no sentido de consolidar uma ferramenta, a rede/espço de produtos agropecuários, onde possa-se perceber padrões significativos que possam contribuir para esse tipo de investigação.

4 Materiais e Métodos

4.1 Base de Dados

Os dados utilizados são relativos ao Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os anos de 2006, trata-se da fonte mais completa e robusta a respeito da produção agropecuária do Brasil. Os dados, adquiridos pela base SIDRA (sidra.ibge.gov.br), contemplam toda a amplitude da produção nacional presente no Censo Agropecuário 2006. Foram elencados um total 258 produtos distribuídos em grupos como apresentadas na Tabela 1 e no gráfico da Figura 4. Os dados referem-se ao valor de cada produto em mil reais, para cada mesorregião. Foram utilizados também, dados relativos aos financiamentos públicos e privados das mesorregiões para o estudo exploratório.

Tabela 1 – Dados por Grupos de Produtos

Grupos de Produtos	Quantidade de Produtos
Agroindústrias	32
Carnes	10
Extrativismo	32
Floricultura	1
Horticultura	58
Permanentes	65
Temporárias	52
Produção Animal	8
Total	258

Fonte: Autor

Figura 4 – Distribuição Grupos de Produtos Agropecuários Censo 2006 - IBGE

Fonte: Autor

4.2 Método

O protocolo seguido por esta pesquisa foi o seguinte: Primeiramente foram adquiridos os dados do Censo Agropecuário 2006, as diversas tabelas foram consolidadas em uma única matriz, contendo o valor de cada produto para cada mesorregião brasileira.

O segundo passo foi a reordenação da matriz dos produtos agropecuário para o *input* do modelo. O algoritmo utilizado foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da equipe do Hidalgo no âmbito do MIT (Massachusetts Institute of Technology, School of Architecture and Planning, Program in Media Arts and Sciences). O código utilizado nesta dissertação é inteiramente aberto, escrito em Python e disponibilizado no Github (<https://github.com/alexandersimoes/pscales>).

Por fim, o último passo foi visualizar e analisar a rede elaborada por meio do programa Gephi (versão 0.9.2), o algoritmo utilizado para a distribuição dos produtos foi o ForceAtlas2.

5 Resultados

5.1 Análise Geral da Rede

A saída do processamento resultou em uma rede com 258 nós/produtos, a Tabela 2 apresenta algumas métricas básicas que definem a rede. Foram estabelecidas 5610 ligações (arestas) entre os mesmos, o baixo diâmetro, que já foi definido em sessão anterior (2.1), indica a alta densidade da rede em relação as suas ligações, isso quer dizer que o caminho entre os diversos produtos agropecuário é relativamente curto. Uma importante medida, que também já foi abordada na sessão 2.1 é a distribuição dos graus, a Figura 5 apresenta tal comportamento na forma da probabilidade do grau $p(k)$ para cada nó (N), nas escalas linear e logarítmica. Como já discutido, essa distribuição afasta-se de uma distribuição binomial/poisson que é um indicativo de redes aleatórias, e se aproxima da distribuição de livre de escala, comumente encontrada em redes reais, ver figura 3.

Tabela 2 – Métricas Elementais

Métricas	Magnitudes
Nós	258
Arestas	5610
Grau Médio	43,488
Diâmetro	6
Densidade	0,169
Modularidade	0,369
Coefficiente de	0,566
Cluster Médio	

Fonte: Autor

Figura 5 – Distribuição Graus

Fonte: Autor

5.2 *Análise Pesos das Arestas / Proximidade*

A primeira aproximação a ser feita da rede dos produtos agropecuários elaborada, assim como feita em Hausmann e Klinger (2006) é a distribuição dos pesos pela matriz de adjacência. Os autores, considerando seu escopo, agruparam todos os produtos em suas matrizes tecnológicas baseado no cluster de commodities de Leamer (1984). Considerando por exemplo, todos os produtos que compõem o setor de agricultura tropical, do setor petrolífero, do trabalho intenso, de capital intenso, do setor de maquinaria e do setor químico. O objetivo destes autores foi avaliar se proximidade entre os produtos, seus pesos, eram maiores dentro dos seus clusters, na busca a validar a saída do processamento realizado, o que é óbvio, pois se os autores estavam buscando a proximidade entre os produtos, teoricamente a diagonal da matriz de adjacência teria que ter os maiores pesos, devida a alta similaridade entre os produtos.

Como podemos identificar nas duas figuras abaixo, os pesos entre os produtos agropecuário não seguem o mesmo padrão, e aqui é a primeira grande constatação de que a aplicação do mesmo algoritmo dentro do enfoque regional, considerando o nosso contexto (apenas um país) e em apenas 3 clusters de Leamer (1984) (Agricultura Tropical, Produção Animal e Produtos Florestais) apresenta um padrão totalmente diferente.

O principal objetivo dos autores citados foi diferenciar o arcabouço tecnológico entre os produtos, objetivo este claramente atingido em Hausmann e Klinger (2006). Dentro do universo desta pesquisa, o arcabouço tecnológico não é algo significativo, nem buscado, pois como já foi colocado, trata-se apenas da produção agropecuária. Isso dito, as perguntas que se seguem são: Esse resultado é simplesmente aleatório, sem nenhum significado real? E o que a proximidade entre os produtos está nos evidenciando? Qual tipo de padrão essa rede possui ? O que a rede está captando dos dados?

A primeira constatação como podemos ver no gráfico da figura 7 é o padrão na distribuição geral dos pesos, considerando todos os grupos de produtos eles tem uma semelhança significativa mudando apenas a magnitude na espacialização. É perceptível a grande semelhança dos grupos em geral com o grupo da horticultura. Isso pode estar nos indicando, como veremos mais adiante, pelo motivo da grande ubiquidade, ou seja, a presença dos produtos da horticultura nas diversas mesorregiões.

Figura 6 – Tabela Comparativa Pesos

	Agroindustria	Carnes	Extrativismo	Floricultura	Horticultura	Permanentes	Prod_animal	Temporarias
Agroindustria	113,102994	63,682394	129,972776	6,536872	316,441353	255,907568	55,417746	265,965744
Carnes		9,61447	36,44846	2,80716	119,191211	89,541466	21,016459	79,805381
Extrativismo			55,811054	2,130149	133,133766	175,221232	27,797949	155,821355
Floricultura				###	24,027451	12,341411	2,713046	6,632464
Horticultura					625,04026	582,461424	120,633875	377,162527
Permanentes						264,552635	77,383269	339,779022
Prod_animal							7,025805	76,444595
Temporarias								213,176207

Fonte: Autor

Figura 7 – Gráfico Comparativo Pesos

Fonte: Autor

5.3 Apresentação Gráfica das Redes

A saída do processamento dos dados resume-se em uma tabela com três colunas, as duas primeiras são os produtos e a terceira o peso de ligação entre os produtos. Nas seguintes Figuras 9 e 10, temos a representação gráfica desta tabela.

Para a visualização utilizamos o programa Gephi (versão 0.9.2), o algoritmo utilizado para a distribuição dos produtos foi o ForceAtlas2, com o dimensionamento de 5.0, e gravidade 0.5. O que este algoritmo faz é espacializar os produtos como um sistema astrofísico, faço essa semelhança apenas para uma melhor compreensão, os produtos (planetas) não possuem massa, assim o que atrai os produtos é a força das arestas (seus pesos/proximidade). Dessa forma o centro da rede será formada pelos produtos que possuem o maior grau, a maior quantidade de ligação entre os produtos.

Vale ainda ressaltar que as imagens plotadas nesta dissertação são fixas, o que não permite uma "caminhada" e aproximação às distintas partes da rede, o objetivo final e pretensão é fornecer uma ferramenta de análise global, dessa forma as imagens representam apenas uma fotografia pontual e estática da rede como um todo, assim o esforço vai no sentido de evidenciar por meio das imagens e da análise a potencialidade e robustez da ferramenta.

Nas Figuras apresentadas, foi mantido o nome de cada produto, o que apesar de deixar a rede "poluída", faz todo o sentido, mesmo considerando a alta densidade da rede, onde alguns dos nomes não possam ser visualizados. Como pode-se ver o tamanho da circunferência (cada produto) varia de acordo com o indicador em análise, devidamente descrito nas legendas e na descrição das figuras. Optou-se por manter o nome dos produtos de acordo com a magnitude do valor em mil reais, que foi o dado que utilizamos advindo do Censo Agropecuário de 2006.

A Figura 9, apresenta a distribuição dos produtos na rede indicando por meio das cores os agrupamentos de tipos de produtos agropecuários, e o tamanho da circunferência a magnitude do valor em 1.000 reais, como já dito, os nomes dos produtos representam esse mesmo indicador.

A percepção imediata é que os produtos de maior magnitude em valor, e por conseguinte os maiores responsáveis nas exportações do país, como a cana de açúcar e a soja encontram-se na periferia da rede. Isso ocorre pelo baixo grau destes em relação à rede, uma possível causa desse baixo grau pode ser resultante da alta concentração produtiva dos mesmos em poucas mesorregiões do Brasil, como podemos ver pelo seus valores de ubiquidade, que é a presença de determinado produto nas diversas mesorregiões, quanto mais ubíquo mas se faz presente

nas diversas regiões (Figura 8). As tabelas da Figura 8 ilustram essa percepção, a soja e a cana de açúcar ocupam as posições no ranking de 195 e 214 em relação ao grau, respectivamente. Da mesma forma, a soja ocupa a posição 70 em termos da ubiquidade, estando presente em 24 mesorregiões, da mesma forma a cana de açúcar ocupa a posição 82, presente em 23 mesorregiões. As tabelas apresentam as 20 primeiras posições em relação ao grau e ubiquidade, a título de comparação.

Os produtos que encontramos na parte central da rede, apenas pontuando alguns, são o mel, ovos de galinha, leite, queijo/requeijão, entre outros. Em oposto a cana de açúcar e a soja, descritos na periferia da rede, esses são produtos muito bem espacializados pelas mesorregiões do país, como vemos na tabela de ubiquidade, onde estes produtos citados estão entre os 20 mais presentes nas mesorregiões do país, e da mesma forma entre os de maior grau (Figura 8).

Vale ainda considerar que a espacialização da rede da Figura 9, não segue apenas estes dois fatores (grau e ubiquidade), mais sim toda a dinâmica entre as proximidades dos diversos produtos. A leitura que pode-se inferir desta distribuição, e teceremos durante essa apresentação dos resultados, é que estes produtos mais centrais possuem uma alta importância dentro das diversas microeconomias das mesorregiões, indicando que tais produtos são a argamassa da economia produtiva agrícola do país, pois eles fixam mão de obra e toda uma teia de infraestruturas que permitem os produtos mais lucrativos desenvolver-se.

Outra importante constatação é que fortalece nosso argumento é que estes mesmos produtos com alta ubiquidade e centralidade na rede são itens conhecidamente presentes na cultura alimentar cotidiana de grande parte dos brasileiros, inclusive muito destes como Leite, Ovos, Feijão (de cor e o verde), Banana, Tomate fazem parte da Cesta Básica Nacional, estipulado por lei.

Figura 8 – Produtos pela Ordem de Grau e Ubiquidade

Produtos por Ordem Grau				Produtos por Ordem Ubiquidade		
Posição	Produto	Grupo	Grau	Posição	Produto	Ubiquidade
1	Ovos_galinha	Prod_animal	111	1	Peixes	63
2	Cebolinha	Horticultura	106	2	Leite	59
3	Pimentao	Horticultura	105	3	Lenha	57
4	Mel_abelha	Prod_animal	104	4	Mel_abelha	55
5	Queijo_requeijao	Agroindustria	100	5	Ovos_galinha	54
6	Aves	Carnes	100	6	Cebolinha	52
7	Leite_cabra	Prod_animal	99	7	Queijo_requeijao	49
8	Milho_verde_espiga	Horticultura	98	8	Coentro	48
9	Pimenta	Horticultura	95	9	Quiabo	48
10	Cenoura	Horticultura	95	10	Pimenta	47
11	Beterraba	Horticultura	92	11	Mandioca	46
12	Coentro	Horticultura	92	12	Maxixe	46
13	Doces_geleias	Agroindustria	91	13	Milho	45
14	Aguardente_cana	Agroindustria	91	14	leite_cabra	45
15	Repolho	Horticultura	91	15	Feijao_verde	44
16	Quiabo	Horticultura	90	16	Milho_verde_espiga	44
17	Tomate_estaqueado	Horticultura	90	17	Feijao_cor	42
18	Alho_porro	Horticultura	87	18	Feijao_fradinho	42
19	Alecrim	Horticultura	85	19	Aguardente_cana	41
20	Maxixe	Horticultura	85	20	Banana	41
195	Soja	Temporaria	21	79	Soja	24
214	Cana_acucar	Temporaria	14	82	Cana_açucar	23

Fonte: Autor

Fonte: Autor

Figura 10 – Rede Tipos de Produtos e Grau

Fonte: Autor

A rede da Figura 10, parece apresentar uma rede totalmente diferente da anterior, e essa é uma característica interessante no estudo das redes, pois ao mudarmos as magnitudes de análise do nó/produto não mudamos a topologia da rede em si. Corroborando com a discussão de centralidade de certos produtos na rede e visualizando os graus de cada produto, é perceptível a alta magnitude dos produtos mais ao centro em relação aos produtos mais periféricos, mantemos o tamanho do nome dos produtos relativo aos seus valores em mil reais, como referência. A cana de açúcar, que é o produto de maior valor (em 2006) praticamente desaparece nesta visualização da rede, o mesmo padrão identifica-se para a soja. Outra importante constatação é o alto grau referente aos produtos do grupo das horticultura (em verde) que por serem os mais perecíveis estão sempre presentes nas diversas mesorregiões do Brasil, o que pode ser uma possível justificativa de alto grau.

5.4 Centralidades e validação da Rede

Centralidade de Autovetor - *Eigenvector Centrality*

Uma medida importante para captar a centralidade de uma rede é a *Eigenvector Centrality*, ou a centralidade de autovetor, que já apresentamos na sessão 2.2. Tal medida é utilizada por exemplo na constituição da *PageRank* do Google com o fim de ranquear as páginas mais importantes dentro de uma busca. O que essa medida nos diz é a relação de um nó em relação aos nós mais centrais (com mais links), no caso da internet, por exemplo, ele mede a importância de uma página se a mesma está ligada a outra página importante. No caso da rede de produtos agropecuários (Figura 11) tal medida não difere muito da anterior (Figura 10), o principal motivo é a alta densidade da rede e o baixo diâmetro da mesma, ou seja, o curto caminho para caminhar de um nó (produto) para o outro, assim o resultado da centralidade de autovetor não é muito diferente da centralidade de grau.

Figura 11 – Centralidade de Autovetor

Fonte: Autor

Centralidade de Intermediação / *Betweenness Centrality*

Uma medida importante no contexto das redes complexas é a centralidade de intermediação (*Betweenness Centrality*), definimos a mesma na sessão 2.2. O que essa medida nos evidencia é o quanto um nó/produto encontra-se nos caminhos de outros nós/produtos. Em outras palavras, qual nó é fundamental no transporte de informação, de energia, ou chave dentro de um arranjo produtivo (como agroindústrias, por exemplo).

Em essência, essa medida apresenta em quais pontos a rede é mais vulnerável, de forma que se determinado nó é retirado a rede pode se desmembrar em várias partes ou perder sua eficiência no transporte de determinada informação. Trazendo para o contexto do nosso objeto, podemos identificar quais produtos são mais importantes na manutenção da dinâmica micro e macro econômica, considerando tanto o país quanto as especificidades das mesorregiões.

Produtos do grupo da Agroindústria (pontos em cinza escuro) são bem evidenciados com essa medida, alguns deles são queijo/requeijão, manteiga, sucos de frutas, licores, vinho. A pergunta que podemos fazer é se essa rede está captando aspectos das cadeias produtivas, pois como veremos existe dentro da espacialidade da rede algumas evidências que nos indicam essa propriedade como por exemplo a proximidade do produto queijo/requeijão com a manteiga e por conseguinte com o leite, da mesma forma o vinho das uvas (fruta), entre outros.

É interessante notar dentro do grupo de produtos de produção animal (verde escuro), o elevado valor relativo ao mel de abelha e ovos de galinha. Já quanto aos produtos do grupo das culturas temporárias (em azul) o milho e o sorgo são os maiores representantes.

Figura 12 – Centralidade de Intermediação

Um segundo algoritmo utilizado para evidenciar clusters de produtos na rede é o chamado Girvan-Newman Clustering (GIRVAN; NEWMAN, 2002), onde por meio de um processamento de retirada gradual das arestas consegue-se apontar clusters. O resultado deste processamento possui um espectro de clusters maior do que o anterior, no caso da rede formaram 70 tipos, entretanto como podemos ver na rede da Figura 14, apenas 8 são mais significativos em termos de quantidade, a grande maioria é formado por dois ou três produtos. De forma geral, é perceptível a semelhança entre estes dois algoritmos (Figuras 13 e 14). Da mesma forma que o primeiro, fica difícil indicar padrões dos produtos para além do que já foi feito na primeira análise.

Figura 14 – Classes de Clusters

Fonte: Autor

A seguinte Figura 15, nos oferecer uma importante indicação dos padrões advindos dos processamentos de modularidade e clusters já apresentados. Por meio da matriz da Vantagem Comparativa dos Produtos (RCA, em inglês) conseguimos evidenciar quais os produtos possuem

uma concentração maior do 50 % (entre 0.51-1) em cada macrorregião do país, por exemplo, o açaí tem uma concentração de 1 (100 %) na macrorregião Norte. Assim, selecionamos apenas uma parte do total dos produtos, apenas aqueles que são majoritários em cada macrorregião do Brasil, a Figura 15 apresenta o resultado desta seleção.

Por meio desta imagem fica evidente a espacialização da rede, onde no canto direito superior (em azul) concentra-se produtos da região Sul como uvas, vinho de uva, mudas de uva, lentilha, feijão preto, entre outros. Na parte inferior-centro da rede, em vermelho, encontramos produtos como café, café torrado, cana de açúcar representantes da região sudeste do país. Da mesma forma encontramos o açaí, o látex e a copaíba típicos na região Norte em roxo no canto esquerdo inferior da rede. Em verde, no canto direito, encontra-se produtos como o feijão verde e fradinho, caju, cajuína, leite de cabra, distintos representantes da região Nordeste do Brasil. E finalmente, na região Centro Oeste, em marrom, no canto superior da rede, encontramos produtos como algodão herbáceo, mudas de soja e milho. Os produtos em cinza escuro são os produtos que não são majoritários em nenhuma macrorregião, ocupando principalmente a parte mais central da rede.

Uma outra forma de visualização da rede é por meio da matriz de adjacência, a Figura 16, apresenta o *Heatmap*, ou mapa de calor desta matriz, a intensidade das cores em amarelo é relativa a intensidade do peso/proximidade de cada produto em relação aos demais. Assim temos no eixo x todos os produtos e da mesma forma no eixo y. Como podemos identificar existem algumas concentrações evidentes de alto peso em relação a rede como um todo (em laranja), apontamos na Figura 16 a região destas concentrações. O *heatmap* da matriz de adjacência permite uma visualização quadrada da rede, sem a possibilidade de editar a posição dos nós, como podemos fazer nas redes apresentadas até então, isso permite verificar a robustez da interpretação onde os clusters dizem também, a respeito a espacialização da produção agropecuária nas 5 grandes regiões do Brasil.

Figura 16 – Matriz de Adjacência - Heatmap

Fonte: Autor

Arranjos Produtivos

Foram elencados alguns produtos com o objetivo de identificar se a rede captou arranjos produtivos, o qual entende-se como produtos que fazem parte do mesmo circuito de produção, por exemplo como observa-se na Figura 17, percebemos o leite (seta azul) e a proximidade do mesmo em relação ao queijo e a manteiga (setas em vermelho). E da mesma forma em relação aos bovinos

Figura 17 – Cadeia Produtiva - Leite

Fonte: Autor

Por ser um produto no centro da rede, o leite apresenta uma alta conexão com inúmeros outros produtos, por meio da Figura 17 podemos identificar o leite e todos os produtos que possuem ligações com o mesmo, as setas vermelhas identifica-se a alta proximidade do leite com a manteiga e o queijo/requeijão que utilizam o leite como matéria prima principal. Da mesma forma percebe-se a proximidade do leite tanto com bovinos e milho forrageiro que é importante componente da alimentação de gado. A tabela 3 apresenta o ranking dos pesos relativo ao leite, podemos ver que a primeira posição, mais forte, é o queijo/requeijão. A manteiga aparece na 4 posição, já o bovino e o milho forrageiro em 10 e 13 respectivamente, corroborando com a proximidade que visualizamos na rede.

Tabela 3 – Pesos Leite

Ranking	Produto	Produto	Peso/Distância
1	Leite	Queijo/Requeijão	0,688
2	Leite	Feijão Cor	0,582
3	Leite	Quiabo	0,526
4	Leite	Manteiga	0,484
5	Leite	Mel	0,473
6	Leite	Leite Cabra	0,465
7	Leite	Rapadura	0,460
8	Leite	Sorgo	0,459
9	Leite	Peixes	0,459
10	Leite	Bovinos	0,452
11	Leite	Lenha	0,448
...	...	...	...
13	Leite	Miho Forra-geiro	0,435

Fonte: Autor

Figura 18 – Cadeia Produtiva - Café

Fonte: Autor

Na Figura 18, percebe-se uma menor quantidade de produtos ligados ao café arábica quando relacionamos com o leite, por exemplo. Como pode-se verificar existe uma alta proximidade do café arábica (centro da rede) com o café robusta, assim como também com o café torrado

moído e o café torrado em grão, e da mesma forma com as mudas de café. É interessante notar que todos os produtos relativos à cadeia do café encontram-se bastante próximos. A seguinte tabela 4 apresenta os pesos das ligações com o café arábica. As demais ligações do arábica são com produtos do grupo da horticultura, este padrão de poucas ligações que encontramos no café, considerando ainda que a maioria destas ligações são com produtos da mesma cadeia produtiva pode estar indicando uma relativa autonomia financeira e produtiva dos produtos do café, ou seja, existem linhas de créditos já consolidadas para o produto, assim como também um grande mercado consumidor, tanto doméstico quanto exportador.

Tabela 4 – Pesos Café

Ranking	Produto	Produto	Peso/Distância
1	Café Arábica	Café Torrado Grão	0,669
2	Café Arábica	Café Torrado Moído	0,638
3	Café Arábica	Café Robusta	0,547
4	Café Arábica	Mudas Café	0,481
5	Café Arábica	Taioba	0,462
6	Café Arábica	Fubá Milho	0,465
7	Café Arábica	Tomate esta- queado	0,459

Fonte: Autor

Figura 19 – Cadeia Produtiva - Caju

Fonte: Autor

Seguindo o mesmo padrão do leite, o caju apresenta um alto grau de conectividade, apesar de que a maioria das suas ligações estarem na região nordeste da rede, resultado de uma alta ubiquidade do caju entre as mesorregiões no nordeste brasileiro. Dividindo este espaço produtivo com uma alta diversidade de produtos, podendo indicar o caju como um importante produto na manutenção da economia agrária das mesorregiões nordestinas, podendo tanto estar ajudando na sinergia produtiva da região, como também sendo competitivo por espaços. As setas em vermelho da Figura 19 indica os principais produtos ligado a cadeia produtiva do caju (seta em azul). Por meio da Tabela 5 podemos verificar a alta proximidade dos produtos relativos ao caju, como a muda de caju, a castanha de caju, e a cajuína.

Tabela 5 – Pesos Caju

Ranking	Produto	Produto	Peso/Distância
1	Caju Fruto	Caju Castanha	0,816
2	Caju Fruto	Caprinos	0,709
3	Caju Fruto	Coentro	0,663
4	Caju Fruto	Feijão Fradinho	0,648
5	Caju Fruto	Fava grão	0,617
6	Caju Fruto	Ovinos	0,593
7	Caju Fruto	Graviola	0,574
8	Caju Fruto	Cajuína	0,565
...	...	...	...
28	Caju Fruto	Castanha Caju	0,436

Fonte: Autor

Figura 20 – Cadeia Produtiva - Aves

Fonte: Autor

As aves ocupam um lugar central na rede como um todo, possuindo um alto grau e estando dispersa por todo o território nacional. Da mesma forma apresenta-se em vermelho os

Como já discutido anteriormente, a soja apresenta um baixo grau de conectividade entre outros produtos, quando comparamos com os exemplos já citados como o leite, o caju e as aves. Possui esta também uma alta concentração produtiva nas mesorregiões em que ocupa, podendo indicar o mesmo fenômeno do café, ou seja, linhas de financiamento consolidadas e um grande mercado consumidor interno e internacional.

Tabela 7 – Pesos Soja

Ranking	Produto	Produto	Peso/Distância
1	Soja	Trigo	0,561
2	Soja	Triticale	0,553
3	Soja	Sementes Soja	0,553
4	Soja	Algodão	0,516
		Herbáceo	
5	Soja	Semente Milho	0,516
6	Soja	Aveia Branca	0,509
7	Soja	Trigo Preto	0,505
8	Soja	Casulos Bicho	0,492
		Seda	
9	Soja	Amora	0,476

Fonte: Autor

A principal conclusão após todos estes procedimentos é que os clusters e as modularidades captaram 3 principais aspectos durante seu processamento, a saber: O primeiro é a clara territorialização que a rede captou dos dados; O segundo é a força dos grupos de produtos (temporárias, permanentes, horticultura, carnes, por exemplo) na consolidação dos mesmos; e o terceiro aspecto é a possível relação com os arranjos produtivos.

Neste capítulo, nosso principal esforço foi no sentido de validar a rede, levando em conta os aspectos estatísticos das métricas de redes complexas, mostrando que a saída do modelo não foi algo aleatório, e evidenciando alguns importantes aspectos da produção agropecuária brasileira que foi captado pelo o algoritmo utilizado.

6 Discussão

No artigo de Hidalgo B. Klinger (2007), seus pressupostos são claros, o estudo comparativo do desenvolvimento econômico industrial entre as nações. Dessa forma os autores por meio de um simples processamento estatístico conseguiram captar forte similaridade entre produtos de um mesmo setor econômico, considerando a clusterização de Leamer (1984), entre os produtos advindo das cestas de exportações dos países.

A rede da Figura 22 é a principal saída do modelo de Hidalgo B. Klinger (2007), onde no centro da rede encontra-se os produtos mais específicos, que necessitam de uma maior diversidade de outros produtos para que possam ser produzidos, pois existe uma maior complexidade de elementos necessários, como pesquisa, suporte jurídico, e subprodutos de sua cadeia.

Figura 22 – Space Product

Fonte: Hidalgo et.al,

A principal diferença entre essa dissertação e o artigo Hidalgo B. Klinger (2007) é o enfoque da saída do algoritmo, no caso deles considerou-se cestas de exportações dos países, considerando todos os setores econômicos, buscando desta forma indicações do caminho de desenvolvimento econômico, comparando com os índices de desenvolvimento dos países, mos-

trando que a diversidade e a especialização são fundamentais para um maior desenvolvimento da nação.

Desta forma a compreensão da rede advinda de Hidalgo B. Klinger (2007) vai no sentido de um mapa de desenvolvimento, um caminho para um eficiente desenvolvimento econômico dos países, saltando de um produto para outro, adquirindo uma maior diversidade produtiva e tecnológica. Os autores forneceram um inovador enfoque e visualização do quadro de exportação dos produtos por meio da consolidação de sua rede, apresentando similaridades evidente entre produtos e as ligações de cada produto em relação a rede toda, permitindo um estudo de específicos produtos e toda a relação destes com a rede.

O enfoque desta dissertação não buscou um caminho, uma direção de desenvolvimento do campo produtivo agropecuário, até porque a diferença tecnológica em apenas um dos setores econômicos (primário) é praticamente invisível quando comparamos com outros setores econômicos como chips de computadores ou foguetes. Antes de tudo, esta dissertação buscou captar uma cena estática do ano de 2006 da produção agropecuária das mesorregiões do Brasil, por meio de redes complexas.

Diferentemente dos autores citados, não utilizamos a espacialização da rede *minimum spanning tree* eleita pelos autores (Figura 22), que apresenta o caminho mais curto, eficiente no transporte de informação em uma rede. Utilizamos AtlasForce2 (Gephi) que como já foi discutido, espacializa-se por meio da quantidade e do peso das arestas ligadas a cada produto. Em outras palavras, cada aresta pode ser vista como molas de diferentes pesos que atraem com mais ou menos força dois distintos produtos, ou forças gravitacionais que atraem distintamente cada ligação entre os produtos.

Como apresentado nos resultados, a rede de produtos agropecuários apresentou similaridades importantes entre os produtos, como a distribuição espacial no país, em relação a cadeia produtiva e grupos de produtos. Diante dos dados utilizados e o processamento feito, indica-se que a rede fornece um panorama sobre a importância de um produto em relação aos demais em termos socioeconômicos, no sentido das relações e dinâmicas econômicas regionais construídas ao longo do tempo, emergindo desta forma, uma rede de produtos que sustentam as economias setoriais, regionais e nacionais.

Faremos agora uma breve análise exploratória na rede, em busca de avaliar a utilidade da mesma quando consideramos, por exemplo, o impacto de uma política de financiamento, tanto pública, quanto privada. Como já discutido, cada produto tem uma rede de produtos com uma

alta similaridade (alto peso/proximidade), dessa forma uma política específica pode gerar efeitos complexos na rede como um todo.

Vale pontuar que estamos nos referindo a uma rede bipartida, ou seja, de um lado temos as mesorregiões e de outro os produtos produzidos em cada mesorregião. Desta forma os dados de investimento são relativos ao financiamento aportado às mesorregiões. Assim, cada mesorregião tem um conjunto de produtos determinados pela matriz de RCA. O procedimento adotado foi de distribuir o valor total do financiamento de cada mesorregião para todos os produtos que a mesma produz. O efeito prático é que os valores podem estar super dimensionados, por exemplo, o mel é um produto de alta ubiquidade, bem distribuídos em diversas mesorregiões do país, dessa forma ele soma todos os financiamentos de todas as mesorregiões em que está presente, superestimando o mesmo, pois não necessariamente o financiamento foi integral e específico para esse produto.

Com isso em mente, os valores totais de financiamento de cada produto devem ser vistos mais como uma magnitude de impacto das políticas de financiamentos nos mesmos. Em outras palavras, apesar de a soja está mais circunscrita a certas mesorregiões no ano de 2006, a magnitude de financiamento para essas mesorregiões é muito alto, resultando da soja ter uma alta magnitude. Entretanto, o sorgo que também é produzido nestas mesmas mesorregiões que a soja adquira uma alta magnitude relativa de financiamento, o que não é verdadeiro, pois grande parte dos financiamentos foram destinados a soja. Portanto, o resultado que apresentaremos a seguir busca evidenciar o impacto das linhas de financiamentos públicos e privados ocorridos no Brasil em 2006, considerando tanto impactos positivos, ou seja se fortaleceu a produção de um específico produto fortalecerá a produção de outro, ou ao contrário, o fortalecimento de um resultará em uma competitividade com outro produto.

Para a análise, utilizaremos produtos dada sua importância tanto nas exportações agropecuárias, como por exemplo, a soja, os bovinos, o milho e a cana de açúcar. Quanto os produtos essenciais da cesta básica, a saber: os diversos feijões, o arroz, o leite, aves, ovos. Além destes produtos, fixamos também o mel que apresenta uma altíssima conectividade (grau) em relação aos produtos.

Figura 23 – Financiamento Privado

Fonte: Autor

Na tabela 8 identifica-se o ranking dos produtos mais impactados com o financiamento privado, como pode-se esperar os maiores aportes deste tipo de financiamento são as principais commodities de exportação do país, como bovinos (posição 1 no ranking), soja (posição 3), milho (posição 5) e cana de açúcar (posição 7). Já a respeito dos produtos da cesta básica, ovos de galinha aparece na posição 17, e o leite na 18. Vale considerar que o alto índice do leite e ovos de galinha deve-se, também a alta distribuição dos produtos nas mesorregiões do país e a alta similaridade, no caso do leite, com os bovinos. De qualquer forma, indica-se que os ovos de galinha e o leite são fortemente impactados com os financiamentos privados.

A rede da Figura 23 é a visualização deste aporte privado de financiamento, estamos apresentando a rede como um todo para melhor perceber a distribuição do financiamento privado entre os produtos. Pode-se perceber que as maiores magnitudes encontra-se mais a periferia da

rede quando comparamos com os financiamentos públicos e PRONAF (Figuras 24 e 25), com exceção do milho forrageiro e bovinos.

Tabela 8 – Financiamento Privado

Ranking	Produto	Grupo	Financ. Privado
1	Bovinos	Carnes	4.612.351
2	Sorgo	Temporárias	4.475.562
3	Soja	Temporárias	4.155.913
4	Cana Forrageira	Temporárias	3.867.569
5	Milho	Temporárias	3.693.455
6	Algodão Herbáceo	Temporárias	3.647.631
7	Cana de açúcar	Temporárias	3.079.999
8	Peixes	Carnes	3.015.980
9	Sementes Forrageiras	Temporárias	2.819.853
10	Carvão Vegetal	Extrativismo	2.670.624
11	Girassol	Temporárias	2.487.411
17	Ovos Galinha	Prod. Animal	2.023.757
18	Leite	Prod. Animal	1.988.282
19	Mel	Prod. Animal	1.853.047
23	Aves	Carnes	1.682.035
44	Feijão Preto	Temporárias	1.175.468
59	Feijão Cor	Temporárias	1.101.120
121	Feijão Verde	Temporárias	710.384
129	Feijão Fradinho	Temporárias	625.946
141	Arroz Grão	Temporárias	563.386
166	Farinha Mandioca	Temporária	442.699

Fonte: Autor

A Figura 24 apresenta a rede evidenciando o aporte de financiamento público, assim como a Tabela 9. De forma geral, no campo visual, são poucas as diferenças entre os financiamentos públicos e os privados, houve um maior incremento no setor de agroindústrias (em cinza escuro) e na região sul do Brasil (canto direito superior da imagem). Por meio da Tabela 9, pode-se constatar que a carne bovina decresceu no ranking de primeiro lugar (financiamento privado) para abaixo da posição 20º no ranking de produtos, já o milho e a soja continuam entre os 10 primeiros. Quanto aos produtos da cesta básica o leite subiu da posição 18º para a segunda, o ovo de galinha pulou da posição 17º para a 5º. O feijão preto foi da posição 44º para a 16º. Para os demais tipos de feijão e o arroz não houve mudanças significativas.

De forma geral vemos que o aporte público não diferenciou muito em relação ao privado, exceto produtos como o feijão preto que estão mais localizados na macrorregião sul da rede que obtiveram um aumento mais evidente.

Figura 24 – Financiamento Público

Fonte: Autor

Tabela 9 – Financiamento Público

Ranking	Produto	Grupo	Financ. Público
1	Milho	Temporárias	6.189.950
2	Leite	Prod. Animal	5.328.428
3	Milho Forrageiro	Temporária	5.012.054
4	Soja	Temporária	4.883.950
5	Ovos de Galinha	Prod. Animal	4.785.950
6	Mel	Prod. Animal	4.744.033
7	Cana Forrageira	Temporárias	4.402.611
8	Bovino verde	Agroindústria	4.197.102
9	Aves	Carnes	4.028.057
10	Suíno	Carnes	3.990.938
16	Feijão Preto	Temporárias	3.498.012
45	Feijão Cor	Temporárias	2.510.362
63	Mandioca	Temporárias	2.205.000
116	Feijão Fradinho	Temporárias	1.383.285
127	Feijão Verde	Temporárias	1.257.544
143	Arroz	Temporárias	1.105.615

Fonte: Autor

A Figura 25 apresenta a espacialização do financiamento via PRONAF (Programa Nacional da Agricultura Familiar), no campo visual esse tipo de financiamento apresenta uma espacialização distinta em relação os anteriores, houve um incremento para as horticulturas (em verde) assim como também na macrorregião sul da rede (canto superior esquerdo). Por meio da tabela 10, identifica-se o mel como o primeiro produto no ranking, indicando a alta distribuição do mel em todo o território nacional assim como a alta proximidade com produtos advindos da agricultura familiar. O feijão preto subiu para a posição 7º no ranking, de forma geral todos os produtos mais essenciais da cesta básica subiram suas posições, como por exemplo, os diversos tipos de feijão e o arroz. Já a soja desceu mais ainda no ranking deste tipo de financiamento entretanto ainda manteve-se na posição 20º.

Figura 25 – Financiamento PRONAF

Fonte: Autor

Tabela 10 – PRONAF

Ranking	Produto	Grupo	PRONAF
1	Mel	Temporárias	2.332.681
2	Leite	Prod.Animal	2.257.825
3	Milho	Temporária	2.249.505
4	Bovino Verde	Agroindústria	2.170.757
5	Suínos Verde	Agroindústria	2.155.263
6	Milho Forrageiro	Prod. Animal	2.011.290
7	Feijão Preto	Temporárias	1.880.943
8	Suínos	Carne	1.765.030
9	Lenha	Extrativismo	1.653.290
10	Creme de Leite	Agroindústria	1.648.737
11	Sucos de Fruta	Agroindústria	1.646.461
16	Ovos Galinha	Prod Animal	1.615.876
20	Soja	Temporárias	1.436.307
30	Mandioca	Temporárias	1.202.125
39	Feijão Cor	Temporárias	1.015.327
51	Arroz	Temporárias	879.749
68	Feijão Fradinho	Temporárias	743.530
75	Feijão Verde	Temporárias	709.194

Fonte: Autor

Diante das diferentes especialidades adquiridas pela rede em relação aos financiamentos, aprofundaremos a discussão em torno do feijão. Um primeiro aspecto a ser evidenciado é a regionalização da produção do feijão, apontando que a rede apresenta o mesmo comportamento identificado na literatura. Maluf R; Speranza (2014) utilizando os mesmos dados desta dissertação (Censo Agropecuário 2006-IBGE), apresentam que de forma geral, o feijão carioquinha (de cor) é produzido nas 3 safras em todo o país, e a principal região de consumo localiza-se na região centro-sul. Quanto ao feijão preto, é produzido em sua grande parte na primeira safra, na região sul (Paraná), e é consumido principalmente no Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Já o feijão do tipo caupi (verde) é majoritariamente produzido e consumido na região nordeste.

A Figura 26 apresenta a espacialização do feijão marcado por meio das flechas em vermelho, onde o feijão verde e o fradinho (tipos caupi) localizam-se na região nordeste da rede (canto superior esquerdo), o feijão de cor (carioquinha) situando-se mais ao centro da rede, e o feijão preto localizado na região sul (canto direito superior)

Fonte: Autor

Um outro importante aspecto é a organização produtiva dos produtores de feijão, utilizando dados do Censo agropecuário 2006, Maluf R; Speranza (2014) evidenciaram a grande presença de estabelecimentos de pequeno porte (até 10 ha), entretanto a quantidade produzida por estes é menor do que um terço do total produzido no Brasil. Já os produtores de médio porte (de 10 a 100 ha) apresenta uma expressiva produção tanto na primeira quanto na segunda safra. Quanto aos produtores de grande porte (maiores de 100 ha), apresenta uma significativa produção na segunda safra e terceira safra. Essa afirmação particularmente impressiona porque historicamente a produção de pequeno porte era a principal ofertante do produto, essa transformação salta aos olhos dos autores, principalmente quando são comparados os dados com o Censo Agropecuário 2006, que apresentou uma aumento na produção de feijão na ordem de 40,9 % (de 2,2 para 3,1 milhões de toneladas) em uma expansão de área colhida de apenas 6,3 % decorrente de uma elevação de 41,7 % no rendimento por área.

Tais dados apontam, segundo os autores, que a dinâmica produtiva do feijão segue a mesma tendência geral da agricultura no Brasil, ou seja, uma maior produção sustentada principalmente por uma maior produtividade advindos de aprimoramento tecnológicos (irrigação, maquinário, defensivos, etc). Hipótese esta, já evidenciada em IBGE (2009a) que atribuiu a crescente utilização de tecnologia (principalmente a irrigação) e o aporte de insumos possibilitado

por preços satisfatórios e boas condições climáticas como as maiores responsáveis pela alta produtividade das lavouras. Uma outra fonte que corrobora com tal hipótese é a UNIFEIJÃO (unifeijao.org.br) que indica uma elevação da participação dos médios e grandes produtores em áreas irrigadas espalhando a região dos cerrados (MALUF R; SPERANZA, 2014).

Diante desta constatação e analisando a rede, vemos que o único feijão que está entre o ranking dos 20 primeiros é o preto, produzido principalmente no sul do país e com uma forte migração para a irrigação (2 e 3 safra). Os feijões verde e fradinho (caupi) aparecem apenas nas posições 75º e 68º respectivamente no financiamento do PRONAF. Vale ressaltar, nesta análise que a organização dos produtores familiares no sul do Brasil é muito bem desenvolvida, temos uma forte presença do MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra) e de outras organizações que promovem a organização produtiva e social como o desenvolvimento de agroindústrias e de cooperativas, este é um fator importante para a recepção de financiamentos. Tal fato pode estar intimamente ligado a forte presença do PRONAF na região sul do país.

Ao verificar a Figura 27, relativa ao *Betweenness Centrality*, pode-se verificar que o feijão verde possui uma alta importância em relação aos produtos da região nordeste do Brasil (canto superior esquerdo), como já foi mencionado o *betweenness* mede a importância de um nó em relação a rede, ou seja, ao retirar-se um nó de alta magnitude de *betweenness* pode ocorrer a fragmentação da rede. Assim considerando a topologia da rede e o *betweenness* dos nós podemos indicar, por exemplo, que o feijão verde tem uma alta importância tanto para a rede global, mas principalmente para a macrorregião nordestina, desta forma uma política de financiamento pública como o PRONAF deveria fortalecer este produto de alto grau e *betweenness*, pois ao empoderá-lo estaria fortalecendo toda a rede a qual o feijão verde possui uma alta proximidade. Como foi visto, tal fato não ocorreu para o ano de 2006, mostrando que a política pública de financiamento para a agricultura familiar poderia adotar uma estratégia mais eficiente na busca do fortalecimento deste setor chave para segurança alimentar e nutricional do país.

Figura 27 – *Betweenness Centrality* - Feijão

Fonte: Autor

7 Conclusão

Neste trabalho investigamos a utilização do enfoque de sistemas complexos para analisar um fenômeno complexo por natureza, a produção agropecuária brasileira. Para tanto foi utilizado o método de Hidalgo B. Klinger (2007), entretanto, apesar de ter sido utilizada a mesma ferramenta estatística computacional destes autores, a aproximação feita da rede elaborada foi distinta. Fundamentalmente porque trata-se de uma rede regional (apenas o Brasil e sua produção agropecuária), ao contrário de Hidalgo B. Klinger (2007), onde consideraram todos os produtos dos países exportadores.

A rede gerada nesta dissertação ofereceu uma importante visualização da produção agropecuária do país, evidenciando aspectos que não poderiam ser percebidos fora do âmbito global, ou seja as relações entre todos os produtos entre si, possibilitando dessa forma análises específicas e regionais, evidenciando aspectos importantes que podem ser pertinentes para o desenho e avaliação de políticas públicas no âmbito da segurança e soberania alimentar e nutricional do Brasil. No caso dessa dissertação investigamos a espacialização da produção dos diversos tipos feijões (preto, cariquinho e verde) e a relação destes com financiamentos agrários (públicos, PRONAF e privados).

Uma limitação identificada é a necessidade de disponibilizar uma ferramenta de visualização da rede elaborada de maneira que qualquer estudioso do assunto possa "passear" pela rede fazendo suas próprias constatações. Por tratar-se de um produto impresso, a dissertação apenas evidenciou alguns aspectos chaves de apenas algumas culturas com objetivo de validar o método. Muitas outras importantes relações entre os produtos e as políticas públicas do campo agrário poderiam ser percebidas.

Considerando a dinâmica produtiva do país, uma fecunda futura abordagem seria a comparação desta rede elaborada (Censo Agropecuário 2006) com os dados relativos ao Censo Agropecuário de 2017. Ou seja, realizar uma análise comparativa entre a rede de 2006 e a de 2017, tal aproximação não foi feita neste trabalho por razão de que os dados do Censo 2017 não haviam sido consolidados pelo IBGE (sem dados das carnes, por exemplo) no período da execução deste trabalho.

Referências¹

- BARABÁSI, A. *Network Science*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 16, 17 e 19.
- BARABÁSI R. ALBERT, H. J. A. Mean-field theory for scale free random networks. *Physica A*, 1999. Citado na página 19.
- CRAMER, G. L. e. a. *Agricultural economics and egribusiness*. New York: John Wiley and Sons, 1997. Citado na página 25.
- ERDŐS, P.; RÉNYI, A. On random graphs. *Publicationes Mathematicae*, 1959. Citado na página 18.
- GARAGORRY F.; RAMOS, M. A. A. A concentração espacial e dinâmica da produtividade primária na agricultura brasileira no nível microregional. Embrapa SGI, 2017. Citado na página 26.
- GIRVAN, M.; NEWMAN, M. E. J. Community structure in social and biological networks. *PNAS*, 2002. Citado na página 43.
- HAUSMANN, R.; KLINGER, B. Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space. Harvard University Press, 2006. Citado 5 vezes nas páginas 14, 15, 22, 23 e 31.
- HIDALGO B. KLINGER, A. B. R. H. A. The product space conditions the development of nations. *Science* 317, 2007. Citado 5 vezes nas páginas 23, 54, 55, 56 e 67.
- HODGSON, G. M. Thorstein veblen and post darwinian economics. *Cambridge Journal of Economics*, v. 16, n. 3, 1992. Citado na página 25.
- IBGE, I. B. de Geografia e E. Censo agropecuário 2006. 2009a. Citado na página 64.
- LEAMER, E. Sources of comparative advantage: Theory and evidence. MIT Press, Cambridge MA, 1984. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 54.
- MALUF R; SPERANZA, J. Preços dos alimentos, modelos de agricultura e abastecimento alimentar no brasil: os casos da soja e do feijão. CPDA-UFRRJ, 2014. Citado 5 vezes nas páginas 26, 27, 63, 64 e 65.
- MILGRAM, S. The small world problem. *Psychology Today*, 1967. Citado na página 18.
- NELSON R. R. E WINTER, S. An evolutionary theory of economic change. Cambridge: Harvard University Press, 1982. Citado na página 25.
- NEWMAN, M. Clustering and preferential attachment in growing networks. *Phys. Rev. E* 64:025102, 2001. Citado na página 18.
- NEWMAN, M. E. J. *Networks, an introduction*. Oxford University Press, 2010. Citado na página 13.
- SCHUMPETER, J. A. The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. New York: Rutgers, 1911. Citado na página 25.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

VIANA, P. D. W. J. G. A. Uma perspectiva evolucionária da economia agrícola: o caso da produção ovina no brasil e uruguai. RESR, Piracicaba-SP, Vol. 52, Nº 03, 2014. Citado na página 26.

WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. Nature, 1998. Citado na página 18.