

## **ASSOCIAÇÃO ENTRE MEDIDAS DE CENTRALIDADE EM REDE E A GERAÇÃO DE CULTIVARES: UM ESTUDO COM CENTROS DE PESQUISA DA EMBRAPA.**

**NIBIA QUEIROZ DE PAULA**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Corte, Brasil  
nibia.paula@embrapa.br

**PAULO HENRIQUE NOGUEIRA BISCOLA**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Corte, Brasil  
paulo.biscola@embrapa.br

**JEOVAN DE CARVALHO FIGUEIREDO**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Brasil  
jeovan.figueiredo@ufms.br

**DENISE BARROS DE AZEVEDO**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Escola de Administração e Negócios, Brasil  
denise.azevedo@ufms.br

### **RESUMO**

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos, fibras e energia renovável do mundo, o que é fruto de fortes investimentos em PD&I nas últimas quatro décadas. Nesse contexto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) destaca-se como instituição central. Considerando-se que a inovação impulsiona a competitividade nacional e que a formação de redes promove o seu surgimento, este trabalho tem por objetivo determinar a associação entre medidas de centralidade em rede e a geração de cultivares por centros de pesquisa da Embrapa e seus parceiros. Como exemplo de cultivares podem ser citadas novas variedades de soja, milho, sorgo, algodão e forrageiras. Neste trabalho foram utilizadas duas medidas de centralidade: centralidade de grau, que consiste no quanto um ator está conectado, e centralidade de intermediação, baseada em quão bem situado um ator se encontra em termos de sua distância para com outros atores. Foi realizada pesquisa quantitativa, observacional e retrospectiva. As técnicas utilizadas foram análise de redes sociais e análise de regressão linear simples pelo método dos mínimos quadrados. Os dados secundários foram exportados do sistema CultivarWeb do MAPA. Foram analisadas 415 solicitações de proteção de cultivares da Embrapa entre os anos de 1998 e 2012. Pela análise estatística realizada, é possível dizer que o poder de explicação dos dois modelos de regressão é médio e que as centralidades são preditores significativos. Os betas dos dois modelos foram positivos, indicando que quanto maior o grau das medidas de centralidade, maior a geração de cultivares, o que corrobora o afirmado na literatura. Os resultados indicaram que padrões de interação voltados à busca de maior centralidade nas redes da Embrapa estão associados ao aumento da quantidade de cultivares geradas. Isso demonstra que a rede estudada propicia o aumento da aprendizagem e a criação de novos conhecimentos, conforme aumenta sua centralidade.

### **INTRODUÇÃO**

O agronegócio, que corresponde à soma dos setores produtivos aos de processamento do produto final e aos de fabricação de insumos, representa mais de um quarto do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CEPEA-USP e CNA, 2012). O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos, fibras e energia renovável do mundo, por isso tem grande importância para a segurança alimentar da população do planeta.

Davis e Goldberg (1957) definiram agronegócio como a soma total das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção na fazenda e do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles.

Para que o Brasil atingisse o desempenho que possui no agronegócio, o país investiu fortemente em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas últimas quatro décadas. A criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi um grande marco nesse processo. Após seu surgimento no cenário nacional, além de outros incentivos, o país começou a ter um grande aumento de sua produção, tornando-se um dos maiores produtores e exportadores mundiais no setor de agronegócios. O desenvolvimento de tecnologias genéticas e a introdução de novas cultivares tiveram um grande impacto nesse processo (Gouvea e Kassiech, 2012).

Organizações como a Embrapa são importantes para o desenvolvimento do agronegócio nacional, pois os sistemas agroindustriais enfrentam desafios constantes, como novos regulamentos, mudanças nas preferências dos consumidores, novos competidores, novas pragas e doenças e problemas com a saúde humana. Assim, várias fontes de conhecimento são necessárias para atuar nesse ambiente em constante mudança, o que requer uma rede densa de conexões, vez que muitos problemas não podem ser resolvidos por um único agente, necessitando da atuação em diferentes segmentos da cadeia de valor (The World Bank, 2006).

O conhecimento pode provir de organizações públicas de pesquisa, serviços técnicos dos setores público e privado, agências de desenvolvimento e outras empresas ou produtores. Portanto, no setor da agricultura contemporânea, a competitividade depende da inovação gerada por meio da colaboração entre esses diversos atores.

Dyer e Nobeoka (2000) enfatizam que a inovação está associada a redes, pois estas são formadas por diferentes agentes, os quais podem interagir e cooperar entre si de forma a favorecer o compartilhamento de conhecimentos que podem gerar inovação.

Seguindo essa lógica, no Brasil existe um sistema de parcerias de pesquisa agropecuária denominado Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). Ele é composto pela Embrapa e pelos Sistemas Estaduais de Pesquisa Agropecuária que reúnem em cada estado os seguintes órgãos públicos e privados: organizações estaduais de pesquisa agropecuária (OEPAs), sistema universitário de pesquisa e pós-graduação em apoio ao agronegócio brasileiro, empresas privadas e organizações não governamentais (ONGs) (Embrapa, 2003).

Historicamente, a PD&I no agronegócio tem sido incentivada pelo governo federal brasileiro. Os marcos recentes deste esforço são a Lei de Inovação, a Lei de Proteção de Cultivares, a Emenda Constitucional 85, o Fundo Setorial de Agronegócios (CT-AGRO) e o Plano ABC. A Lei nº 9.456/1997, de Proteção de Cultivares, foi criada com o objetivo de fortalecer e padronizar os direitos de propriedade intelectual sobre tal ativo de inovação. A Lei nº 10.973/2004, denominada Lei da Inovação, regulamentada pelo Decreto 5.563, foi criada para incentivar e legitimar a inovação, a fim de facilitar a interação entre universidades, instituições de pesquisa e o setor produtivo.

A recente Emenda Constitucional 85/2015 é considerada um marco na modernização da pesquisa científica e tecnológica no Brasil, pois atualiza e flexibiliza o texto da Constituição

Federal, com o objetivo de provocar mais dinamismo e interação entre os atores envolvidos no processo de inovação.

O CT-AGRO foi instituído em 2001, a fim de financiar as atividades de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico do setor do agronegócio. Já a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, conhecida por Plano ABC, com vigência de 2010 a 2020, é um dos planos setoriais formulados para impulsionar a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na agricultura.

Nota-se o papel fundamental que o agronegócio representa para a economia e para o desenvolvimento do Brasil. Além disso, observa-se a relevância das instituições de pesquisa e da implementação de políticas públicas para a produção de inovação a partir de PD&I.

De acordo com Porter (1990), a inovação é o ponto principal da prosperidade econômica. Para ele, as empresas ganham vantagens competitivas por meio de ações de inovação, as quais incluem novas tecnologias e novas formas de realizar as tarefas.

Para Van de Ven (1996), inovação pode ser definida como ideias que são desenvolvidas e implementadas. Dessa forma, Spender (1996) afirma que as ideias são criadas por indivíduos, mas o conhecimento destes é resultado do contexto social do qual fazem parte, no qual há interação com outros indivíduos. Assim, as ideias que são geradas por pessoas ou por grupos que interagem com mais pessoas têm acesso a maior quantidade de informação e conhecimento do que as geradas de maneira menos conectada (Björk e Magnusson, 2009).

Conforme Malerba e Vonortas (2009), a inovação é um fenômeno decorrente da formação de redes. Assim, as redes inter-organizacionais para inovação, ou simplesmente redes de inovação, são redes complexas de relacionamento entre empresas, universidades e outras organizações de pesquisa associadas à geração e ao compartilhamento de conhecimentos relevantes para a inovação tecnológica. Assim, as redes de inovação são consideradas uma característica fundamental da economia contemporânea.

Para Björk e Magnusson (2009), as redes sociais têm sido reconhecidas pela sua importância em propiciar aumento da aprendizagem e da criação de novos conhecimentos. Tal fenômeno acontece por meio de comunidades de práticas que formam, espontaneamente, grupos de pessoas com vistas ao intercâmbio de conhecimentos e, assim, ao fomento da inovação. Dessa forma, a análise de redes contribui para explorar os aspectos estruturais e relacionais das redes sociais dentro de uma organização.

No agronegócio, as premissas acima apontadas são essencialmente verdadeiras. A colaboração científica é um elemento crucial para conseguir-se resultados em PD&I (Paula, 2014). Deve-se considerar que as redes são necessárias para que a inovação ocorra na pesquisa agropecuária, atentando-se para os fatores destacados anteriormente.

Esse processo de inovação está associado à proteção intelectual que, de acordo com Buainain, Souza e Vieira (2008), abrange três grandes áreas: a proteção da propriedade industrial (patentes, marcas, entre outros), os direitos de autor e os direitos imateriais (*sui generis*), tais como a proteção de cultivares.

Por sua vez, a cultivar como modalidade de propriedade intelectual corresponde a uma nova variedade de planta de diferentes espécies e gêneros vegetais, destinada à produção agrícola. As cultivares são procedentes de programas de melhoramento vegetal realizados por instituições de pesquisa públicas e privadas que, geralmente, são gerenciadas por indústrias de sementes ou empresas a elas associadas, além de cooperativas (BRASIL, 2011).

De acordo com Spielman e Birner (2008), a quantidade de cultivares com certificados de proteção é um indicador clássico utilizado para aferir a inovação no setor agrícola, embora

outros indicadores sejam mais orientados ao sistema de inovação, como o número e a extensão da colaboração para pesquisa entre atores chaves do sistema.

Considerando-se que a inovação impulsiona a competitividade nacional e que a formação de redes promove o seu surgimento, este trabalho tem por objetivo determinar a associação entre medidas de centralidade em rede e a geração de cultivares por centros de pesquisa da Embrapa e seus parceiros. Para tanto, os métodos utilizados serão a análise de redes sociais e a análise estatística, esta envolvendo coeficiente de correlação e regressão linear simples. Como exemplo de cultivares podem ser citadas novas variedades de soja, milho, sorgo, algodão e forrageiras.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Redes de Inovação

As redes de inovação surgem em virtude do ambiente econômico e tecnológico ser cada vez mais complexo. Assim, apenas a cooperação motivada por interesses mútuos entre as instituições não é mais suficiente. Tendo em vista as novas demandas da sociedade, observa-se a necessidade de as organizações focadas em inovação articularem-se para alcançar resultados conjuntos. Fala-se, assim, no compartilhamento de significados e não apenas de interesses. A partir disso, conforme Melo e Agostinho (2007) relatam, surgem as redes interorganizacionais, que proporcionam a constituição e a consolidação dos vínculos entre os atores.

Uma característica importante das redes de inovação é que o processo de inovação tem caráter interativo e sistêmico, o que faz com que a aprendizagem aconteça em virtude da interação. A capacidade de gerar, aplicar e disseminar novos conhecimentos transcende a esfera da empresa individual e passa a acontecer por meio da interação constante entre empresas e outras organizações e instituições. A formação das redes de inovação pode ser motivada também pela redução da incerteza e da complexidade inerentes ao processo de inovação, principalmente em relação aos fatores associados à demanda (Alves *et al.*, 2004; De Pellegrin *et al.*, 2007).

Para Newman (2006), uma rede é um conjunto de itens, que podem ser chamados de vértices ou nós, com conexões entre eles, chamadas arestas ou vínculos. A tais características estruturais são ainda agregadas as características dos relacionamentos entre os nós, que definem, portanto, um cenário no qual tanto as características estruturais quanto relacionais importarão na análise das redes.

De acordo com Jackson (2008), o conjunto  $N = \{1, \dots, n\}$  é composto de atores que são envolvidos em uma rede de relacionamentos. O autor enfatiza que os atores podem ser indivíduos, empresas ou outras organizações.

Algumas características estruturais possuem implicações na análise de redes (como a posição do ator na rede) que podem influenciar a movimentação de ativos, informação e *status*, com consequente assimetria de recursos. As implicações das características estruturais fazem com que alguns atores adquiram mais benefícios competitivos dos seus laços relacionais na rede do que outros, como apresentado na subseção seguinte, que trata dos aspectos estruturais da rede.

### Aspectos estruturais: centralidades

Burt (1992) afirma que atores que ocupam uma posição central possuem um capital social maior do que outros membros da rede, o que acontece em virtude desses atores poderem exercer domínio sobre as relações dos outros, tirar vantagem por saberem de algo que outros não sabem e mobilizar indivíduos sem intervenções dos outros atores.

Assim, informações sobre o quanto um ator é central podem ser muito importantes, assim como noções que de alguma forma capturam a posição de um ator em uma rede podem ser úteis. A

centralidade, conforme relata Jackson (2008), é uma medida micro que permite comparar atores e dizer algo sobre como determinado ator se relaciona com a rede inteira.

Para Steiner (2006) a centralidade, que caracteriza a posição relativa dos atores em uma rede, é mais elevada à medida que o ator possui um número maior de conexões com outros atores. Muitas medidas diferentes de centralidade têm sido desenvolvidas e cada uma delas tende a identificar diferentes aspectos do conceito. Neste trabalho serão utilizadas duas medidas de centralidade: Centralidade de Grau (*Degree Centrality*) e Centralidade de Intermediação (*Betweenness Centrality*).

A centralidade de grau consiste em quanto um ator está conectado. A medida de centralidade, para um ator individual, refere-se ao grau do ator,  $d(n_i)$ , que é obtido pelo número de relações que são incidentes sobre ele. O grau de um ator é uma contagem que varia de 0 (onde o ator é considerado isolado), se não houver atores adjacentes, até um máximo de  $n - 1$ , quando um ator possui relações com todos os outros atores no gráfico, em que  $n$  corresponde a todos os atores da rede (Wasserman e Faust, 1994).

Dessa forma, obtém-se a centralidade de grau ( $C_D(n_i)$ ) de um ator por meio da equação:

$$C_D(n_i) = d(n_i) = x_{i+} = \sum_j x_{ij} = \sum_j x_{ji}.$$

Na qual

$n_i$  representa um ator;

$d(n_i)$  corresponde ao grau do ator;

$n$  refere-se ao número de atores de uma rede;

$x_{i+}$  representa o grau de um ator;

$\sum x_{ij}$  é uma notação de matriz, que corresponde ao grau de um ator.

Para Wasserman e Faust (1994), um ator com alto grau de centralidade representa onde a ação acontece na rede. Nesse caso, ele está em contato direto ou é adjacente a muitos outros atores. Por isso, deve ser reconhecido como um grande canal de informação relacional. De fato, ele é uma peça fundamental na rede e ocupa localização central. Por outro lado, se o ator está completamente isolado ( $d(n_i) = 0$ ), a sua remoção da rede não tem efeito sobre as relações que estão presentes.

Segundo Yan e Ding (2009), atores com grau maior de centralidade tendem a ter maior capacidade de influenciar os outros. Já Tsai (2001) afirma que a centralidade de grau é importante também no sentido de influenciar positivamente o desempenho da inovação.

Para Hansen, Shneiderman e Smith (2011), a centralidade de grau é uma simples contagem do número total de conexões ligadas a um ator, podendo ser considerada como uma espécie de medida de popularidade, mas é uma medida bruta que não reconhece a diferença entre quantidade e qualidade. Os autores exemplificam que essa medida não faz a distinção entre um ator que é o presidente dos Estados Unidos e outro que é um estudante que abandonou a escola. Sendo assim, torna-se importante apresentar outra medida de centralidade mais complexa, a centralidade de intermediação.

A centralidade de intermediação é uma medida proposta por Freeman (1977), baseada em quão bem situado um ator se encontra em termos de sua distância para com outros atores. Na

centralidade de intermediação, o ator atua como intermediador entre outros, de forma que, de acordo com Wasserman e Faust (1994), um ator é central quando se situa entre outros em suas geodésicas (menor distância que une dois atores), o que implica em que, para ter uma grande centralidade de intermediação, o ator deve estar entre muitos dos atores através de suas geodésicas.

Wasserman e Faust (1994) concluíram que ter maior centralidade de intermediação possibilita mais controle sobre o fluxo de informações, ou mesmo mais controle da interação entre atores. Everett e Borgatti (2005) compartilham da mesma suposição, acrescentando que maior grau de centralidade está relacionado positivamente com capital social.

Para Yin *et al.* (2006), indivíduos com alta centralidade de intermediação em uma rede são os pivôs do fluxo de conhecimento, que é crítico para o desenvolvimento de novos produtos ou ideias inovadoras.

A equação que calcula centralidade de intermediação de um ator, apresentada por Jackson (2008), é a seguinte:

$$C e_i^B(g) = \sum_{k \neq j: i \notin \{k, j\}} \frac{P_i(kj) / P(kj)}{(n-1)(n-2)/2}$$

Na qual:

$P_i(kj)$  - denota o número de geodésicas (caminhos mais curtos) entre  $k$  e  $j$  em que  $i$  se encontra;

$P(kj)$  - é o número total de geodésicas entre  $k$  e  $j$ ;

De acordo com Jackson (2008), a centralidade de intermediação assume valores entre 0 e 1. Quanto mais próxima de 1 for a centralidade de intermediação do ator  $i$ , ele se posiciona com o máximo de caminhos curtos conectando  $k$  e  $j$ ; quanto mais próximo de 0, o ator  $i$  é menos crítico para  $k$  e  $j$ .

Hansen *et al.* (2011) complementam a centralidade de intermediação como uma medida da frequência com que determinado ator encontra-se no caminho mais curto entre outros dois atores. O ator intermediário poderia ser considerado uma "ponte", o que permite medir o quanto a sua remoção romperia as conexões entre outros atores na rede. Retoma-se, assim, o conceito de fenda estrutural, que é uma conexão ausente entre dois atores. Onde quer que dois ou mais grupos não consigam conectar-se, pode-se argumentar que há uma fenda estrutural, uma lacuna existente à espera de ser preenchida.

Nesta seção foi apresentado o referencial teórico sobre as redes de inovação e a centralidade, medida de posição dos atores na rede. A próxima seção trata da metodologia adotada.

## METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa de natureza quantitativa, na qual foram utilizados dados secundários.

O estudo conduzido é caracterizado como observacional e retrospectivo. Observacional por se tratar de dados coletados sem interferência direta na forma como surgiram. Os dados foram apenas observados da maneira como foram criados. Retrospectivo em razão de que os dados foram coletados após a ocorrência dos eventos. Em geral, ao contrário de estudos experimentais, os estudos observacionais podem oferecer evidências de uma associação entre variáveis, mas não podem, por si sós, mostrar uma relação de causalidade (Diez, Barr e Çetinkaya-Rundel, 2012).

## Dados de Pesquisa

A Embrapa foi selecionada por ser responsável por coordenar o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), por ser considerada uma das principais instituições do sistema nacional de inovação no agronegócio do Brasil e por assumir papel de destaque na pesquisa agropecuária do país.

Atualmente a Embrapa conta com 46 unidades descentralizadas presentes em todas as regiões do Brasil, as quais trabalham na geração de conhecimento e tecnologias para a agropecuária tropical. É composta por um quadro de mais de 9.700 empregados, dos quais cerca de 2.500 são pesquisadores. Seu orçamento anual é de 2,6 bilhões de reais (Embrapa, 2015).

Os dados secundários utilizados na pesquisa são da base de dados de cultivares chamada CultivarWeb, disponibilizada pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) brasileiro, ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Foram levantados dados associados à variável “melhorista” e referentes à vinculação institucional dos indivíduos observados em relação às unidades da Embrapa. Nessa base de dados não são identificadas as unidades da Embrapa como depositantes ou titulares, apenas aparece o nome Embrapa, já que as solicitações de proteção de cultivares são centralizadas na sede da Embrapa, em Brasília-DF.

Como mecanismo de busca semântica para a base de dados CultivarWeb, do SNPC, foi digitada a palavra-chave “Embrapa”. Assim, os resultados compreenderam todas as solicitações de proteção de cultivares realizadas pela instituição, incluindo todas as deferidas, em análise, indeferidas, em processo de caducidade, arquivamento e extinção.

Para a análise de redes foi considerada a rede de atores formada por organizações, que incluem instituições parceiras e unidades da Embrapa. Já a identificação do vínculo institucional entre melhoristas e suas respectivas unidades da Embrapa foi realizada por meio de uma consulta à base de dados de currículos da Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

As informações do Lattes referem-se ao ano de 2013 e podem, eventualmente, não representar com precisão o vínculo institucional de todos os melhoristas. No entanto, no caso de um pesquisador da Embrapa ter mudado de unidade e essa mudança haver sido indicada em seu currículo, bem como o período em que se deu, a vinculação do pesquisador foi feita com a unidade a que ele pertencia no ano da solicitação de proteção da cultivar.

No total, foram levantados, durante os meses de junho e julho de 2013, 442 solicitações de proteção de cultivares da Embrapa referentes aos anos de 1998 a 2012. Essa quantidade de observações resultou das buscas que foram realizadas na base do SNPC-MAPA, das quais foram retiradas informações de todas as cultivares que estavam em nome da Embrapa até aquele momento.

Depois de um refinamento, por questões metodológicas, algumas observações foram excluídas em função da inexistência de informações referentes a melhoristas ou às unidades a que estavam vinculados.

Tendo por base tais critérios de exclusão, foram analisadas, no total, 415 solicitações de proteção de cultivares. Com esses dados, foi possível identificar 46 atores da rede organizacional de cultivares. Estes incluem 25 unidades da Embrapa e 21 atores organizacionais externos à Embrapa. A partir desses dados, realizou-se a análise de redes sociais, cujo procedimento apresenta-se na sequência.

## Método de Análise de Redes Sociais

Uma observação pode ser associada a outra por meio das conexões de rede. Assim, se houver uma conexão entre os atores  $i$  e  $j$ , isso indica que os atores podem influenciar um ao outro, de modo que suas variáveis de atributos tornam-se semelhantes entre si (Robins, Lewis, e Wang, 2012).

A abordagem da análise de redes, de acordo com Salmon *et al.* (2013), envolve o uso de redes para descrever informações ou conceitos implícitos de consciência e de relações entre os atores.

Neste trabalho, a análise de redes sociais foi realizada por meio do software livre Gephi, versão 0.8.1, que possibilita a exploração e manipulação de redes e gráficos. Sua arquitetura é flexível e multitarefa, o que permite trabalhar com conjuntos de dados complexos e produzir resultados visuais valiosos. Ele fornece acesso fácil e amplo aos dados de rede e permite a espacialização, filtragem, navegação, manipulação e agrupamento, o que possibilita visualização dinâmica das redes. O software fornece resultados métricos para as medidas que foram utilizadas neste trabalho, a saber: número de atores, número de laços relacionais e medidas de centralidade (Bastian, Heymann, e Jacomy, 2009).

Assim, por meio do software Gephi foram verificadas as centralidades de grau e de intermediação das redes de geração de cultivares. O quadro 1 resume as medidas de centralidade adotadas:

*Quadro 1 - Resumo das medidas de centralidade.*

<i>Medida de centralidade</i>	<i>Definição</i>	<i>Intervalo do resultado</i>
<i>Centralidade de Grau</i>	<i>Número de relações que são incidentes em um ator.</i>	<i>De 0 a <math>n - 1</math> (Onde <math>n</math> representa o total de atores em uma rede)</i>
<i>Centralidade de Intermediação</i>	<i>Frequência com que um ator aparece em caminhos mais curtos entre os atores da rede.</i>	<i>De 0 a 1 (Quanto mais próximo de 1, mais central é o ator e quanto mais próximo de 0, menos central é o ator)</i>

Fonte: Adaptado de Wasserman e Faust (1994).

Além da análise da centralidade na rede, foram realizadas análises estatísticas apresentadas na seção a seguir.

### **Análise estatística**

Foram utilizados o coeficiente de correlação e a análise de regressão linear simples para compreender as associações entre centralidade e solicitações de proteção de cultivares. Assim, para a análise da correlação foi utilizado o indicador Coeficiente de Correlação do Produto de Momentos de Pearson ou simplesmente Coeficiente de Pearson, que mede a força relativa de uma relação linear entre duas variáveis numéricas em que os coeficientes de correlação variam entre -1, para uma correlação negativa perfeita, e +1, para uma correlação positiva perfeita. Quanto maior a qualidade do ajuste (ou associação linear), mais próximo de -1 ou +1 estará o valor do coeficiente  $r$  (Berenson, Levine, e Krehbiel, 2011; Martins e Domingues, 2011).

Foi realizada análise de regressão linear simples, na qual uma única variável numérica independente,  $X$ , é usada para estimar a variável numérica dependente  $Y$ . A análise de regressão permite identificar o tipo de relação matemática que existe entre a variável dependente e a independente, bem como quantificar o efeito das mudanças que a variável independente tem sobre a variável dependente (Berenson, Levine, e Krehbiel, 2011).

A qualidade do modelo ajustado é medida pelo coeficiente de determinação, também denominado coeficiente de explicação, dado pelo valor de  $R^2$ . Seu valor varia de 0 até 1. De acordo com Martins e Domingues (2011),  $R^2$  demonstra a proporção da variação total que é explicada à reta de regressão de X sobre Y.

As condições de linearidade, normalidade e homoscedasticidade dos resíduos, necessárias à análise de regressão linear, foram testadas por meio dos gráficos de dispersão das variáveis e de resíduos, histograma de resíduos e gráfico de probabilidade normal dos resíduos (Diez, Barr e Çetinkaya-Rundel, 2012).

Dessa forma, para verificar-se a associação entre geração de inovação e posição dos atores nas redes recorreu-se à análise de regressão linear simples. Como medida da geração de inovação considerou-se a quantidade de solicitações de proteção de cultivares, verificada separadamente com cada medida de centralidade. Os atores analisados são as unidades da Embrapa e as medidas de posicionamento avaliadas são centralidade de grau e centralidade de intermediação.

Como resultados, são apresentados na seção seguinte os gráficos de dispersão com a reta de regressão, as equações de regressão, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o p-valor. As equações foram testadas utilizando-se o Método dos Mínimos Quadrados. Para tanto, empregou-se o software livre de estatística R, combinado com o software RStudio. Note-se que para todas as análises considerou-se um nível de confiança de 95%.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Análise da centralidade das redes de inovação da Embrapa

De acordo com Rodrigues (2009), por meio de medidas de centralidade é possível caracterizar uma rede e medir a importância relativa de cada ator. Foram consideradas duas medidas: Centralidade de Grau (*Degree Centrality*) e Centralidade de Intermediação (*Betweenness*). Tais medidas foram analisadas com a rede organizacional de cultivares, separadamente.

#### *Centralidade da rede de Cultivares*

O quadro 2 apresenta as 25 unidades da Embrapa da rede organizacional de cultivares e suas medidas individuais para a quantidade de solicitações de proteção de cultivares (de 1998 a 2012), baseadas na centralidade de grau e na centralidade de intermediação.

Quadro 2 - Quantidade de solicitações de proteção de cultivares realizadas entre 1998 e 2012 e centralidades das unidades da Embrapa.

<i>Unidades da Embrapa</i>	<i>Solicitações de proteção de cultivares</i>	<i>Centralidade de grau</i>	<i>Centralidade de intermediação</i>
<i>Embrapa Arroz e Feijão</i>	61	25	0,232
<i>Embrapa Soja</i>	172	25	0,227
<i>Embrapa Cerrados</i>	62	20	0,152
<i>Embrapa Clima Temperado</i>	34	13	0,137
<i>Embrapa Trigo</i>	101	13	0,040
<i>Embrapa Produtos e Mercado</i>	7	11	0,061
<i>Embrapa Agropecuária Oeste</i>	17	9	0,013
<i>Embrapa Milho e Sorgo</i>	73	9	0,116
<i>Embrapa Roraima</i>	6	9	0,023
<i>Embrapa Meio-Norte</i>	18	8	0,060

<i>Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia</i>	3	7	0,010
<i>Embrapa Agrossilvopastoril</i>	5	5	0,000
<i>Embrapa Acre</i>	1	4	0,000
<i>Embrapa Algodão</i>	28	4	0,043
<i>Embrapa Hortaliças</i>	8	4	0,042
<i>Embrapa Pecuária Sudeste</i>	1	4	0,000
<i>Embrapa Rondônia</i>	6	4	0,012
<i>Embrapa Amazônia Ocidental</i>	9	3	0,000
<i>Embrapa Estudos e Capacitação</i>	2	3	0,000
<i>Embrapa Tabuleiros Costeiros</i>	4	2	0,000
<i>Embrapa Gado de Leite</i>	5	1	0,000
<i>Embrapa Semiárido</i>	1	1	0,000
<i>Embrapa Uva e Vinho</i>	9	1	0,000
<i>Embrapa Gado de Corte</i>	2	0	0,000
<i>Embrapa Mandioca e Fruticultura</i>	3	0	0,000

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do SNPC-MAPA.

Ao todo, 25 unidades da Embrapa enviaram, sozinhas ou com parceiros, solicitações de proteção de cultivares ao MAPA durante o período de 1998 a 2012. A média de solicitações de proteção de cultivares por unidade foi de 25,52, sendo possível observar-se que 7 das 25 unidades estão acima dessa média.

Nota-se que a Embrapa Arroz e Feijão e a Embrapa Soja tiveram, juntas, a maior centralidade de grau da rede organizacional de cultivares, que é de 25. Quanto à centralidade de intermediação, a Embrapa Arroz e Feijão também é o ator mais central, com a Embrapa Soja em segundo lugar. Comparando-se o período de 1998 a 2012, houve no total 415 solicitações de proteção de cultivares, tendo sido a Embrapa Soja responsável por 172 solicitações, individuais ou junto a um parceiro, o que a torna a Unidade com maior número de solicitações de proteção de cultivares da Embrapa no período.

Já o segundo ator com maior número de solicitações é a Embrapa Trigo, com 101 solicitações dentre individuais e em parceria. Esta unidade é o quarto ator mais central em relação à centralidade de grau, cujo valor é 13, juntamente com a Embrapa Clima Temperado. Em relação à centralidade de intermediação, a Embrapa Trigo é o 10º ator mais central. A Embrapa Clima Temperado realizou 34 solicitações de proteção de cultivares durante o período e é o quarto ator com maior centralidade de intermediação.

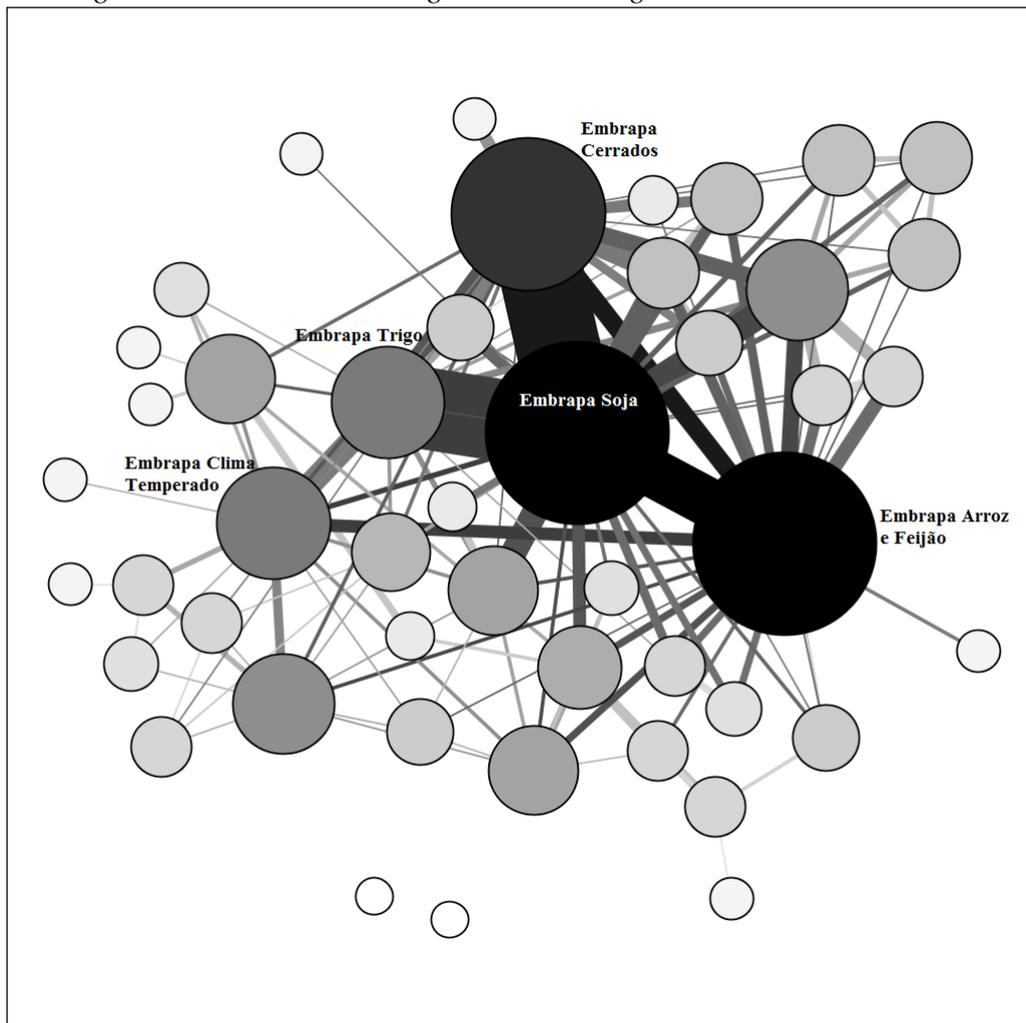
Com relação à centralidade, destaca-se também a Embrapa Cerrados com a centralidade de grau 20, terceiro maior valor da rede. Apresentou o terceiro maior valor quanto à centralidade de intermediação também (0,152) e realizou 62 solicitações de proteção de cultivares ao MAPA.

A Embrapa Milho e Sorgo é o terceiro ator com mais solicitações de proteção de cultivares, totalizando 73. É o quinto ator mais central em relação à centralidade de intermediação, com valor de 0,116, e apresentou uma posição não muito central em relação à centralidade de grau, com valor de 9, o que corresponde ao 7º ator mais central, juntamente com a Embrapa Agropecuária Oeste e a Embrapa Roraima.

Observa-se que há apenas duas unidades com grau nulo de centralidade de grau, quais sejam: Embrapa Gado de Corte e Embrapa Mandioca e Fruticultura. A primeira realizou 2 solicitações de proteção de cultivares e a segunda realizou 3.

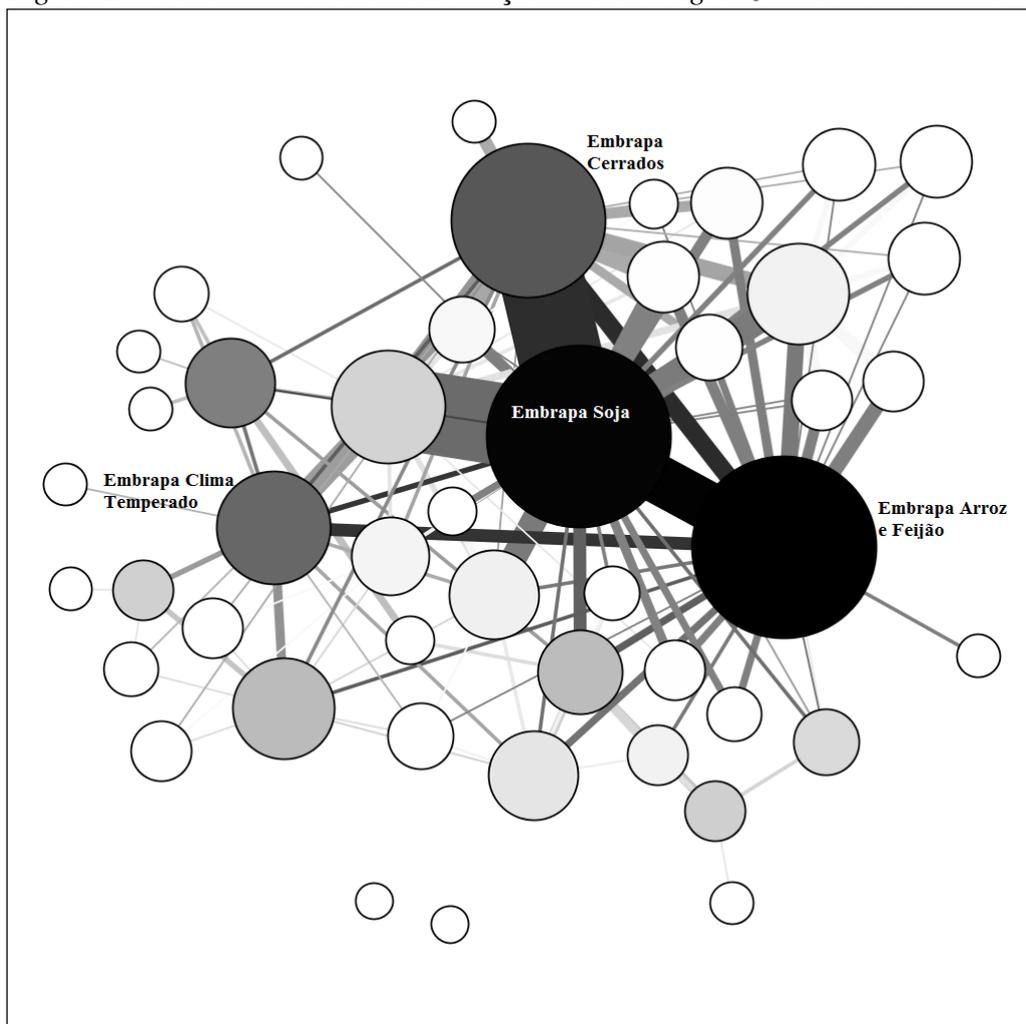
As figuras 1 e 2 mostram a posição e o impacto das quatro unidades da Embrapa com maior número de cultivares geradas e centralidades de grau e de intermediação.

*Figura 1 – Centralidade de grau da rede organizacional de cultivares.*



*Fonte: Elaborado pelos autores.*

Figura 2 - Centralidade de intermediação da rede organizacional de cultivares.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar desses resultados terem mostrado que, de modo geral, há uma relação positiva de centralidade com maior solicitação de proteção de cultivares, de acordo com Björk e Magnusson (2009), a centralidade apresenta limites. Tais limites refletem no argumento de que a criação de ideias de inovação de alta qualidade pode ser vista como uma função degrau, que até certo nível de centralidade da rede ainda proporcionará inovação de alta qualidade, mas acima desse nível o efeito de ser melhor conectado não é necessariamente positivo (Björk e Magnusson, 2009).

Apesar de a centralidade de grau e a centralidade de intermediação serem conceitualmente distintas, vez que a primeira mede apenas as conexões que o ator possui e a segunda considera o ator como uma ponte e mede suas geodésicas entre outros atores, observou-se que os quatro atores mais centrais, considerando-se ambas as medidas, são os mesmos.

De qualquer forma, há indícios de que a centralidade dos atores esteja contribuindo para a inovação, pois os atores mais centrais da rede são os que mais realizaram solicitações de proteção de cultivares no período. Assim, esses atores assumem grande importância para a inovação e tal observação corrobora com Tsai (2001), no sentido de que a centralidade de grau influencia positivamente o desempenho da inovação.

## Associação entre solicitações de proteção de cultivares e medidas de centralidade

Buscando uma perspectiva geral do padrão nas redes de inovação, calculou-se o Coeficiente de Pearson entre as medidas de centralidade e a quantidade de solicitações de proteção de cultivares. As medidas de centralidade analisadas correspondem apenas às unidades da Embrapa.

*Tabela 1 - Correlação entre a quantidade de solicitações de proteção de cultivares e as medidas de centralidade.*

	<i>Quantidade de solicitações de proteção de cultivares</i>	<i>Centralidade de grau</i>	<i>Centralidade de intermediação</i>
<i>Quantidade de Solicitações de Proteção de Cultivares</i>	1		
<i>Centralidade de Grau</i>	0,786*	1	
<i>Centralidade de Intermediação</i>	0,779*	0,921*	1

*Fonte: Elaborado pelos autores.*

Para Berenson, Levine e Krehbiel (2011), o coeficiente de correlação mede a força relativa de uma relação linear entre duas variáveis numéricas em que os coeficientes de correlação variam entre -1 e +1, correspondendo a, respectivamente, uma correlação negativa perfeita e uma correlação positiva perfeita. Assim, a tabela 1 mostra que ambas as medidas de centralidade apresentam uma correlação significativa e positiva em relação à quantidade de solicitações de proteção de cultivares, sendo que a centralidade de grau apresenta o maior valor, de 0,786, o que indica uma média correlação, de acordo Martins e Domingues (2011). Com um valor um pouco abaixo, de 0,779, a correlação entre a quantidade de solicitações de proteção de cultivares e a centralidade de intermediação também é média. Essas correlações médias entre a quantidade de solicitações de proteção de cultivares e as duas medidas de centralidades sugerem que, de certa forma, as medidas de centralidade podem contribuir com a geração da inovação.

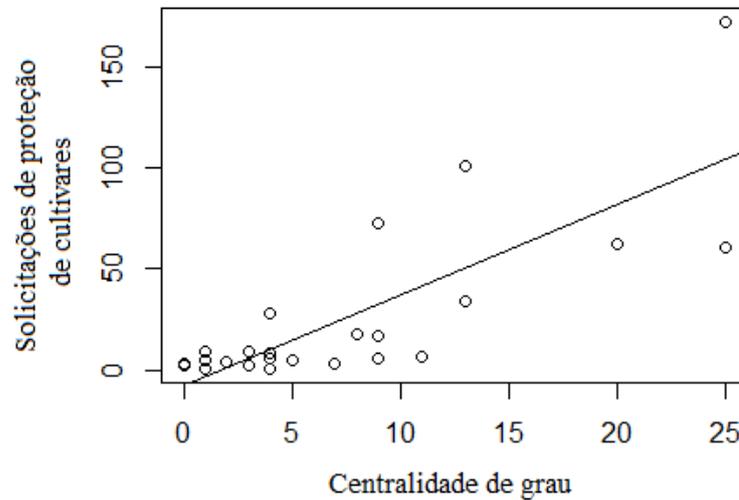
Buscando-se uma análise mais aprofundada para estabelecer-se possível relação funcional entre as medidas de centralidade e as solicitações de proteção de cultivares, entende-se ser necessário realizar-se análise de regressão linear simples, apresentada na próxima subseção.

### Associação da centralidade com as solicitações de proteção de cultivares.

O gráfico 1 representa a dispersão das associações entre as solicitações de proteção de cultivares e a centralidade de grau.

Gráfico 1 – Gráfico de dispersão da associação entre solicitações de proteção de cultivares e centralidade de grau.

$$Y = -7,45 + 4,45 X \quad R^2 = 0,618 \quad p\text{-valor} \approx 0$$



Fonte: elaborado pelos autores.

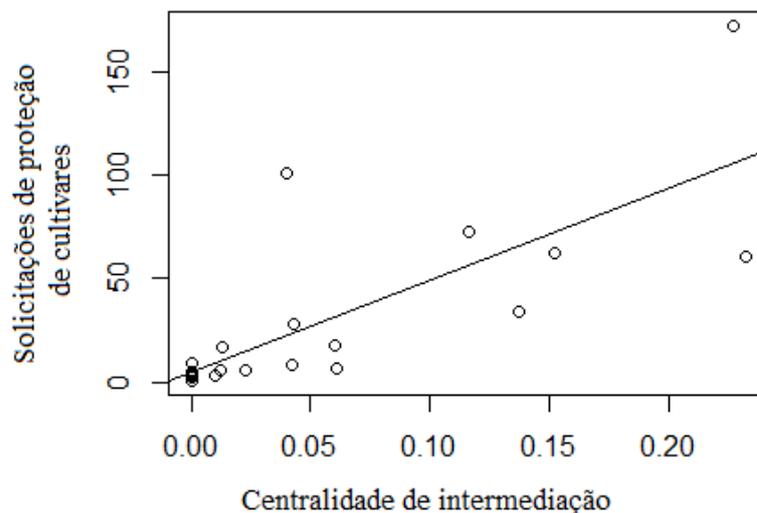
Pela análise realizada é possível constatar-se que 61,8% da variabilidade da quantidade de solicitações de proteção de cultivares da Embrapa é explicada pela centralidade de grau. Esse valor do coeficiente de determinação indica que o poder de explicação do modelo é médio, de acordo com Martins e Domingues (2011). Como o p-valor encontrado foi de aproximadamente zero, pode-se afirmar que a centralidade de grau é um preditor significativo da quantidade de solicitações de proteção de cultivares pelas unidades da Embrapa.

O beta encontrado foi positivo, de 4,45, o que significa que, para cada aumento de um grau na centralidade de grau, pode-se esperar, em média, o aumento de 4,45 nas solicitações de proteção de cultivares que envolvem uma unidade da Embrapa.

O gráfico 2 apresenta a associação entre solicitações de proteção de cultivares e a centralidade de intermediação.

Gráfico 2 - Gráfico de dispersão da associação entre solicitações de proteção de cultivares e centralidade de intermediação.

$$Y = 4,62 + 447,25 X \quad R^2 = 0,607 \quad p\text{-valor} \approx 0$$



Fonte: elaborado pelos autores.

A centralidade de intermediação explica em 60,7% a variabilidade da quantidade de solicitações de proteção de cultivares da Embrapa. De acordo com Martins e Domingues (2011), esse poder de explicação do modelo é médio. Maior centralidade de intermediação pode gerar maior domínio sobre o fluxo de informações ou sobre o controle da relação entre atores, de acordo com Wasserman e Faust (1994).

Como o p-valor encontrado foi de aproximadamente zero, pode-se afirmar que a centralidade de intermediação também é um preditor significativo da quantidade de solicitações de proteção de cultivares pelas unidades da Embrapa. Exerce, ainda, papel importante para a inovação desses centros de pesquisa, vez que ficou evidente a relação positiva e significativa entre tal medida e a quantidade de solicitações de proteção de cultivares feitas ao longo do período entre os anos de 1998 e 2012.

O beta encontrado foi positivo, de 447,25, o que significa que, para cada aumento de 0,01 grau na centralidade de intermediação, pode-se esperar, em média, aumento de 4,47 nas solicitações de proteção de cultivares que envolvem uma unidade da Embrapa.

Os resultados confirmam as ideias defendidas por Yin *et al.* (2006), que sugerem que atores com alta centralidade de intermediação, por controlarem o fluxo de conhecimento, são de grande importância para o desenvolvimento de novos produtos ou de ideias inovadoras, como ocorre, por exemplo, com as cultivares.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou determinar a associação entre a centralidade de um ator na rede e a geração de cultivares. Para tanto, foram analisadas 415 solicitações de proteção de cultivares feitas pela Embrapa desde o ano de 1998 até 2012.

As medidas de centralidades de grau e de intermediação foram utilizadas para descrever as estruturas das redes de inovação identificadas. Apesar de as medidas serem diferentes, os resultados foram bem próximos, o que demonstra que os atores mais centrais em relação à centralidade de grau o são também em relação à centralidade de intermediação. As unidades de pesquisa da Embrapa mais centrais foram: Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Soja, Embrapa Cerrados e Embrapa Clima Temperado.

Foi verificada a relação entre as medidas da centralidade de grau e de intermediação e a geração de cultivares. Os resultados mostraram haver correlação significativa tanto entre a centralidade de grau e as solicitações de proteção de cultivares quanto entre a centralidade de intermediação e as solicitações de proteção de cultivares.

Por meio de duas análises de regressão linear simples pode-se observar que 61,8% e 60,7% da variabilidade da quantidade de solicitações de proteção de cultivares da Embrapa são explicados pela centralidade de grau e pela centralidade de intermediação, respectivamente. Além disso, os betas dos dois modelos foram positivos, o que indica que quanto maior o grau das medidas de centralidade, maior a geração de cultivares, corroborando, assim, o afirmado na literatura (Spender, 1996; Dyer e Nobeoka, 2000; Tsai, 2001; Yin, Kretschmer, Hanneman, e Liu, 2006; Björk e Magnusson, 2009; Malerba e Vonortas, 2009).

Os resultados demonstraram que padrões de interação voltados à busca de maior centralidade nas redes da Embrapa estão associados ao aumento da quantidade de solicitações de proteção de cultivares. Isso demonstra que a rede estudada propicia o aumento da aprendizagem e a criação de novos conhecimentos, conforme aumenta sua centralidade.

Como contribuição para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos em outras redes de inovação em diferentes setores produtivos, bem como com diferentes ativos de inovação. Como objeto de tais estudos podem ser citadas patentes, softwares e marcas, a fim de verificar-se se os resultados são semelhantes. Também podem ser realizados estudos de caso nas unidades da Embrapa com maior desempenho inovador para compreensão dos motivos que levaram a esse resultado e à identificação de boas práticas que possam ser adotadas em outros centros de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J. da S., Sousa, T. R. V., Moutinho, L. M. G., e Cavalcanti, P. F. M. B. Filho, (2004), Arranjos produtivos e inovativos locais de calçados: um estudo comparativo dos APILs de Franca/SP e Campina Grande/PB. Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP). Brasil: Bauru.
- Bastian, M., Heymann, S. e Jacomy, M. (2009), Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM). Unites States of America: San Jose.
- Berenson, M. L., Levine, D. M. e Krehbiel, T. C., (2011), Basic business statistics: Concepts and applications. Boston: Pearson.
- Björk, J. e Magnusson, M. (2009), Where do good innovation ideas come from? Exploring the influence of network connectivity on innovation idea quality. *Journal of Product Innovation Management*, 26(6), 662-670.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2011), Proteção de Cultivares no Brasil. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS.
- Buainain, A. M., Souza, R. C. B. C., Vieira, A. C. P (2008), Propriedade intelectual e inovação na agricultura e saúde. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, 2(2), 58-68.

Burt, R. S. (1992), *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge: Harvard University Press.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo - CEPEA-USP e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA, (2012), PIB do Agronegócio.

Davis, J. e Goldberg, R, (1957), *The genesis and evolution of agribusiness*. Boston: Harvard University.

De Pellegrin, I., Balestro, M. V., Antunes, J. A. V. Jr., e Caulliraux, H. M. (2007), Redes de inovação: construção e gestão da cooperação pró-inovação. São Paulo. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, 42(3), 313-325.

Diez, D. M., Barr, C. D., e Çetinkaya-Rundel, M. (2012), *OpenIntro Statistics*. CreateSpace independent publishing platform.

Dyer, J., e Nobeoka, K. (2000), Creating and managing a high performance knowledge-sharing network: the Toyota case. *Philadelphia. Strategic Management Journal*, 21, 345-367.

Emenda Constitucional 85, de 26 de fevereiro de 2015 (2015), Altera e adiciona dispositivos na Constituição Federal para atualizar o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação. *Diário Oficial da União*. Brasília: DF: Ministério do Desenvolvimento.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2015), A Embrapa. Recuperado em 28 fevereiro, 2015, de [www.embrapa.br](http://www.embrapa.br).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003), *Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002 – 2012*. Recuperado em 05 dezembro, 2013, de [http://bbeletronica.sede.embrapa.br/bibweb/bbeletronica/2003/inst/inst\\_04.pdf](http://bbeletronica.sede.embrapa.br/bibweb/bbeletronica/2003/inst/inst_04.pdf).

Everett, M. G. e Borgatti, S. P (2005), Extending centrality. Boston. *Models and methods in social network analysis*, 35(1), 57-76.

Freeman, L. C. (1977), A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40(1), 35-41.

Gouvea, R. e Kassicieh, S (2012), Bridging the innovation divide: the Brazilian experience. *Novo México. Thunderbird International Business Review*, 54(3), 275-289.

Hansen, D., Shneiderman, B. e Smith, M. A., (2011), *Analyzing social media networks with NodeXL: Insights from a connected world*. Amsterdam: Morgan Kaufmann.

Jackson, M. O., (2008), *Social and economic networks*. Princeton: Princeton University Press.

Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997 (1997). Dispõe sobre Instituição da Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília: DF: Ministério do Desenvolvimento.

Lei n. 10.973, de 02 de dezembro de 2004 (2004). Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília: DF: Ministério do Desenvolvimento.

Malerba, F. e Vonortas, N. S., (eds.) (2009), *Innovation networks in industries*. Northampton: Edward Elgar Publishing.

Martins, G. A. e Domingues, O, (2011), *Estatística Geral e Aplicada (4a ed.)*. São Paulo: Atlas.

Melo, M. A. C. D. e Agostinho, M. C. E (2007), Gestão Adaptativa: uma proposta para o gerenciamento de redes de inovação. *Revista de Administração Contemporânea*, 11(2), 93-111.

Newman, M. E. (2006), Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577-8582.

Paula, N. Q. de (2014), *Redes de Inovação Tecnológica no Agronegócio*. Campo Grande, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dissertação (Mestrado em Administração).

Porter, M. E., (1990), *A vantagem competitiva das nações*. Rio de Janeiro: Campus.



Robins, G., Lewis, J. M. e Wang, P. (2012), Statistical network analysis for analyzing policy networks. Policy Studies Journal, 40(3), 375-401.

Rodrigues, D. M. de S. (2009), Detecção de comunidades no sistema de correio electrónico universitário. Lisboa, Instituto Superior de Ciências e Tecnologias de Informação, Departamento de Ciências e Tecnologias de Informação.

Salmon, P. M., Lenné, M. G., Young, K. L. e Walker, G. H. (2013), An on-road network analysis-based approach to studying driver situation awareness at rail level crossings. Accident Analysis & Prevention, 58, 195-205.

Spender, J. C. (1996), Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm. Strategic management journal, 17, 45-62.

Spielman, D. J., e Birner, R. (2008), How innovative is your agriculture? Using innovation indicators and benchmarks to strengthen national agricultural innovation systems. Washington D.C.: World Bank.

Steiner, P. (2006), A sociologia econômica. São Paulo: Atlas.

The World Bank (2006), Enhancing Agricultural Innovation: How to go Beyond the Strengthening of Research Systems. Retrieved May 15, 2013, from [http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/Enhancing\\_Ag\\_Innovation.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/Enhancing_Ag_Innovation.pdf)

Tsai, W. (2001), Knowledge transfer in intraorganizational networks: Effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance. Academy of management journal, 44(5), 996-1004.

Van de Ven, A. H. (1986), Central problems in the management of innovation. Management science, 32(5), 590-607.

Wasserman, S. e Faust, K., (1994), Social network analysis: Methods and applications. Cambridge: Cambridge university press.

Yan, E. e Ding, Y. (2009), Applying centrality measures to impact analysis: A coauthorship network analysis. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60(10), 2107-2118.

Yin, L. C., Kretschmer, H., Hanneman, R. A. e Liu, Z. Y. (2006), Connection and stratification in research collaboration: An analysis of the COLLNET network. Information Processing & Management, 42(6), 1599-1613.