

Caracterização Temporal das Redes de Colaboração Científica nas Universidades Brasileiras: Anos 2000-2013

Michel Boaventura¹, Karina Boson²
Ana Paula Couto da Silva¹, Adriano Veloso¹, Wagner Meira Jr.¹ *

¹Departamento de Ciência da Computação

² Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

{michel, ana.coutosilva, adrianov, meira}@dcc.ufmg.br, karinaboson@ufmg.br

Abstract. *The temporal analysis of scientific collaboration networks is crucial for understanding the emergence of new areas of research as well as the evolution of the impact of the scientific production. Furthermore, effective grant policies can be defined. This paper presents the study of the evolution of the Brazilian scientific collaboration network, through classical metrics of complex networks as well as endogamy and stable research groups metrics.*

Resumo. *A análise temporal de redes de colaboração científica é de extrema importância para o entendimento do surgimento de novas áreas de pesquisa, bem como da evolução do impacto da produção científica das Universidades. Além disso, políticas mais eficazes de financiamento de projetos podem ser definidas. Este artigo apresenta o estudo da evolução da rede de colaboração científica no Brasil, através de métricas clássicas de redes complexas e de métricas como endogamia e grupos estáveis de pesquisa.*

1. Introdução

O interesse pela formação e evolução ao longo do tempo de redes de colaboração científicas não é um tema recente na literatura. Um exemplo clássico destas redes é a rede de coautoria [Newman 2004, Kronegger et al. 2011]. Nestas redes, as entidades são formadas por pesquisadores que publicaram um artigo (pertencente a base de dados sendo analisada) e o relacionamento entre eles existe se, pelo menos, um artigo foi publicado em conjunto. Desta forma, as diversas caracterizações encontradas na literatura buscam definir os autores com maior número de publicações, os coautores mais frequentes, os nós que são mais importantes, utilizando métricas tradicionais de centralidade [Newman 2003]. Existem também alguns trabalhos que visam modelos que descrevam a dinâmica destas redes.

Apesar de um amplo conjunto de trabalhos na literatura devotados ao entendimento da colaboração científica, principalmente considerando redes de coautoria, várias questões interessantes que ainda não foram abordadas ou que foram abordadas superficialmente. Uma destas questões é a análise da evolução temporal das redes de colaboração dos pesquisadores das Universidades Brasileiras e a formação de grupos de pesquisas

*Este trabalho é financiado pela CAPES, CNPq, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Web (InWeb), FAPEMIG, e PRPq/UFMG (Auxílio a Pesquisa de Doutores Recém-Contratados).

estáveis dentro das diferentes Instituições. Uma nova área de pesquisa denominada *Science of Team Science* (SciTS)¹ tem recebido a atenção de diversos pesquisadores. A área SciTS foca em entender e melhorar o processo de colaboração científica e os resultados provenientes das diversas parcerias estabelecidas, através, por exemplo, de grupos de pesquisa [Stokols et al. 2008]. Considerando a análise de colaboração científica do ponto de vista de formação de parcerias, resultados interessantes como a evolução da qualidade das publicações podem ser obtidos. Adicionalmente, pode-se verificar a existência da interdisciplinaridade considerando um conjunto de pesquisadores, bem como indicar uma possível parceria a partir do perfil de um pesquisador.

Neste sentido, este artigo tem como principal contribuição a caracterização da evolução das redes de colaboração científica, aqui representada pela rede de coautoria de artigos, das seguintes Universidades Brasileiras: UFAM, UFMG, UFPE, UFRGS, UFRJ, UNB, UNICAMP e USP. A análise temporal considera os anos entre 2000 e 2013. Focamos a nossa análise em pesquisadores (professores) destas Universidades. Métricas tradicionais de redes complexas, tais como diâmetro, coeficiente de clusterização, *betweenness* e *closeness* foram calculadas. Apresentamos também a análise da métrica de endogamia destas Instituições, proposta em [Montolio et al. 2013], e a correlação da mesma com a avaliação trienal dos Programas de Pós-Graduação realizada pela CAPES. Por fim, analisamos a existência de grupos de pesquisadores que frequentemente publicam em conjunto.

As principais conclusões da análise apresentada neste artigo são as seguintes:

- A rede de colaboração das Universidades analisadas possuem a mesma característica de densificação das colaborações entre os seus pesquisadores. A alta clusterização e o diâmetro relativamente baixo (comparado à cardinalidade da rede) indicam que as redes possuem características de redes *small-world*.
- Universidades que possuem a maior porcentagem de Programas de Pós-Graduação com conceitos acima de 5 possuem valores menores de endogamia, corroborando a correlação entre endogamia e indicador de qualidade [Montolio et al. 2013].

2. Trabalhos Relacionados

A literatura correlata ao entendimento de redes de colaboração científica é muito ampla. Alguns exemplos não exaustivos são descritos a seguir. Em [Newman 2004], Newman utiliza três diferentes *datasets* em biologia, física e matemática e define as respectivas redes de coautoria. A partir destas redes são analisados os padrões de colaboração e número de autores por artigo.

Em [Kronegger et al. 2011] os autores analisam a rede de colaboração de diferentes áreas (matemática, física, sociologia) ao longo do tempo, considerando o conjunto de pesquisadores da Eslovênia. Em [Alves et al. 2013], os autores utilizam os dados disponibilizados na DBLP e analisam as comunidades científicas de diferentes conferências com a *flagship* ACM Sigs a partir da métrica *core score*, proposta no artigo. Esta métrica captura a produtividade e envolvimento dos pesquisadores em suas comunidades.

Considerando a análise da rede de colaboração científica brasileira, os seguintes trabalhos podem ser citados. Em [Maia et al. 2012], os autores analisaram tanto as car-

¹http://en.wikipedia.org/wiki/Science_of_team_science

acterísticas estruturais quanto a evolução da rede de autores do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Uma das conclusões é que a popularização da Internet teve papel determinante para o sucesso do Simpósio. Em [Lima et al. 2013], os autores propõem novas métricas para ranqueamento de pesquisadores em diferentes áreas de pesquisa, que podem ser empregados na tomada de decisões para financiamentos de projetos. O mecanismo de avaliação proposto é aplicado em dados de pesquisadores brasileiros.

Em [de Melo-Minardi et al. 2013] os autores caracterizaram o conjunto de pesquisadores atuantes nos Programas de Pós-Graduação em Bioinformática no Brasil. No artigo são discutidas questões relacionadas a composição dos programas estudados, as áreas de pesquisa dos docentes e como os pesquisadores dessas diferentes áreas podem ser comparados e contrastados considerando métricas de produtividade. Em [Miyata et al. 2013] os autores utilizam técnicas de mineração de textos e análise de redes sociais para a identificação automática das áreas de atuação de pesquisadores com base nos títulos de suas publicações e de suas redes de coautoria.

A análise apresentada neste artigo se difere dos demais artigos que visam o estudo da rede de colaboração científica do Brasil nos seguintes aspectos: 1) o aspecto dinâmico da rede de colaboração é considerado, para um período longo de anos e um número significativo de Universidades Brasileiras, através da mineração de um grande volume de dados; 2) é apresentada uma visão global da evolução da colaboração nestas instituições, com uma comparação detalhada de várias métricas relevantes de produtividade e comportamento de colaboração; 3) verifica-se o papel da endogamia [Montolio et al. 2013] no sucesso dos programas de pós-graduação das Universidades consideradas; 4) são identificados grupos de colaboração estáveis, com a análise da dimensão dos mesmos.

3. Coleta e Processamento dos Dados

Os dados da caracterização da dinâmica das redes de colaboração científica no Brasil apresentada neste artigo são oriundos dos currículos da Plataforma Lattes². Foram recuperados os currículos dos pesquisadores associados as seguintes Universidades Brasileiras: UFAM, UFMG, UFPE, UFRGS, UFRJ, UNB, UNICAMP e USP. Este processo recuperou 274.285 currículos, gerando um total de 49GB de dados. Como o foco deste trabalho é a cooperação entre pesquisadores, o total de currículos efetivamente analisados é de 60.134 (entre os 274.285 recuperados). Como o objetivo é caracterizar colaborações em um grande intervalo de tempo, somente os professores das Universidades foram considerados na nossa análise.

Cada currículo foi desmembrado em três tabelas: autores, produções e vínculos. A tabela de autores armazena todos os dados relativos aos pesquisadores coletados. A tabela de produções contém os artigos que estão nos respectivos currículos Lattes de cada pesquisador. Finalmente, a tabela de vínculo é utilizada para definir se, em determinado ano, o pesquisador possui algum vínculo com a universidade sendo analisada.

O maior desafio no tratamento dos dados coletados está relacionado com a maneira com que cada pesquisador preenche os seus dados no currículo Lattes: entradas são realizadas manualmente e, por tanto, não é uma situação incomum dois autores cadastrarem o mesmo trabalho com alguma informação com pequenas diferenças, como o título do

²www.cnpq.gov.br

trabalho ou até mesmo, nomes incompletos. Para solucionar este problema, um algoritmo de *deduplicação* foi implementado [Herzog et al. 2007]. Através de uma análise manual dos dados coletados percebeu-se um resultado satisfatório no processo de deduplicação.

4. Modelo e Métricas de Interesse

O principal exemplo de redes de colaboração são as redes de coautorias. Estas redes são modeladas através de um grafo $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{L})$, com o conjunto \mathcal{V} dos nós representando os autores e o conjunto \mathcal{L} que representam as ligações que existem entre quaisquer dois autores se e somente se um artigo é publicado por ambos.

Neste artigo, o foco principal é analisar a dinâmica da colaboração entre pesquisadores de um conjunto de Universidades Brasileiras. Desta forma, a evolução será representada por uma família de grafos indexados no tempo, ou seja, $\mathcal{G}_t = \{\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \dots, \mathcal{G}_T\}$. Cada grafo $\mathcal{G}_t = (\mathcal{V}_t, \mathcal{L}_t)$ é um *snapshot* da rede de coautoria. Assim, para cada fotografia \mathcal{G}_t , o conjunto \mathcal{V}_t é o conjunto de pesquisadores que possuem vínculo com a Universidade e os elementos de \mathcal{L}_t são as arestas formadas caso dois pesquisadores tenha publicado, pelo menos um artigo conjuntamente, no ano considerado. A análise apresentada neste artigo não considera a relação inter-Universidades.

Para a análise dos dados foram calculadas métricas tradicionais em grafos, tais como diâmetro, coeficiente de clusterização, *betweenness* e *closeness* [Newman 2003] bem como métricas de produtividade, como o total de artigos publicados e o total de colaborações estabelecidas ao longo dos anos. Todas as métricas estão indexadas no tempo, ou seja, consideramos a evolução temporal de cada uma delas, com o *snapshot* de duração de um ano. Adicionalmente, as seguintes métricas foram analisadas:

Endogamia \mathcal{E} : Conforme definido em [Montolio et al. 2013], endogamia de um grupo de pesquisadores é a frequência com que estes colaboram entre si, ou seja que publicam artigos conjuntamente. Segundo [Montolio et al. 2013], baixa endogamia está associada a maior impacto dos veículos de publicação científica. Ou seja, endogamia e indicadores de qualidade podem estar negativamente correlacionados.

Assim, considere $A_{UNI}^i(p)$ os coautores que publicaram com o pesquisador p o artigo i e que fazem parte da mesma Universidade³. Seja $A^i(p)$, o total de autores do artigo i cujo o pesquisador p é um dos coautores. Aqui, a endogamia de um pesquisador $\mathcal{E}(p)$ é definida como:

$$\mathcal{E}(p) = \sum_{\forall i} \frac{A_{UNI}^i(p)}{A^i(p)}.$$

Seja \mathcal{P} o conjunto de pesquisadores de uma Universidade. A endogamia $\mathcal{E}(UNI)$ é dada por:

$$\mathcal{E}(UNI) = \frac{1}{|\mathcal{P}|} \sum_{p \in \mathcal{P}} \mathcal{E}(p).$$

Note que não estamos considerando comunidades de pesquisadores (por exemplo, conferências ou periódicos). No nosso contexto, iremos verificar se a baixa endogamia está relacionada com os conceitos mais altos da avaliação trienal que a CAPES realiza

³Vale ressaltar que estamos considerando o corpo docente da Universidade.

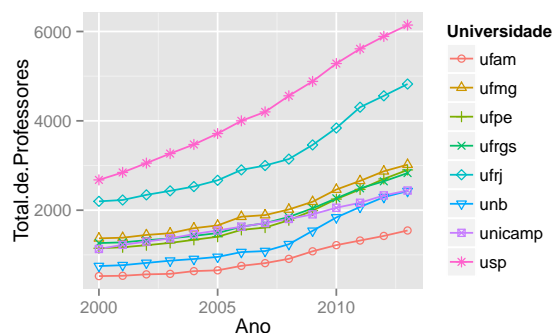
junto aos Programas de Pós-Graduação no Brasil. O objetivo é verificar se esta correlação segue o mesmo padrão apresentado em [Montolio et al. 2013], ou seja, universidades com baixa endogamia possuem Programas com conceitos mais elevados.

Grupos de Colaboradores Estáveis Um comportamento interessante a ser analisado em uma rede de coautoria é a existência de colaborações estáveis, que se estendem por diversos anos, sendo estes consecutivos ou não.

Identificar estas colaborações podem auxiliar órgãos de fomento na distribuição de recursos para o financiamento de projetos de pesquisa. Entender e melhorar o processo de colaboração científica e os resultados provenientes das diversas parcerias estabelecidas, através, por exemplo, de grupos de pesquisa é um dos objetivos uma nova área de pesquisa denominada *Science of Team Science (SciTS)*⁴ [Stokols et al. 2008]. Adicionalmente, a identificação dos grupos de colaboradores estáveis permite uma análise mais profunda do perfil dos grupos de pesquisa presentes em uma determinada Instituição.

5. Evolução da Rede de Colaboração Brasileira

Nesta seção apresentamos a análise da evolução da rede de colaboração brasileira ao longo dos últimos anos. A Figura 1 mostra a variação do número de professores em cada uma das Universidades analisadas. É possível observar o crescimento do corpo docente, principalmente a partir do ano de 2005. Este período coincide com a o início da implementação do programa REUNI⁵ em diversas Universidades Federais. Este crescimento se mantém até os dias atuais, mostrando a tendência da renovação de professores nas Universidades consideradas.



(a) Total de Professores

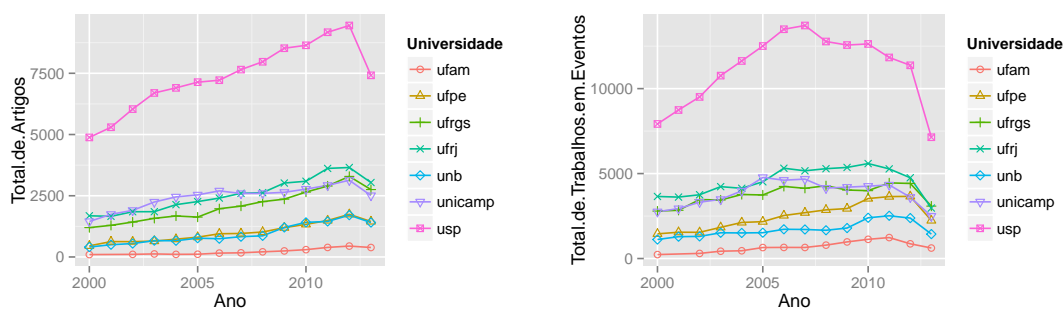
Figura 1. Evolução do corpo docente entre 2000 e 2013.

Um aspecto interessante a ser observado é se o aumento do corpo docente implica em um aumento da publicação científica da Universidade, possivelmente mostrando a tendência do novos professores serem também pesquisadores. A Figura 2 mostra a evolução de publicações científicas no período analisado. Interessante observar que para todas as Instituições, a publicação de artigos está crescendo ao longo dos anos. É possível observar uma queda no total de publicações em 2013, que pode estar ligada ao fato da não

⁴http://en.wikipedia.org/wiki/Science_of_team_science

⁵<http://reuni.mec.gov.br>

atualização dos currículos Lattes (não consolidação dos dados fornecidos pelos professores). Em todas as Instituições, o volume de artigos publicados em conferências supera o volume de artigos publicados em periódicos, possivelmente como consequência da grande quantidade de conferências das diversas áreas do conhecimento. Além disso, conferências são consideradas bons veículos para divulgação rápida de resultados científicos, bem como para o estabelecimento de futuras colaborações científicas externas a Instituição.



(a) Artigos Publicados em Periódicos.

(b) Artigos Publicados em Conferências.

Figura 2. Evolução da Publicação Científica entre 2000 e 2013.

Nos últimos anos existe uma crescente preocupação da melhoria da qualidade da produção científica nacional. Investimentos estão sendo feitos nos Programas de Pós-Graduação visando tanto a distribuição do total de cursos em diversas regiões do país, bem como do aumento da qualidade dos mesmos (refletida nos conceitos da avaliação da CAPES). As Figuras 3 e 4 corroboram esta afirmação. Na Figura 3 é possível verificar o crescimento do número de Programas, considerando as três últimas avaliações trienais realizadas pela CAPES⁶. A Figura 4 mostra que não houve somente o aumento no número de Programas, mas também elevação do conceito dos mesmos.

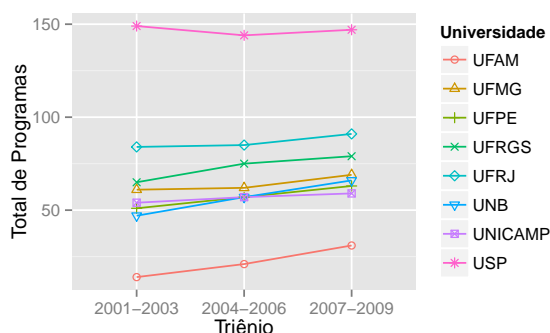


Figura 3. Evolução do Número de Programas de Pós-Graduação.

Uma avaliação mais detalhada dos resultados apresentados na Figura 4 é descrita a seguir. Os conceitos aumentam dos círculos mais internos para os mais externos. Ou seja, o círculo mais central representa os Programas com conceito 3. A intensidade das cores representa a porcentagem de Programas que possuem um conceito em particular.

⁶A avaliação do triênio 2010-2012 não foi considerada dado que os dados consolidados não estavam disponíveis no momento em que realizamos a análise.

Por fim, a evolução da proporção de Programas com um determinado conceito ocorre da direita para esquerda. O cenário ideal que representa a presença maciça de Programas equiparados a Programas internacionais é aquele onde os círculos internos são vermelhos (baixo percentual de programas com conceito 3) e os círculos externos tendem ao verde (alto percentual de programas com conceitos elevados). De um modo geral, os conceitos dos Programas de Pós-Graduação das Universidades analisadas estão aumentando com o passar dos anos, significando melhores índices de produção científica.

Consideremos, por exemplo, a UFRGS. Ao longo das avaliações, o círculo mais externo, representando o conceito 7, mudou gradualmente da cor mais avermelhada para uma mais alaranjada, significando o aumento no total de programas com este conceito. O mesmo comportamento pode ser verificado na UNICAMP, USP, UFMG e UFRJ. A UFAM também mostrou um aumento da qualidade dos seus Programas, dado que é possível verificar um aumento do número de Programas do conceito 3 o conceito 4.

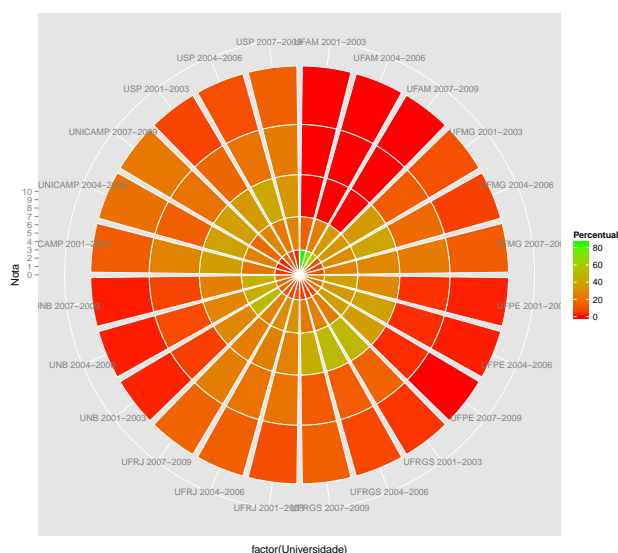


Figura 4. Evolução no conceito dos Programas de Pós-Graduação.

A Figura 5 mostra as redes de colaboração da UFAM, UFMG e UNICAMP em dois *snapshots* distintos: 2008 e 2013⁷. Nós vermelhos representam os pesquisadores que publicaram com outro pesquisador da mesma Instituição, pelo menos uma vez, no ano de 2008. Já os nós azuis representam o ano de 2013. Nós verdes representam pesquisadores que tiveram pelo menos uma publicação com outro pesquisador nos dois anos.

Os nós verdes, na sua maioria, atuam como pontes entre diferentes subconjuntos de pesquisadores. Além disso, é possível verificar a formação de *quasi-cliques* de publicação, entre pesquisadores que possivelmente começaram a publicar em conjunto depois de 2008. Existem também pares de pesquisadores que parecem estabelecer uma colaboração consolidada, uma vez que estão presentes nas redes de 2008 e 2013.

⁷As demais redes não foram mostradas devido a restrições de espaço.

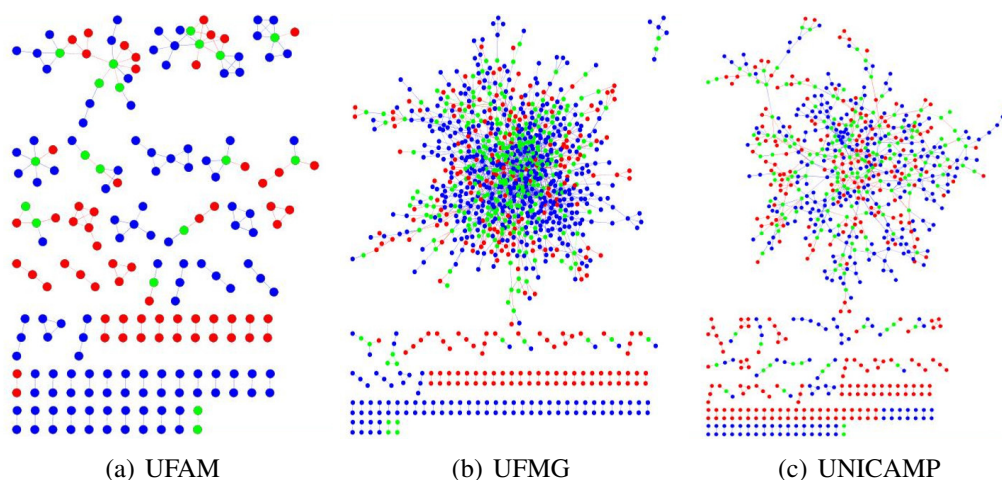
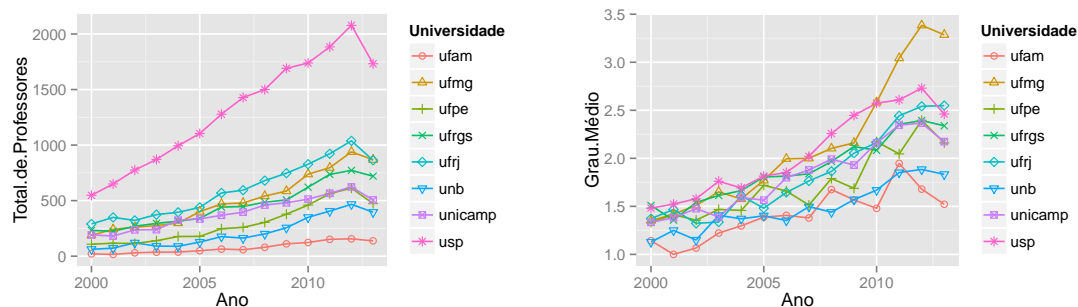


Figura 5. Representação das Redes de Coautoria - *Snapshots* de 2008 e 2013.

5.1. Caracterização Global

Nesta seção são apresentados os resultados da caracterização das redes de colaboração das Universidades analisadas considerando as diferentes métricas tradicionais de grafos. O objetivo é analisar a evolução da rede de coautorias no período de tempo considerado.

A Figura 6(a) mostra a evolução do total de pesquisadores na rede de coautoria. Ao longo dos anos, é possível verificar que a colaboração científica entre pares aumentou. Alguns fenômenos podem explicar este aumento. Primeiro, é possível que o número de projetos de pesquisa entre grupos tenha aumentado, resultando em mais publicações conjuntas. Um segundo possível fator é a contratação de novos professores que sejam ex-alunos da Universidade, possuindo assim, um vínculo prévio com os seus respectivos ex-orientadores. A Figura 6(b) mostra a evolução da média de colaboradores em uma mesma Universidade (grau médio da rede), confirmando o aumento da colaboração interna. Interessante é o aumento significativo na UFMG, provavelmente como resultado dos nove INCTs⁸ que possuem sede na Universidade e que propiciaram a colaboração entre os professores participantes.



(a) Pesquisadores na Rede de Coautoria

(b) Evolução da média de Colaboradores

Figura 6. Evolução do número de pesquisadores e o grau médio.

Outro aspecto interessante de se analisar é a distância entre os nós, que pode

⁸<http://estatico.cnpq.br/porta1/programas/inct/apresentacao/>

fornecer percepções valiosas sobre a dinâmica das colaborações dentro da rede. Quanto menor a distância entre dois nós na rede, mais provável é que esses nós venham a interagir no futuro. A Figura 7(a) mostra a métrica de diâmetro. Apesar da oscilação dos valores, a métrica de diâmetro tende a diminuir. Este fenômeno pode ser explicado da seguinte forma. Em alguns casos, pesquisadores de partes distintas da rede (p.ex, diferentes departamentos), publicam um artigo em um determinado ano, criando pontes. Estas pontes fazem com que o diâmetro da rede diminua naquele ano. Complementando, a Figura 7(b) mostra que os pesquisadores estão cada vez mais próximos um dos outros, indicando uma densificação da rede de colaboração.

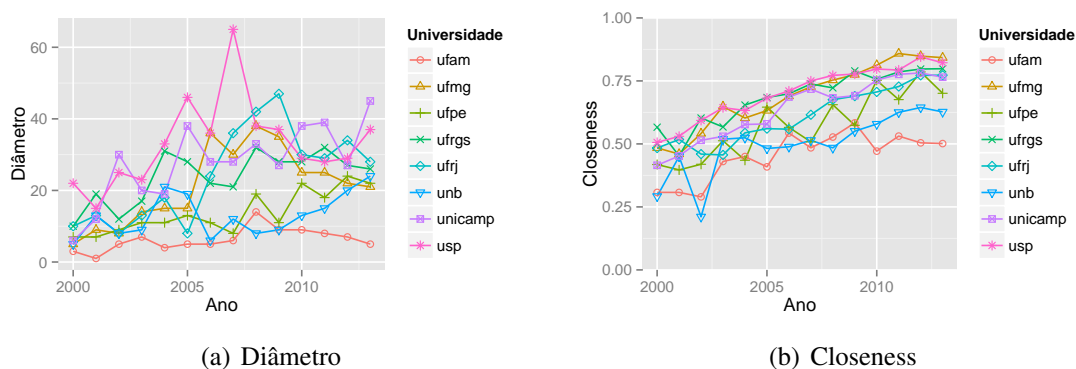


Figura 7. Evolução das Métricas de Diâmetro e Closeness.

Finalizando, a Figura 5.1 mostra que a clusterização da rede está aumentando, dado a maior a formação de triângulos e, significando que dois pesquisadores que publicam com um terceiro pesquisador em comum, tendem a publicar entre si. A combinação de alta clusterização e baixo diâmetro revela que as redes de coautoria das Universidades Brasileiras seguem o modelo de *small-world*. A organização dos pesquisadores neste tipo de estrutura propicia a difusão de conhecimento e a maior sinergia entre diferentes áreas de conhecimento.

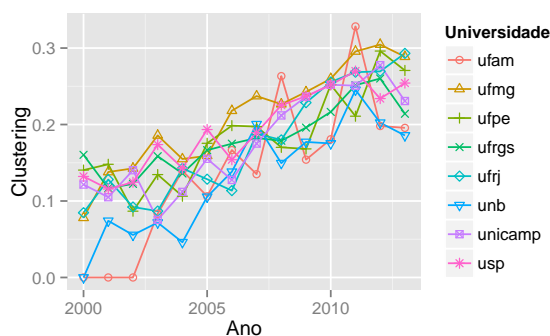


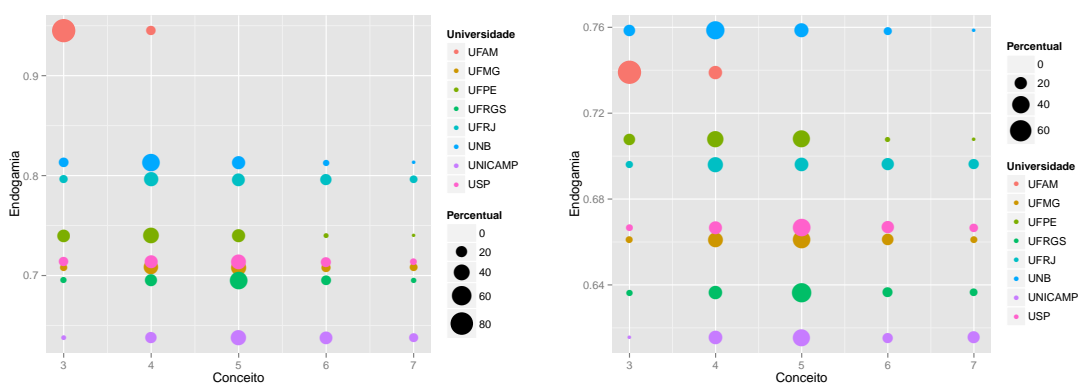
Figura 8. Evolução da Métrica de Clusterização.

5.2. Papel da Endogamia nos Programas de Pós-Graduação

As Figuras 9(a), 9(b) e 9(c) mostram a evolução da endogamia e das porcentagens de Programas em cada um dos conceitos. As informações podem ser interpretadas da seguinte maneira. O eixo y representa a endogamia média da Universidade, ao longo do triênio

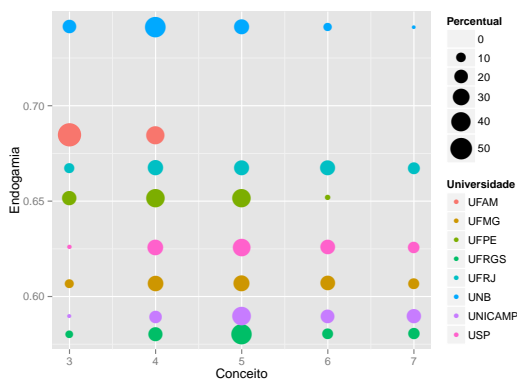
considerado. Os círculos nas linhas horizontais tem o tamanho proporcional a Porcentagem de programas com o conceito x .

É possível verificar que a endogamia, para todas as Universidades, diminui ao longo dos triênios enquanto a porcentagem dos Programas com os maiores conceitos aumentou. Universidades com menores valores de endogamia tiveram um maior deslocamento de programas para os conceitos mais altos (entre 5 e 7). Estes resultados iniciais mostram que existe uma correlação entre baixa endogamia e indicadores de qualidade de programas de Pós-Graduação. No entanto, vale ressaltar que uma avaliação mais detalhada deve ser realizada, considerando, por exemplo, a endogamia de cada Programa separadamente, considerando as particularidades de cada área de interesse.



(a) Triênio 2001-2003

(b) Triênio 2004-2006



(c) Triênio 2007-2009

Figura 9. Endogamia versus Conceitos da Pós-Graduação (CAPES).

5.3. Identificação de Colaborações Estáveis

A Figura 10 apresenta o total de grupos estáveis presentes nas Universidades, considerando o total de anos e professores. O intervalo máximo entre anos não consecutivos de colaboração é de 1 ano. Há uma concentração de pontos nos quadrantes esquerdos, o que implica que grupos pequenos são muito mais frequentes. Por outro lado, não existem grupos no quadrante superior direito, demonstrando a inexistência de grupos formados por muitos professores. Podemos também perceber que o tamanho máximo de um grupo de pesquisa é de 11 anos na USP e o grupo mais estável, com três autores, se prolongou pelos 14 anos da amostra estudada, de 2000 a 2013.

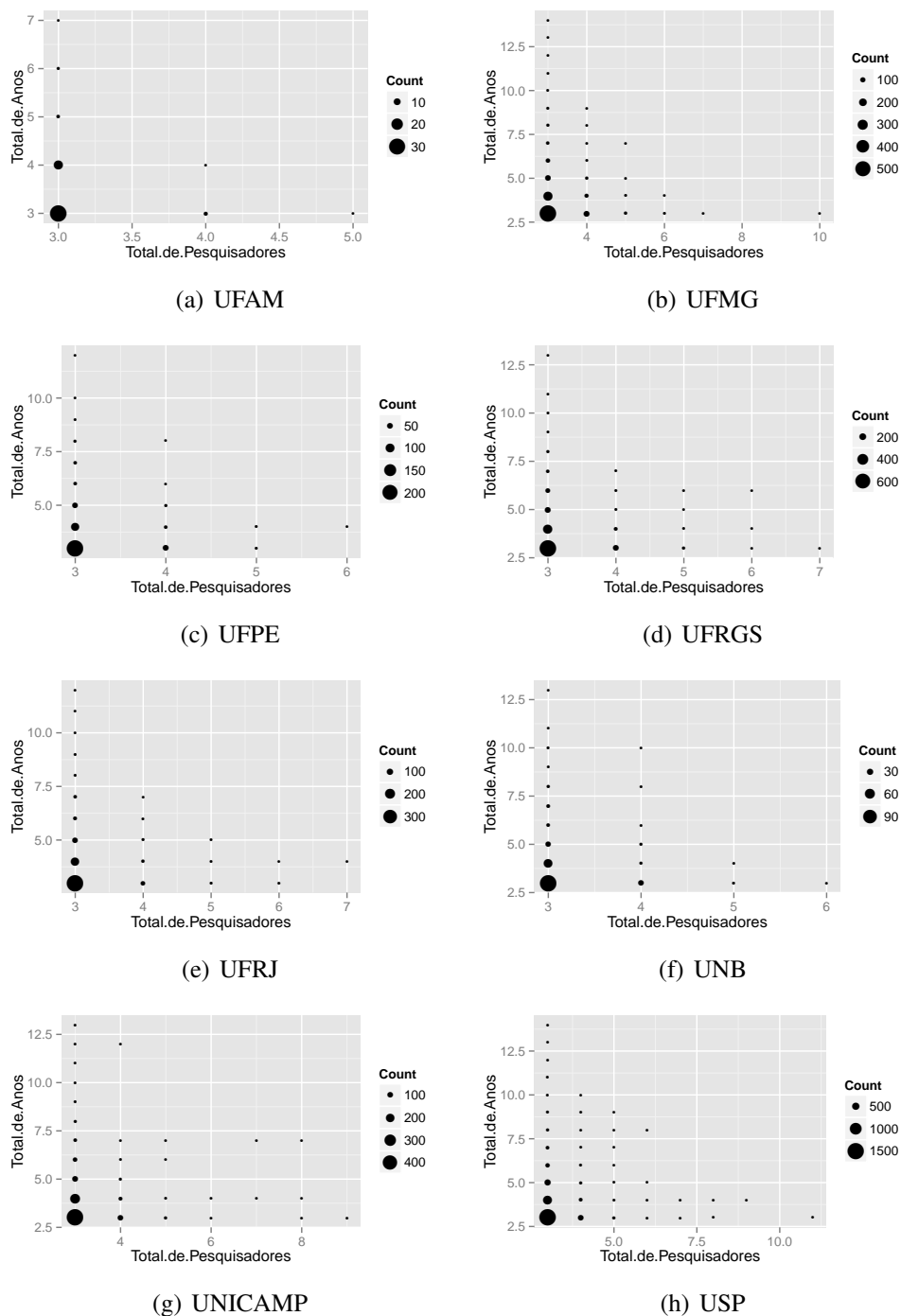


Figura 10. Grupos de Pesquisa - Intervalo máximo de 1 ano entre colaborações.

A fim de se caracterizar grupos de maior destaque, escolheu-se um em cada Universidade com o total de anos equivalente à 50% do máximo e o maior número de pesquisadores. Com essa definição, um estudo manual foi realizado no Currículo Lattes de cada um dos autores para o entendimento da relação existente entre eles.

Em todos os grupos, os professores pertenciam à uma mesma área de pesquisa e eram membros de um mesmo grupo de pesquisa. Na UFAM eles pertencem à área de

Ciências Biológicas, na UFMG e UFRGS à Medicina Veterinária, na UFPE à Engenharia Elétrica, UNB e USP à Física e, finalmente, na UNICAMP e UFRJ à Medicina.

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresenta a análise da evolução das redes de colaboração científica de 8 Universidades Brasileiras entre os anos 2000 e 2013. A nossa caracterização mostra o aumento da colaboração entre pesquisadores e a densificação da rede. A distância entre os pesquisadores diminuiu ao longo dos anos, provavelmente como resultado do aumento da sinergia entre diferentes grupos de pesquisas. O fato do aumento da proporção de Programas de Pós-Graduação com conceitos acima de 5 indica um aumento do impacto da produção científica das Universidades Brasileiras no cenário internacional.

Análises futuras serão direcionadas à caracterização da evolução da colaboração inter-Universidades Brasileiras e das colaborações inter e intra Programas de Pós-Graduação de Ciência da Computação. Outro ponto importante a ser abordado é uma análise mais detalhada da métrica de endogamia, considerando as diferentes áreas de pesquisa e sua correlação com indicadores de qualidade.

Referências

- Alves, B. L., Benevenuto, F., and Laender, A. H. (2013). The role of research leaders on the evolution of scientific communities. In *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web companion*, WWW '13 Companion, pages 649–656.
- de Melo-Minardi, R. C., Diampietri, L. A., de Melo, P. O., Jr., G. R. F., and Oliveira, L. B. (2013). Caracterização dos programas de pós-graduação em bioinformática no Brasil. In *II Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining - XXXIII CSBC*.
- Herzog, T. N., Scheuren, F. J., and Winkler, W. E. (2007). *Data Quality and Record Linkage Techniques*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st edition.
- Kronegger, L., Ferligoj, A., and Doreian, P. (2011). On the dynamics of national scientific systems. *Quality & Quantity*, 45(5):989–1015.
- Lima, H., Silva, T. H., Moro, M. M., Santos, R. L., Meira, Jr., W., and Laender, A. H. (2013). Aggregating productivity indices for ranking researchers across multiple areas. In *Proceedings of the 13th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries, JCDL '13*, pages 97–106, New York, NY, USA. ACM.
- Maia, G., de Melo, P. O. V., Guidoni, D. L., Soares, C. A., Silva, T. H., Almeida, J. M., Souza, F. S., and Loureiro, A. A. (2012). Análise da rede de colaboração do simpósio brasileiro de redes de computadores e sistemas distribuídos: As primeiras 30 edições. In *Proceedings do XXX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*.
- Miyata, B. K. O., Kano, V. Y., and Digiampietri, L. A. (2013). Combinando mineração de textos e análise de redes sociais para a identificação das Áreas de atuação de pesquisadores. In *II Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining - XXXIII CSBC*.
- Montolio, S. L., Dominguez-Sal, D., and Larriba-Pey, J. L. (2013). Research endogamy as an indicator of conference quality. *SIGMOD Rec.*, 42(1):11–16.
- Newman, M. E. J. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 45(2):167–256.
- Newman, M. E. J. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pages 5200–5205.
- Stokols, D., Hall, K., Taylor, B., and Moser, R. (2008). The science of team science: overview of the field and introduction to the supplement. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2):77–89.