



Revista de Administração da Unimep
E-ISSN: 1679-5350
gzograzian@unimep.br
Universidade Metodista de Piracicaba
Brasil

Coutinho Barboza, Adonis Pedro; Maia Laruccia, Mauro
REDES DE INOVAÇÃO: OS EFEITOS DA COLABORAÇÃO EM INDÚSTRIAS DE
PETRÓLEO E GÁS
Revista de Administração da Unimep, vol. 14, núm. 1, enero-abril, 2016, pp. 220-241
Universidade Metodista de Piracicaba
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273745301009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

REDES DE INOVAÇÃO: OS EFEITOS DA COLABORAÇÃO EM INDÚSTRIAS DE PETRÓLEO E GÁS

INNOVATION NETWORKS: THE EFFECTS OF COLLABORATION ON OIL AND GAS INDUSTRIES

Adonis Pedro Coutinho Barboza (Petrobras e PUC/SP) *adoniscoutinhobarboza@gmail.com*

Mauro Maia Laruccia (PUC/SP UNISO) *mauro.laruccia@gmail.com*

Endereço Eletrônico deste artigo: <http://www.raunimep.com.br/ojs/index.php/regen/editor/submissionEditing/1057#scheduling>

Resumo

A colaboração é uma premissa do pensamento sistêmico que fundamenta a teoria das redes sociais. Entretanto, as análises multivariadas de redes ainda não desenvolveram um modelo genérico que explique esta relação. Este trabalho qualitativo relaciona métricas de rede ao desempenho de inovação em patentes da Sinopec Limited, Royal Dutch Shell, British Petroleum e Total S.A, tendo por objetivo responder à seguinte pergunta: há efeitos da colaboração na produtividade em obtenção de patentes para estas empresas, considerando-se as métricas de rede grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia? Os atores sociais são agentes diretos sobre a estrutura dos relacionamentos, pois modificam, rompem ou constroem novos vínculos. É possível avaliar o comportamento no grupo social pelas características dos seus vínculos. Neste sentido, a análise de redes é uma ferramenta para o estudo da ação social aplicável no nível estrutural, individual e relacional. O *corpus* deste trabalho é composto por 1.811 concessões de patentes relacionadas à área de conhecimento C10, que diz respeito ao seguimento de petróleo, gases combustíveis e lubrificantes. Foram identificados 3.213 pesquisadores nas redes de inovação das patentes coletadas. A Sinopec reúne 1.902 pesquisadores e representa 59% do *corpus* do trabalho. Ela é seguida pela Shell com 640 (20%) pesquisadores, a British com 382 (12%) e a Total com 289 (9%). No que diz respeito aos resultados, a comparação dos intervalos confirma que a Sinopec apresenta maior produtividade em patentes em relação a amostra, considerando-se um nível descritivo *p-value* < 0,05 e um intervalo de confiança de 0,95. A British, a Shell e a Total, por sua vez,

apresentam semelhantes níveis e não podem ser diferenciadas em produtividade em patentes com base na análise descritiva conduzida. Foram identificados modelos de regressão com níveis de significância R^2 de 59,03% para a Total, 42,43% para a British, 39,10% para a Sinopec e 14,14% para a Shell. Ainda que os modelos aqui apresentados sejam restritos às empresas investigadas, eles apresentam resultados estatisticamente significativos que explicam a produtividade em patentes, confirmando as hipóteses enunciadas e servindo de base para trabalhos futuros. Eles são válidos e podem contribuir nas atividades de gestão, ainda que não sejam capazes de prever a produtividade das redes de inovação.

Palavras-chave: Redes sociais. Colaboração. Inovação. Patentes.

Abstract

Collaboration is a premise of thinking systems that underlies the theory of social networks. However, multivariate analyzes networks have not yet been developed a generic model that explains this relationship. This qualitative work related network metrics to the innovation performance of Sinopec Limited patents, Royal Dutch Shell, British Petroleum and Total SA, aiming to answer the following question: there are effects of collaboration on productivity in obtaining patents for these companies, considering if such network metrics degree of centrality, structural gaps and hierarchy? Social actors are direct agents on the structure of relationships, because change, break or build new links. It can evaluate the behavior in the social group by the characteristics of their ties. In this sense, the network analysis is a tool for the study of social action applicable on the structural individual and relational level. The corpus of this work consists of 1.811 patent grants related to the area of knowledge C10, with regard to the following oil, fuel gases and lubricants. 3,213 researchers were identified in innovation networks of the collected patents. Sinopec brings together 1,902 researchers and represents 59% of the work corpus. This is followed by Shell 640 (20%) researchers, British 382 (12%) to total of 289 (9%). With regard to the results of the comparison confirms that SINOPEC intervals has a higher productivity patents than the sample, considering a descriptive level p-value <0.05 and a confidence interval of 0.95. British, Shell and Total, in turn, have similar levels and can not be differentiated productivity patents conducted based on the descriptive analysis. Regression models were identified with R^2 significance levels of 59.03% for Total, 42.43% for the British, 39.10% for Sinopec and 14.14% for Shell. Although the models presented here are restricted to companies investigated, they have statistically significant results that explain the productivity of patents, confirming the stated

hypotheses and providing the basis for future work. They are valid and can contribute in management activities, although they are not able to predict the productivity of innovation networks.

Keywords: Social Networks. Collaboration. Innovation. Patents.

Artigo recebido em: 11/10/2015

Artigo aprovado em 29/01/2016

1 Introdução

A relação entre colaboração e produtividade é uma premissa na construção das teorias administrativas, mas não foi estatisticamente testada ao ponto de definir um modelo explicativo genérico. Sob a perspectiva de redes, ainda que alguns estudos tenham sido conduzidos, não foi definida a combinação de variáveis que melhor expliquem esta relação. Bulkley e Alstyne (2004, p. 3, 2006, p. 18) correlacionaram as métricas grau de centralidade, centralidade de intermediação e lacunas estruturais com o desempenho em equipes de 39 e 47 recrutadores, identificando níveis de significância R^2 entre 0,19 e 0,40 e entre 0,16 e 0,49. Kang et al. (2011, p. 1072), por sua vez, correlacionou reputação e centralidade com o desempenho em equipes virtuais com 100 atendentes, identificando níveis de significância R^2 entre 0,086 e 0,496. Neste sentido, a realização de novos estudos é importante, pois a comparação de resultados suporta a seleção das variáveis adequadas e aprimora a estruturação dos modelos explicativos.

Este trabalho investiga hipóteses sobre os efeitos da colaboração nas redes de inovação em patentes da British Petroleum, Royal Dutch Shell, Sinopec Limited e Total S.A., tendo por objetivo responder às seguintes perguntas: há efeitos da colaboração na produtividade em obtenção de patentes para estas empresas, considerando-se as métricas de rede grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia? Se existem efeitos, quão impactantes eles são? Há variáveis que podem aumentar o poder explicativo de um modelo? É possível prever a produtividade em patentes com as variáveis selecionadas?

De acordo com Lin (1999), a análise social é mais efetiva se for restrita à extensão dos relacionamentos, pois dá maior coerência às métricas examinadas. Neste sentido, as hipóteses deste trabalho são investigadas nos limites das empresas, considerando o nível descritivo (*p-value*) e o nível de significância (R^2) apresentados no quadro de hipóteses (Quadro 1). Eles

Redes de inovação: os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás

Adonis Pedro Coutinho Barboza, Mauro Maia Laruccia

definem a aceitação das hipóteses para um $p\text{-value} < 0,1$ e $R^2 \geq 0,2$ e a rejeição para um $p\text{-value} \geq 0,1$ ou $R^2 < 0,2$.

Quadro 1 - Hipóteses sobre os efeitos das variáveis na produtividade

Hipótese	Considerações
H0: não há efeitos das variáveis selecionadas sobre a produtividade	Se a hipótese for verdadeira, a regressão simples para as variáveis identificará um nível descritivo $p\text{-value}$ maior ou igual a 0,1.
H1: há efeitos das variáveis selecionadas sobre a produtividade	Se a hipótese for verdadeira, a regressão simples para as variáveis identificará um nível descritivo $p\text{-value}$ menor que 0,1.
H1a: os efeitos das variáveis selecionadas são significativos	Se a hipótese for verdadeira, a regressão múltipla para as variáveis identificará um nível de significância R^2 para as variáveis maior que 0,2.
H1b: a adequação das variáveis melhora o poder explicativo	Se a hipótese for verdadeira, a regressão múltipla final identificará um nível de significância R^2 para modelo maior que 0,7.
H1c: é possível prever a produtividade com os modelos	Se a hipótese for verdadeira, os resíduos apresentarão um nível descritivo $p\text{-value}$ maior que 0,05 no teste Anderson-Darling de normalidade.

Fonte: elaborado pelo autor

Sob uma perspectiva racional, a coautoria em patentes ocorre quando os pesquisadores esperam ganhos em sua realização. Se, ao contrário, eles esperam vantagens de sua monopolização, interessa-lhes restringir a colaboração. Neste sentido, a teoria das redes sociais tem um importante campo de aplicação para compreender o relacionamento entre pesquisadores em setores de alta tecnologia.

O *corpus* do trabalho é composto por patentes obtidas pelas empresas selecionadas. As patentes têm um importante campo de aplicação para o estudo da inovação, pois desempenham a função de fonte de informação tecnológica. Elas são um objeto de pesquisa onde é possível testar hipóteses e promover desenvolvimentos científicos na área de Administração. O grau de centralidade, a hierarquia e as lacunas estruturais são os três construtos do modelo de análise presentes na discussão que será conduzida nas próximas seções.

2 Relações Sociais

A coesão das relações sociais foi objeto de estudo no trabalho de Coleman (1998). Ele sugere que uma estrutura social ótima consiste em redes densas e interconectadas. Afirmar ainda que a interconexão produz sinergia e fortalece grupos que reconhecem as trocas sociais e compartilham regras de convívio. O fechamento das relações parte do princípio de que as pessoas mantêm laços com quem têm algo em comum.

Granovetter (2009) também contribuiu com as discussões sobre a coesão nos grupos sociais. Ele propôs o conceito de imersão social que foi a base para o estabelecimento da sociologia econômica. O autor questiona a lógica da ação racional orientada às escolhas econômicas. A semelhança dos contextos aproxima os atores sociais e eles interagem e trocam experiências em processos de diálogo, aprendizagem e ação conjunta. Em contextos semelhantes, as relações são facilmente acordadas, pois se baseiam na boa fé. Em Granovetter (2009), a colaboração tem destaque, pois o autor sugere que a imersão social influencia as pessoas a adotar comportamentos gratuitos com base em afinidades.

A abertura das relações, por outro lado, parte do princípio de que o convívio prolongado com os mesmos atores é estressante e deteriora as relações. Simmel (2010) foi um precursor sobre o estudo das relações sociais em sua pesquisa sobre a vida nas metrópoles. A abertura das relações foi amplamente debatida em sua investigação empírica. O autor afirma que a expansão das metrópoles responde ao efeito maçante da convivência contínua com os seus iguais. Ele destaca que a busca de novos relacionamentos atende a uma característica humana de aprender pelas diferenças.

Granovetter (1983) também pesquisou empiricamente a relevância da diversidade nas relações sociais. Em seu estudo, ele defende a promoção de laços fracos para agregar novos conhecimentos aos relacionamentos. Para o autor, os vínculos redundantes não renovam informações e têm pouco valor para estruturar relações sociais.

Burt (1992), por sua vez, sugere que a estrutura ótima terá lacunas provocadas por atores conectados com outras redes. Os vínculos resultantes das redes de colaboração são importantes veículos para obtenção de conhecimento externo. Os laços fracos e as lacunas estruturais são recursos estratégicos que viabilizam a eficácia da ação coletiva produzida pelo capital social (LIN, 1999). Por outro lado, a abertura influencia a reciprocidade dos comportamentos, uma vez que as relações distantes tomam por base regras com menor contexto social e são mais racionalizadas.

3 Análise das Redes

A análise de redes é uma ferramenta para o estudo da ação social aplicável nos níveis estrutural, individual e relacional. Ela adota métricas que aprimoram a investigação das relações sociais. No nível estrutural, a conectividade define e detecta os componentes de rede – locais com propriedades específicas de coesão, como a alta densidade. No nível do indivíduo, o principal conceito é a centralidade – uma família de propriedades relacionada à

importância estrutural ou proeminência de um indivíduo na rede. Finalmente, no nível relacional, a equivalência estrutural diz respeito à extensão na qual os pares de atores ocupam papéis nas redes, como se eles fossem similares.

A centralidade é um importante conceito na teoria das redes sociais. Ela confere ao indivíduo uma vantagem estratégica. Quanto maior o número de conexões, maiores os recursos de rede que um indivíduo pode acionar para favorecer situações. Os atores centrais têm uma situação social mais favorável quando comparados aos periféricos, na rede. Eles possuem mais alternativas para satisfazer suas necessidades, uma vez que acumulam mais vínculos. Neste sentido, o exame das relações considera as obrigações e expectativas. São elas que sustentam a estrutura e na sua concentração surge confiança para constituir e manter os grupos sociais.

A intermediação é um aspecto de um conceito mais amplo da centralidade, pois indica o potencial que um indivíduo tem para exercer controle. Ela pode conferir a capacidade de arbitrar contatos, extrair vantagens, isolar atores e prevenir contatos. A intermediação é um tipo particular de centralidade que identifica com que frequência um indivíduo intermedeia a relação entre outros dois. É uma medida do poder potencial que um ator pode invocar para interromper fluxos ou distorcer informações, a fim de que sirvam ao seu próprio interesse.

A realização de um indivíduo é, em parte, em função dos recursos que seus laços sociais lhe permitem acessar. A estrutura da rede e a posição individual são fatores cruciais para prever resultados (BURT, 2004). Uma vez que é pela intermediação que as redes se envolvem, expandem e promovem mudanças significativas, os agentes intermediários exercem um papel significativo sobre o destino da rede de relacionamentos.

Os atores intermediários também exercem um papel fundamental, pois vinculam os atores periféricos aos atores centrais. Eles são representantes das diretrizes sistêmicas responsáveis por desdobrar orientações ao longo da estrutura social. As pessoas que realizam a intermediação das redes sociais densas merecem destaque, pois são canais privilegiados de comunicação. Eles são agentes responsáveis pelo isolamento ou relacionamento das redes intermediadas. A intermediação, além de ser uma característica estrutural, é um processo que envolve motivação e oportunidade. As oportunidades são decorrentes das conexões na estrutura da rede, pois é possível criar novas relações para obter informação e conhecimento (BURT, 1992).

4 Restrição Social

Os atores são agentes diretos sobre a estrutura dos relacionamentos, pois modificam, rompem ou constroem novos vínculos sociais. É possível avaliar o comportamento no grupo social pelas características dos seus vínculos. Neste sentido, a restrição mede o efeito da ação dos intermediários, uma vez que eles são terceiros (*tertius*) capazes de determinar a estrutura dos relacionamentos (BURT, 1992; OBSTEFELD; BORGATTI; DAVIS, 2014).

O valor de uma relação não é definido nos limites das conexões imediatas. A distribuição dos vínculos na estrutura social deve ser considerada. A restrição (*constraint*) é uma medida resumo que considera o contexto social (BURT, 1992). Ela mede a concentração dos vínculos diretos e indiretos nas redes. Se a restrição for alta, os vínculos com o indivíduo serão originários de poucos relacionamentos. Se a restrição for baixa, os vínculos com o indivíduo serão originários de muitos relacionamentos.

4.1 Papéis Sociais

Nas redes, um ator pode agir como um comunicador, um oportunista ou um facilitador (OBSTEFELD; BORGATTI; DAVIS, 2014). No papel de comunicador, ele é o condutor de informações. Sua presença pode ser um vínculo não redundante, ou seja, o único caminho de contato. Neste papel, ele tem destaque, uma vez que os novos relacionamentos são importantes fontes de novidades e a inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações. No papel de oportunista, ele filtra e trata as informações antes de trocá-las. Ele procura impedir o estabelecimento de novos vínculos para manter a exclusividade da sua posição. É possível ainda distorcer informações e influenciar a percepção que outros atores têm entre si. Agindo assim, ele estimula situações sociais que lhe sejam mais interessantes.

No papel de facilitador, o ator promove novos vínculos entre os atores que ele conecta. O exercício do seu papel reestrutura as redes, promove integração e fortalece o capital social. Agindo assim, ele conquista destaque, uma vez que atrai o reconhecimento dos participantes que obtêm vantagem com os novos vínculos estabelecidos. Ele poderá ainda ser o nó central da nova estrutura que será constituída pelos novos relacionamentos. O papel exercido pelos atores merece especial atenção, pois tem impacto na continuidade ou na interrupção do ciclo social.

4.2 Posição Privilegiada

A posição privilegiada tem relação com o papel exercido na estrutura social. O número de vínculos que um ator acumula, diferente do que ocorre na centralidade, não tem relação com esta posição estrutural. Um ator em uma posição privilegiada é intermediário de redes densas em relacionamentos. Ele será o único canal de contato entre as redes. Sua posição permite influenciar a comunicação, promover a aproximação ou manter o distanciamento entre os participantes. A intermediação e a restrição indicam estágios da ação social que reconfiguram as redes. Atitudes oportunistas restringem novos vínculos e dificultam o desenvolvimento da rede e da inovação.

Na proposta de Lin (1999), a localização individual é um conceito que relaciona a concentração de capital social com a posição do indivíduo na estrutura social. Ela aplica os conceitos propostos por Burt (1992), de lacunas estruturais e por Granovetter (1983), de laços fracos na análise de redes sociais. Ela permite identificar a concentração de capital social na estrutura social. O nível de intermediação restringe a efetividade social dos grupos que ficam sujeitos à restrição provocada por agentes delegados ou representantes. A intermediação contém as sementes da apropriação indevida das vantagens adquiridas pelo esforço individual dos membros. Em grupos fragmentados, a concentração de capital social em delegados ou representantes é mais intensa.

Considerando-se o nível de intermediação e restrição, as ações dos intermediários podem ser isoladas, periféricas, oportunistas ou colaborativas. Atores com baixo nível de intermediação estão isolados na dinâmica das estruturas sociais. Eles não serão acionados na criação de novos relacionamentos, pois não representam o caminho mais curto de conexão. O aumento da sua imersão e o fortalecimento do seu contexto social são efeitos que dependem de outros atores.

Com o fortalecimento do contexto social, o indivíduo se aproxima do centro da rede de relacionamentos. A localização individual favorecida permite que suas ações tenham efeitos periféricos na estrutura social. Ele poderá ainda tomar parte dos caminhos curtos de conexão que conferem poder de barganha nos relacionamentos intermediados. Se o indivíduo optar por manter sua posição privilegiada, ele irá dificultar o relacionamento entre os atores que intermedeia. Sua ação oportunista mantém lacunas estruturais (*structural holes*) que distanciam os atores e interrompem a dinâmica social. Esses espaços vazios representam para um indivíduo a distância entre as suas conexões indiretas (BURT, 1992). Finalmente, caso opte pelo fortalecimento do capital social, suas ações irão facilitar o relacionamento entre os

atores nos quais ele promove a intermediação. Sua ação colaborativa elimina as lacunas e permite que o ciclo social atinja seu propósito.

5 Método de Pesquisa

Este trabalho investiga os efeitos da colaboração em redes de inovação em patentes das indústrias de petróleo e gás, considerando-se as métricas grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia. As ferramentas de coleta e análise foram estruturadas durante o período de janeiro a outubro de 2014 no UCINET (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002), e os dados secundários foram coletados no período de agosto a dezembro de 2014. As estatísticas para os intervalos de confiança e as regressões foram obtidas no MINITAB 17.

O *corpus* do trabalho é composto pelas patentes obtidas pelas empresas. Elas foram escolhidas por estarem entre as sete empresas de energia com maior receita líquida em 2013. São 1.811 concessões de patentes relacionadas à área de conhecimento C10, que diz respeito ao seguimento de petróleo, gases combustíveis e lubrificantes (Tabela 1).

Tabela 1 - Corpus do trabalho

Empresa	Patentes	%
British	378	21%
Shell	484	27%
Sinopec	715	39%
Total	234	13%
	1.811	100%

Fonte: Google (2014)

As patentes são excelentes fontes de pesquisa, pois são validadas e celebram um contrato legal entre a sociedade e o inventor (LEMOS, 2011). Por desempenhar a função de fonte de informação tecnológica, as patentes têm um importante campo de aplicação para o estudo da teoria de redes para inovação.

O tratamento dos dados é fundamental em estudos que utilizam ferramentas de análise de redes, pois os erros têm efeitos sobre a composição da rede e o cálculo das suas variáveis (BORGATTI; EVERETT; JOHNSON, 2013). Nesta pesquisa, foram tratados os seguintes erros: 1) a duplicidade dos registros; e 2) a grafia dos nomes dos inventores. A duplicidade de registro foi corrigida pela listagem e reagrupamento da base de dados. Os registros foram examinados até que o número da patente fosse um identificador único, sem repetição nos dados coletados. A duplicidade atribui uma quantidade equivocada de patentes concedidas à rede de pesquisa. Os erros de grafia foram observados no nome dos inventores. A presença do ponto na abreviação do nome ou o acento tônico era interpretado com um novo pesquisador,

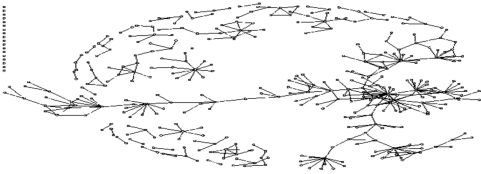
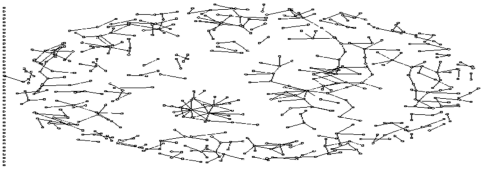

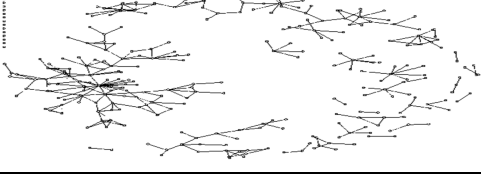
impactando a rede e as suas métricas. Os nomes foram listados e corrigidos consecutivamente até que os erros não gerassem mais duplicidades.

O grau de centralidade, as lacunas estruturais e a hierarquia são as variáveis independentes selecionadas para indicar o nível de colaboração nas redes. Elas foram calculadas na rotina UCINET 6, denominada *structural holes* no método *ego network model* (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002). As lacunas estruturais foram calculadas na rotina UCINET 6, denominada *reinforced structural holes*. A hierarquia, as lacunas estruturais e a restrição utilizam o algoritmo proposto por Burt (1992). Os indiretos foram calculados na rotina UCINET 6, denominada *structural holes* no método *whole network model*.

6 Análise e Resultados

No que diz respeito às redes de inovação, foram identificados 3.213 pesquisadores nas patentes coletadas. A Sinopec reúne 1.902 pesquisadores e representa 59% do corpus do trabalho (Quadro 2). Ela é seguida pela Shell com 640 (20%) pesquisadores, a British com 382 (12%) e a Total com 289 (9%).

Quadro 2 – Médias do grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia

British Petroleum (382 pesquisadores)		Grau de centralidade 1,974
		Lacunas estruturais 0,127
		Hierarquia 0,629
Royal Dutch Shell (641 pesquisadores)		Grau de centralidade 1,3
		Lacunas estruturais 0,087
		Hierarquia 0,572
Sinopec Limited (1.902 pesquisadores)		Grau de centralidade 2,606
		Lacunas estruturais 0,154
		Hierarquia 0,630
Total S. A. (289 pesquisadores)		Grau de centralidade 2,035
		Lacunas estruturais 0,135
		Hierarquia 0,563

Fonte: elaborado pelo autor no UCINET 6 com os dados da pesquisa

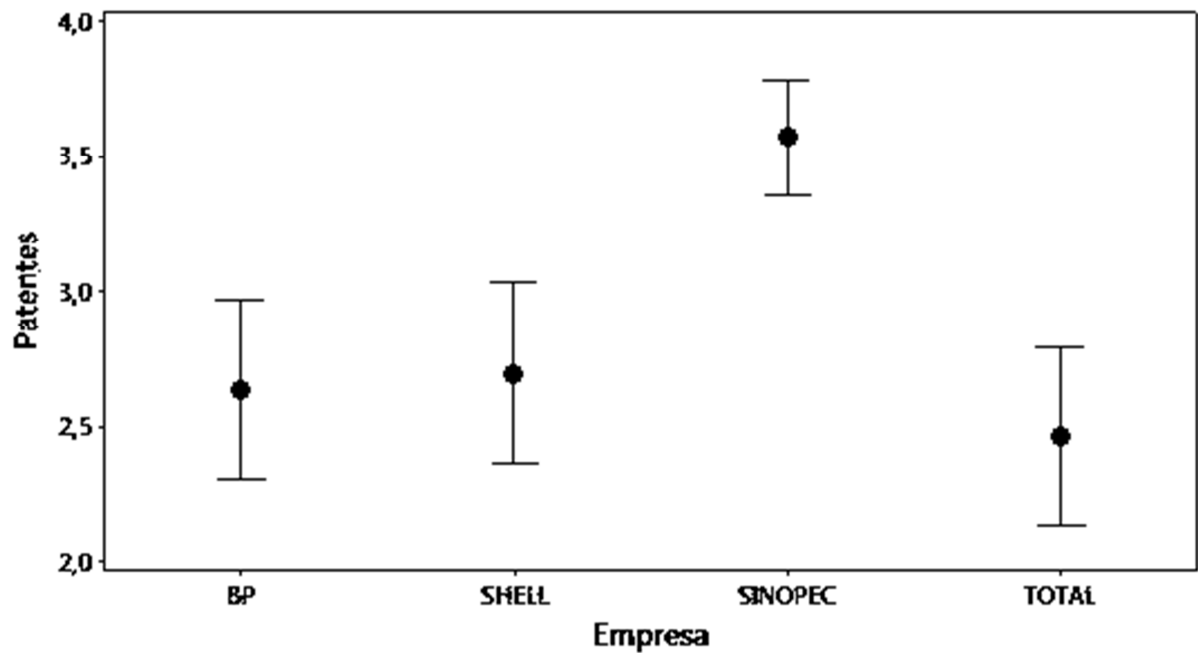
A centralidade confere ao indivíduo uma vantagem estratégica. A análise sugere que a Sinopec é a empresa como maior grau médio de centralidade, no valor de 2,606, seguida pela Total, com 2,035, a British com 1,974 e a Shell com 1,3. As lacunas estruturais, por sua vez, são espaços vazios que distanciam os atores sociais das suas conexões indiretas (BURT, 1992). A Sinopec é a empresa que apresenta o maior nível médio de lacunas estruturais, no valor de 0,154, seguida pela Total, com 0,135, a British, com 0,127 e a Shell com 0,087. A hierarquia, finalmente, representa vínculos sociais restritos a um ator específico. A Sinopec possui maior nível médio de hierarquia na rede, no valor de 0,630, seguida pela British com 0,629, a Total com 0,563 e a Shell com 0,572.

Embora a análise descritiva observe diferenças entre as redes de inovação, ela não oferece afirmações conclusivas. É importante conduzir testes estatísticos sobre os intervalos de confiança para as médias, bem como regressões para identificar o nível de correlação das variáveis e o poder explicativo dos modelos. Ainda que a teoria de redes sociais sugira que o grau de centralidade, as lacunas estruturais e a hierarquia produzam impacto na produtividade (FREEMAN, 1979; BURT, 1992), somente na estruturação dos modelos estatísticos é possível afirmar em que medida as variáveis são adequadas para explicar esta causalidade teórica.

6.1 Estudos de Comparação

Os estudos de comparação suportam conclusão sobre médias para a análise de redes. A comparação dos intervalos confirma que a Sinopec apresenta maior produtividade em patentes em relação ao grupo, considerando-se um nível descritivo $p\text{-value} < 0,05$ e um intervalo de confiança de 0,95 (Figura 1). A British, a Shell e a Total, por sua vez, apresentam semelhantes níveis e não podem ser diferenciadas em produtividade em patentes com base na análise descritiva conduzida.

Figura 1 – Análise de variância para produtividade em patentes



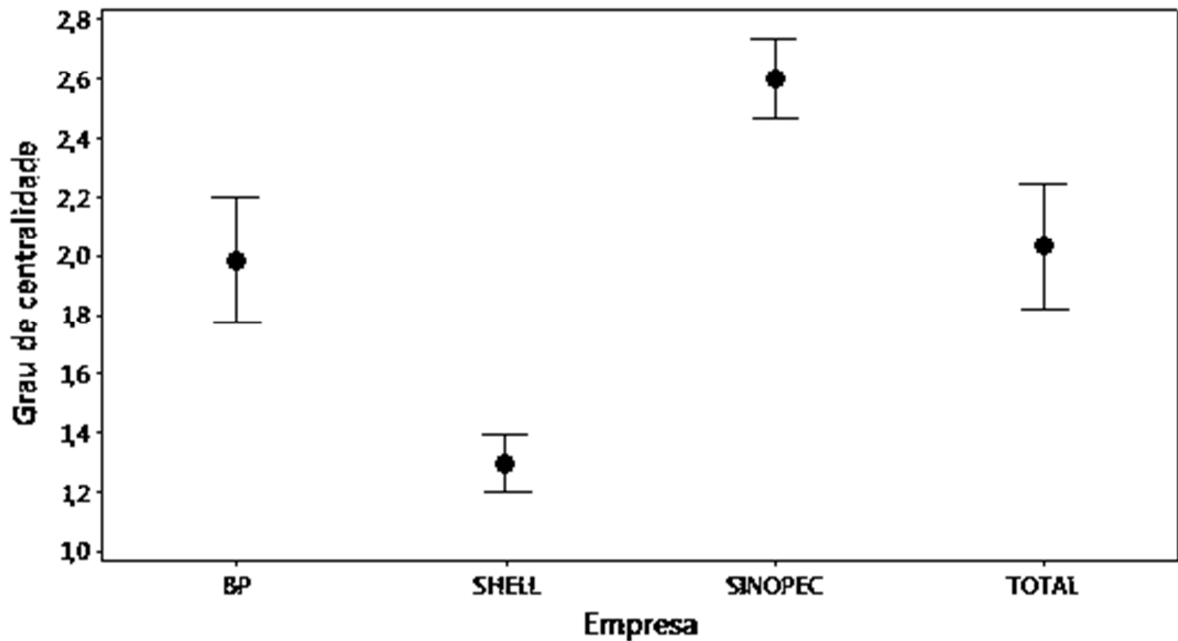
Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

No que diz respeito ao grau de centralidade, é possível afirmar que a Sinopec apresenta o maior resultado, seguida pela British e a Total, que apresentam intervalos semelhantes (Figura 2). A análise concluiu ainda que a Shell é a empresa que apresenta menor nível de centralidade. A Sinopec, empresa com maior produtividade em patentes, é a que tem o maior grau de centralidade. Neste sentido, é possível inferir alguma relação entre o grau de centralidade e a produtividade em patentes pela observação dos intervalos.

Redes de inovação: os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás

Adonis Pedro Coutinho Barboza, Mauro Maia Laruccia

Figura 2 – Análise de variância para o grau de centralidade



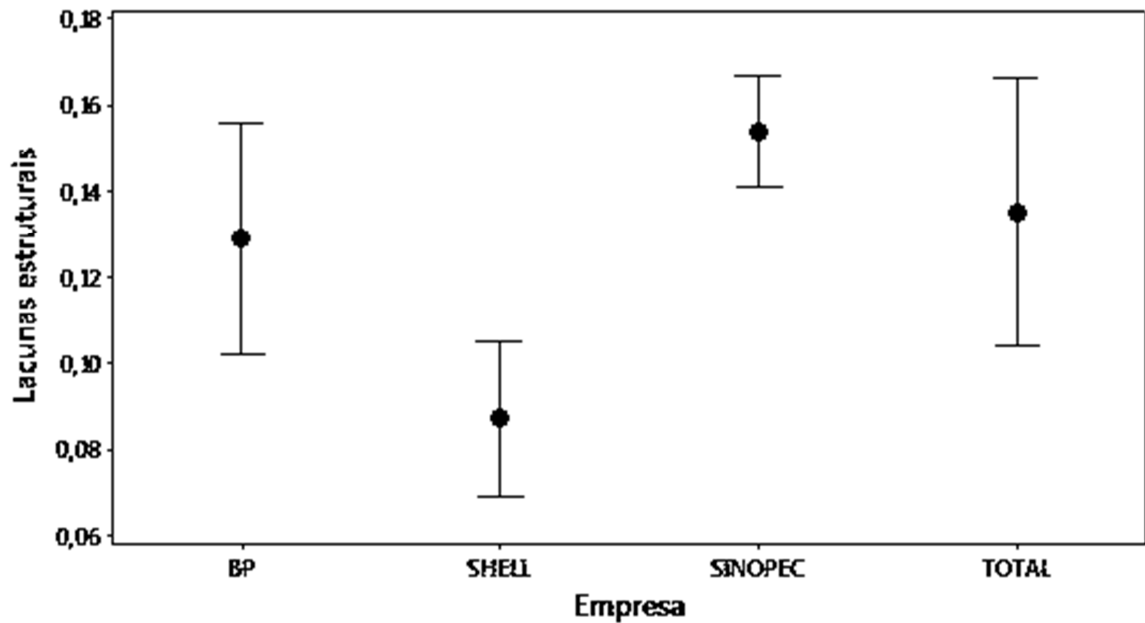
Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

No que diz respeito às lacunas estruturais, a Shell é a empresa com menor nível. A British, a Sinopec e a Total, por sua vez, apresentam intervalos semelhantes para lacunas estruturais e hierarquia (Figura 3). É importante considerar que a Shell é a empresa com maior número de pesquisadores isolados. Ela apresenta 120 pesquisadores sem coautoria na rede, seguida pela British com 18, a Total com 14 e a Sinopec com 18. Adicionalmente, a rede da Shell é dividida em 126 componentes, seguida pela Sinopec com 98, a British com 42 e a Total com 31. Embora a Shell não apresente um alto nível de lacunas estruturais, a sua rede é fragmentada e apresenta um número menor de coautorias entre os subgrupos de pesquisadores.

Redes de inovação: os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás

Adonis Pedro Coutinho Barboza, Mauro Maia Laruccia

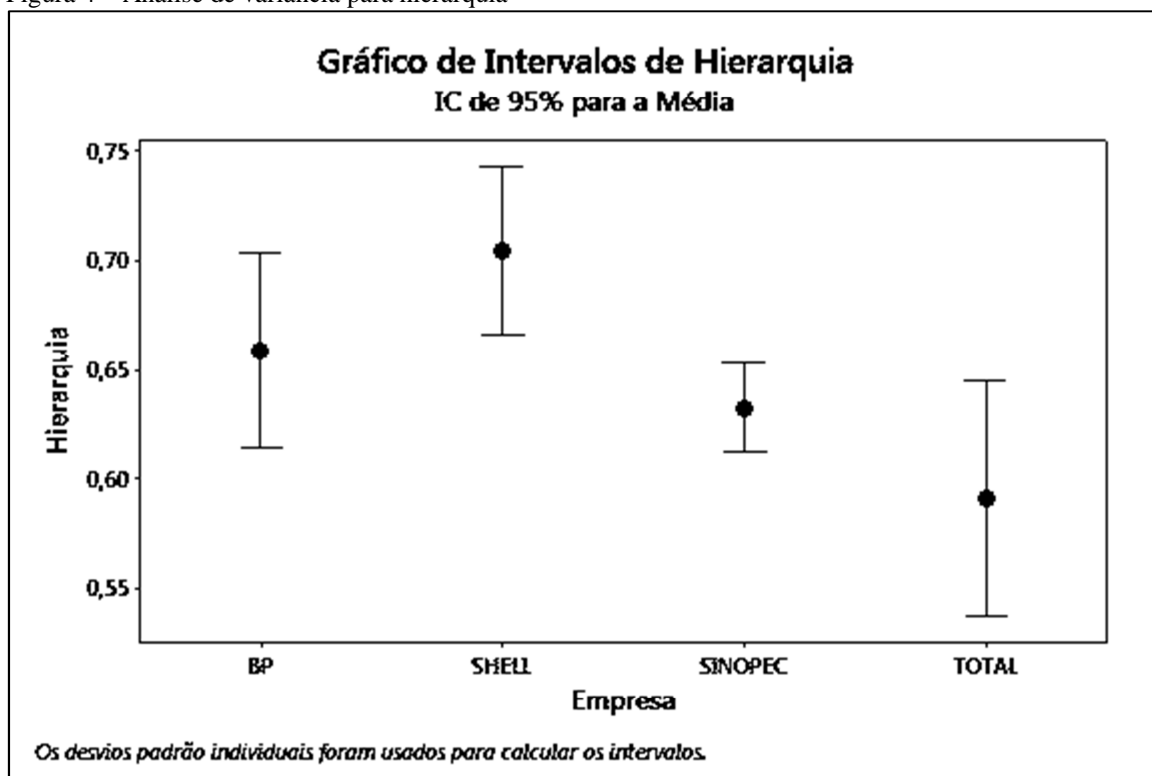
Figura 3 – Análise de variância para lacunas estruturais



Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

Finalmente, os intervalos de confiança concluem que a Shell apresenta maior nível hierárquico do que a Sinopec e a Total (Figura 4). A British, a Sinopec e a Total, por sua vez, apresentam intervalos semelhantes para hierarquia. Pela observação dos intervalos de confiança, é possível inferir que a Shell é a empresa que menos promove vínculos entre componentes na sua rede de inovação, uma vez que tem um menor nível de lacunas estruturais e um maior nível hierárquico na rede de inovação.

Figura 4 – Análise de variância para hierarquia



Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

Embora a análise dos intervalos de confiança ofereça conclusões comparativas, ela não permite afirmar a relação entre as variáveis, bem como em que nível elas geram efeitos sobre a produtividade em patentes. Neste sentido é importante conduzir os estudos de correlação e regressão estatística que possam sustentar as hipóteses elencadas no início do trabalho, a fim de construir o modelo de análise e identificar sua adequação aos dados coletados.

6.2 Correlação e Regressão

No que diz respeito ao nível de significância R^2 para o grau de centralidade, a Total apresentou o maior valor, de 56%, seguida pela British com 33%, a Sinopec com 29% e a Shell com 11% (Tabela 2). O nível de significância representa o poder explicativo do modelo ou da variável independente em relação à produtividade na obtenção de patentes. A British, por sua vez, apresentou maior R^2 para lacunas estruturais no valor de 34%, seguida pela Sinopec com 30%, a Total com 29% e a Shell com 10%. Adicionalmente, a British apresentou maior R^2 para hierarquia com valor de 35%, seguida pela Total com 33%, a Sinopec com 31% e a Shell com 18%. Na análise do nível de significância R^2 das variáveis, a Total obteve o maior poder explicativo para o grau de centralidade, no valor de 56%. O nível de significância

Redes de inovação: os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás

Adonis Pedro Coutinho Barboza, Mauro Maia Laruccia

R^2 das variáveis isoladas teve patamares semelhantes para a British, a Shell e a Sinopec. Neste momento é possível retomar a primeira questão formulada no início deste trabalho: há efeitos da colaboração na produtividade em obtenção de patentes para estas empresas? A resposta é afirmativa. Existem efeitos e eles podem ser medidos pelas variáveis grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia. A regressão das variáveis de rede selecionadas considerando as patentes obtidas por pesquisador é estatisticamente significativa, pois todas apresentaram um nível descritivo *p-value* menor que 0,001.

Tabela 2 - Nível de significância R^2 para um nível descritivo *p-value* < 0,001

Empresa	Grau de centralidade	Lacunas estruturais	Hierarquia
British	33%	34%	35%
Shell	11%	10%	18%
Sinopec	29%	30%	31%
Total	56%	29%	33%

Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

Embora a correlação isolada das variáveis identifique os efeitos, ela não é capaz de mensurar quão impactantes elas são. A combinação em um modelo enriquece a análise estatística ao ponto de estimar os efeitos das variáveis e estabelecer predições. Neste sentido, a equação proposta por este trabalho para compreender os efeitos das variáveis que medem a colaboração sobre a produtividade em patentes para as empresas selecionadas tem a seguinte combinação de fatores:

$$\text{Patentes} = B_0 + B_1 * \text{Grau de centralidade} + B_2 * \text{Lacunas estruturais} + B_3 * \text{Hierarquia} \quad (1)$$

A equação relaciona a produtividade em patentes nas redes com as variáveis independentes grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia. Os coeficientes B_1 , B_2 e B_3 representam os efeitos das variáveis independentes na produtividade em patentes das redes de inovação (

Tabela 3). As variáveis selecionadas e os coeficientes identificados são estatisticamente significativos e explicam a produtividade em patentes nas redes de inovação investigadas. As respostas dos modelos têm um nível descritivo *p-value* < 0,10, um valor de inflação dos fatores (VIF) < 5 e um Cp de Maslow <= número de fatores + 1. O VIF e o Cp de Maslow são medidas estatísticas que verificam a coerência do modelo, pois identificam se há correlação entre as variáveis independentes ou se há um número excessivo de fatores na equação

Redes de inovação: os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás

Adonis Pedro Coutinho Barboza, Mauro Maia Laruccia

elaborada (HAIR et al., 2006). A replicação dos fatores nos modelos é uma estratégia de pesquisa que permite comparar os coeficientes dos modelos entre as empresas.

Tabela 3 - Coeficientes do grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia para patentes

Empresa	Intersecção em Y (B_0)	Grau de centralidade (B_1)	Lacunas Estruturais (B_2)	Hierarquia (B_3)
British Petroleum	0,182	0,7619	4,691	0,622
Royal Dutch Shell	2,668	0,9530	3,394	-0,674
Sinopec Limitec	-0,582	0,8113	6,345	1,690
Total S. A.	-0,976	1,0906	3,119	1,444

Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

No que diz respeito aos coeficientes, a Shell é a empresa com maior ponto de intersecção com o valor de 2,668, seguida pela British com 0,182, a Sinopec com -0,582 e a Total com -0,976. O valor elevado para o ponto de intersecção para a Shell tem relação com o número de pesquisadores isolados que estão sem coautorias em patentes. Ela apresenta 120 atores isolados na rede, seguida pela British com 18, a Total com 14 e a Sinopec com 8. A intersecção em Y (B_0) é uma característica dos atores isolados, uma vez que eles apresentam valores nulos para o grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia.

Neste momento é possível retomar a segunda questão formulada no início deste trabalho: quão impactantes são os efeitos na produtividade em obtenção de patentes? No que diz respeito ao grau de centralidade, a Total apresentou o maior coeficiente, no valor de 1,0906, seguida pela Shell com 0,953, a Sinopec com 0,8113 e a British com 0,7619. A Sinopec apresentou o maior coeficiente para hierarquia no valor de 1,690, seguida pela Total com 1,444, a British com 0,662 e a Shell com -0,674. A Sinopec, por sua vez, apresentou maior coeficiente para lacunas estruturais no valor de 6,345, seguida pela British com 4,691, a Shell com 3,394 e a Total com 3,119.

No que diz respeito ao nível de significância R^2 dos modelos, a Total apresentou o maior valor de 59,03%, seguida pela British com 42,43%, a Sinopec com 39,10% e a Shell com 14,14% (Tabela 4). Ainda que as variáveis selecionadas para os modelos não expliquem plenamente a produtividade em patentes, eles são estatisticamente válidos e podem contribuir nas atividades de gestão das redes de inovação.

Redes de inovação: os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás

Adonis Pedro Coutinho Barboza, Mauro Maia Laruccia

Tabela 4 - Modelo explicativo para a produtividade em patentes

Empresa	R ²	R ² (Ajustado)
British	42,43%	41,98%
Shell	14,14%	13,73%
Sinopec	39,10%	39,00%
Total	59,03%	58,60%

Fonte: elaborado pelo autor no MINITAB 17 com os dados da pesquisa

Levando-se em conta que as variáveis inicialmente selecionadas seriam um ponto de partida, os dados da Total foram processados através do método *Stepwise*, do Minitab 17, para verificar até que ponto a adequação do modelo seria capaz de explicar a produtividade em patentes. A Total foi escolhida por apresentar o maior nível de significância R² para as variáveis grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia. Para a nova composição, adotou-se um intervalo de confiança para limite inferior de 0,95, o método ajustado tipo III para a soma de quadrados dos testes e um α de 0,15 para entrada e remoção de 23 fatores relacionados à centralidade, intermediação, lacunas estruturais e fragmentação:

$$\begin{aligned} \text{Patentes} = & 1,589 + 2,061 \text{ Grau de centralidade} + 4,578 \text{ Ln (Restrição)} \\ & - 6,590 \text{ Indiretos} + 4,059 \text{ Lacunas estruturais} - 2,111 \text{ Eficiência (2)} \end{aligned}$$

Neste momento é possível retomar a terceira questão formulada no início deste trabalho: há variáveis que podem aumentar o poder explicativo de um modelo? A resposta é afirmativa. A variável hierarquia foi removida do modelo inicial e foram adicionadas as novas variáveis restrição, indiretos e eficiência. A variável Ln (Restrição) calcula os investimentos sociais dos atores na base de logaritmos neperianos (Ln). A variável indiretos calcula o número de laços indiretos do ator. A variável eficiência relaciona o grau de centralidade e número de vínculos dos laços indiretos. Na nova composição, os níveis de significância foram satisfatórios no valor R² de 71,48% e R² ajustado de 69,56%. O modelo apresentou respostas com um nível descritivo $p\text{-value} = 0$, um valor de inflação dos fatores (VIF) < 5 e um Cp de Maslow $\leq p + 1$.

7 Discussão

No que diz respeito ao estudo das empresas, a British e a Total apresentaram características semelhantes. Elas apresentaram médias semelhantes na análise descritiva, bem como grafos de rede com distribuição geodésica similar para os pesquisadores. A análise dos intervalos de confiança confirmou a proximidade nas características delas, embora o modelo

explicativo para as variáveis grau de centralidade, hierarquia e lacunas estruturais apresentou melhor adequação para a rede de inovação da Total.

A Sinopec é um caso de destaque, pois na análise descritiva apresentou o maior número de pesquisadores, o maior número de patentes obtidas e o maior grau médio de centralidade. A análise dos intervalos de confiança confirmou estas constatações, bem como corrigiu as observações equivocadas sobre sua posição em relação às outras empresas para as lacunas estruturais e hierarquia. A única empresa para qual é possível afirmar destaque em produtividade na obtenção de patentes pelos intervalos de confiança é a Sinopec. As variáveis grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia apresentaram um bom poder de explicação para a produtividade em patentes da Sinopec, embora o melhor modelo explicativo final tenha sido o da Total.

Ao longo da pesquisa, a Shell já vinha apresentando resultados diferenciados. Na análise descritiva ela apresentou o menor resultado para o grau de centralidade e lacunas estruturais. A análise dos intervalos de confiança, além de confirmar os resultados, identificou que a Shell apresentou o maior nível de hierarquia na rede de inovação. Neste sentido, a inversão do coeficiente de hierarquia para o modelo da Shell foi uma constatação que motiva pesquisas futuras.

8 Conclusão

Foram encontrados resultados significativos sobre os efeitos do grau de centralidade, lacunas estruturais e hierarquia sobre as redes de inovação. Neste sentido, é possível afirmar que há efeitos da colaboração sobre a produtividade em patentes obtidas (**H1**) para as redes de inovação da British, Shell, Sinopec e Total, considerando-se as variáveis selecionadas. As variáveis ainda apresentaram nível de significância R^2 maior que 0,2 nas redes da British, Sinopec e Total (**H1a**). No que diz respeito à Shell, o nível de significância $R^2 < 0,2$ identificou uma relação pouco significativa entre as variáveis e a produtividade em patentes.

Adicionalmente, o nível de significância final encontrado no presente trabalho foi de 71%, número superior aos encontrados nos estudos precedentes (**H1b**). É importante destacar que há uma diferença significativa no tamanho das redes no *corpus* deste trabalho (Tabela 5) e os de Bulkley e Alstyne (2004; 2006) e Kang et al. (2011).

Tabela 5 - Níveis de significância R^2 nos estudos precedentes

Modelo explicativo	R^2
Total S. A. – presente trabalho	71%
Kang et al. (2011)	50%
Bulkley e Alstyne (2006)	49%
Bulkley e Alstyne (2004)	40%

Fonte: elaborado pelo autor com os dados da pesquisa

A pesquisa nos *Big Data* de patentes permitiu elevar tamanho das redes e aumentar o poder explicativo dos resultados estatísticos. Enquanto Bulkley e Alstyne (2004; 2006) e Kang et al. (2011) analisaram o comportamento de 39, 47 e 100 atores, respectivamente, o presente trabalho coletou dados que envolveram 3.214 pesquisadores. Ainda que os modelos aqui apresentados não expliquem plenamente a relação entre as variáveis selecionadas e a produtividade em patentes nas redes de inovação, eles apresentaram resultados estatisticamente significativos que podem confirmar as hipóteses **H1**, **H1a** e **H1b** enunciadas.

9 Limitação

Os modelos têm por finalidade prever resultados a fim de orientar as ações de gestão sobre as redes de inovação. Entretanto, há requisitos estatísticos que devem ser cumpridos para garantir a confiabilidade das previsões. Neste momento, é possível retomar a quarta questão formulada no início deste trabalho: é possível prever a produtividade em patentes com as variáveis selecionadas? A resposta é negativa.

No que diz respeito ao presente trabalho, foi encontrado um número significativo de resíduos grandes e valores atípicos nos modelos estruturados que impedem caracterizá-los como preditivos (**H1c**). Foi identificado um nível descritivo *p-value* < 0,005 para o teste de Anderson-Darling nos modelos estatísticos da British, Shell, Sinopec e Total. Tal resultado caracteriza a aceitação da hipótese nula e conclui que os resíduos não representam uma distribuição normal.

Entretanto, é importante ressaltar que o número significativo de resíduos grandes e valores atípicos não reduz a capacidade explicativa dos modelos para o fenômeno investigado. Embora os resíduos e os valores atípicos determinem a capacidade preditiva, é no nível de descrição (*p-value*) e no nível de significância (R^2) que reside a capacidade explicativa dos modelos estatísticos.

Sendo assim, os resultados obtidos permitem sustentar a conclusão deste trabalho e validar estatisticamente as hipóteses **H1**, **H1a** e **H1b** enunciadas. Adicionalmente, ainda que a British, a Shell, a Sinopec e a Total estejam entre as sete empresas com maiores receitas, elas

não são em número suficiente para representar a indústria de petróleo e gás. De qualquer forma, ainda que as conclusões aqui apresentadas sejam restritas às empresas investigadas, elas apresentam resultados significativos que explicam a produtividade em patentes, confirmam hipóteses e servem de base para futuros trabalhos.

Referências

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. **Ucinet 6 for windows**: software for social network analysis. MA: Harvard, Analytic Technologies, 2002.

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; JOHNSON, J. C. **Analyzing social networks**. Londres: Sage Publications, 2013.

BUCKLEY, N.; ALSTYNE, M. **Does Email Make White Collar Workers More Productive?** In: NAACSOS - North American Association for Computational Social and Organization Sciences, jun. 2004. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.61.8179&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: jul. 2015.

BUCKLEY, N.; ALSTYNE, M. An Empirical Analysis of Strategies and Efficiencies in Social Networks. **SSRN - Social Science Research on Network**, fev. 2006.

BURT, R. S. **Structural holes**: the social structure of competition. Cambridge, New York: Harward University Press, 1992.

BURT, R. S. Structural Holes and Good Ideas. **American Journal of Sociology**, v. 110, n. 2, p. 349-99, set. 2004.

COLEMAN, J. S. Social capital in the creation of human capital. **The American Journal of Sociology**, v. 94, p. 95-120, 1998.

FREEMAN, L. C. Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. **Social Network**, v. 1, p. 215-39, 1979.

GOOGLE PATENTS. **Google Patente Search**. Disponível em http://www.google.com/advanced_patent_search. Acesso em: 15 dez. 2014.

GRANOVETTER, M. The Strenght of Weak Ties: A Network Theory Revisited. **Sociological Theory**, v. 1, p. 201-33, 1983.

GRANOVETTER, M. Ação econômica e estrutura social: o problema da imersão. In.: MARTES, A. C., **Redes e Sociologia Econômica**, São Carlos: EdUFSCar, 2009.

HAIR, J.; BLACK, B.; BABIN, B.; ANDERSON, R. **Multivariate data analysis**. New Jersey, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2006.

KANG, M.; KIM, B.; GLOOR, P.; BOOK, G. Understanding the Effect of Social Networks on User Behaviors in Community-Driven Knowledge Services. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, p. 1066-74, 2011

LE MOS, R. **Propriedade Intelectual**. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: FGV, 2011.

LIN, N. Building a Network Theory of Social Capital. **INSNA - Connections**, v. 22, p. 28-51, 1999.

OBSTEFELD, D.; BORGATTI, S. P.; DAVIS, J. Brokerage as a Process: Decoupling Third Party Action from Social Networks Structure. **Contemporary Perspectives on Organizational Social Networks Research in the Sociology of Organizations**, v. 40, p. 135-59, 2014.

SIMMEL, G. The Metropolis and Mental Life. In. Bridge, G.; Watson, S. **The Blackwell City Reader**. Oxford, Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2010.
