

Modelo populacional para análise de genealogia acadêmica: evidências sobre crescimento acadêmico no Brasil

Rafael Jeferson Pezzuto Damaceno

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do ABC (UFABC) - Santo André, SP - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/2552938367742788>

E-mail: rafael.damaceno@ufabc.edu.br

Maximiliano Barbosa da Silva

Doutor em Economia pela Universidade de São Paulo (USP) – SP - Brasil. Professor da Universidade Federal do ABC (UFABC) - Santo André, SP - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/2344017108313395>

E-mail: maximiliano.silva@ufabc.edu.br

Jesús Pascual Mena Chalco

Pós-Doutorado pela Universidade de São Paulo (USP) – SP - Brasil. Doutor em Ciências da Computação pela Universidade de São Paulo (USP) – Brasil, com período co-tutela em Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) – Brasil. Professor pela Universidade Federal do ABC (UFABC) - Santo André, SP - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/4727357182510680>

E-mail: jesus.mena@ufabc.edu.br

Submetido em: 26/09/2020. Aprovado em: 25/11/2020. Publicado em: 28/07/2021.

RESUMO

Estudos recentes têm analisado a formação de novos cientistas por meio das relações de orientação em nível de pós-graduação. No entanto, essa literatura é eminentemente estática, no sentido de que não se aprofunda na atuação dos acadêmicos no decurso de suas carreiras. A fim de contribuir para o preenchimento dessa lacuna, este trabalho expande a análise das relações de orientação para um modelo populacional de crescimento, que contabiliza, anualmente, medidas a elas relacionadas. O modelo populacional de crescimento é aplicado em um conjunto composto por mais de 1 milhão de relações formais de orientação nos níveis de mestrado e doutorado, além de supervisões de pós-doutorado. As três principais contribuições deste trabalho correspondem à: (a) construção de um modelo para analisar o crescimento de grafos de genealogia acadêmica; (b) identificação da evidência de decréscimo, nos últimos anos, do percentual de acadêmicos que se tornam professores orientadores; e (c) identificação da evidência de maior produtividade observada nos professores seniores em comparação com outros atores.

Palavras-chave: Genealogia acadêmica. Carreira acadêmica. Modelo populacional de crescimento.

Population model for analyzing academic genealogy: evidence on growth academic in Brazil

ABSTRACT

Recent studies have analyzed the formation of new scientists at the master's and doctorate levels. However, such analyzes does not take into account how the academics' career are. In this sense, this work expands the analysis of the relationships established between advisors and advisees towards a population growth model. We apply this model to a group composed of more than 1 million formal mentoring relationships established at the masters and doctoral levels, and at the post-doctoral supervision. The main contributions of this work are as follows. (a) The building of a population model applicable to academic genealogy graphs, (b) the indication of a decrease in the percentage of academics who become advisors themselves, and (c) the indication that senior academics have higher productivity when compared to other academic categories.

Keywords: *Advisor-advisee relationships. Academic carrer. Population model.*

Modelo poblacional para analizar genealogía académica: evidencia sobre el crecimiento académico en Brasil

RESUMEN

Recientes estudios analizan la formación de nuevos científicos por medio de las relaciones de orientación a un nivel de post-graduación. Sin embargo, esa literatura es eminentemente estática en el sentido de que no profundiza en la actuación de académicos a largo de sus carreras. Para contribuir con la disminución de esa laguna este trabajo expande el análisis de las relaciones de orientación para un modelo de crecimiento poblacional que contabiliza, anualmente, diferentes medidas relacionadas a ellas. El modelo de crecimiento poblacional es aplicado en un conjunto de datos compuesto por más de 1 millón de relaciones formales de orientaciones en los niveles de maestría y doctorado, además de las supervisiones de post-doctorado. Las tres principales contribuciones de este trabajo corresponden a: (a) la construcción de un modelo para analizar el crecimiento de grafos de genealogía académica, (b) la indicación de una disminución en el porcentaje de académicos que se convierten ellos mismos en asesores, y (c) la indicación de que los académicos seniors tienen una mayor productividad en comparación con otras categorías académicas.

Palabras clave: *Genealogía académica. Carrera académica. Modelo de población.*

INTRODUÇÃO

Modelo populacional é uma ferramenta matemática utilizada para analisar como populações (e.g., indivíduos, bactérias, entre outros) crescem. Alguns modelos eminentes são o de Thomas Malthus, no qual a taxa de crescimento é proporcional à totalidade da população existente (MALTHUS, 1992), e o de Pierre François Verhulst, em que a taxa de crescimento é limitada a uma capacidade máxima de população (BACAËR, 2011).

Tais modelos têm sido adaptados e aplicados a redes de coautoria e, um exemplo, é o estudo de Wu *et al.* (2018), que desenvolvem um sistema populacional a partir de publicações da área de Ciência da Computação registradas na *Digital Bibliography & Library Project* (DBLP). O sistema por eles proposto, além de contabilizar a população de autores anualmente, diferencia os pesquisadores conforme e com quem colaboram na produção de artigos.

De acordo com os autores, nos últimos anos, tem havido um aumento no número de pesquisadores que surgem no modelo populacional por intermédio de autoria única ou coautoria com pesquisadores também recém-chegados no sistema.

Neste trabalho, propõe-se **um novo modelo populacional**, usando, como base, dados advindos das relações formais de orientação (genealogia acadêmica). Esse **modelo foi aplicado em um conjunto abrangente da genealogia acadêmica do Brasil**, composta de mais de 1 milhão de pessoas e relações.

O trabalho permite evidenciar como as relações de orientação (mestrado e doutorado) e supervisão (pós-doutorado) acadêmicas têm progredido no decorrer de dada temporalidade e que papéis os professores orientadores e alunos orientados/supervisionados, isto é, seus descendentes, têm exercido nessa progressão. Em concreto, com esse modelo populacional e os dados nacionais, seis questões de pesquisa são respondidas:

- QP1: Como é a entrada (surgimento) de professores e descendentes ao longo dos anos?
- QP2: Como é a saída (cessamento) de professores e descendentes ao longo dos anos?
- QP3: Qual é a população de professores e descendentes no Brasil?
- QP4: Quantos professores estão deixando de orientar/supervisionar ao longo dos anos?
- QP5: Quantos descendentes estão se tornando professores ao longo dos anos?
- QP6: Há diferenças na quantidade e no tipo de publicações, considerando os papéis (professor ou descendente) exercidos por acadêmicos?

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: na seção seguinte, são apresentados os conceitos relacionados ao modelo populacional de crescimento; na seção Conjunto de Dados, são descritos os dados utilizados neste trabalho; na seção “Resultados”, são respondidas questões acerca da aplicação do modelo no grafo de genealogia acadêmica do Brasil; por fim, a última seção conclui a presente investigação e apresenta possíveis trabalhos futuros.

MODELO POPULACIONAL DE GENEALOGIA ACADÊMICA

O insumo para geração do modelo populacional de genealogia acadêmica é uma estrutura hierárquica que apresenta as relações formais de orientação entre professores e alunos em dada cronologia. Em outras palavras, precisa-se de um grafo direcionado, com informação temporal nas arestas, que apontam no sentido orientador-aluno.

No modelo, os acadêmicos são divididos em quatro tipos, conforme os papéis que exercem durante sua carreira. Um acadêmico é professor orientador júnior (PJ), se atua como orientador há menos de anos¹; é professor orientador sênior (PS), se atua como orientador há ou mais anos; é descendente júnior (DJ), se foi orientado por PJ e ainda não orientou; é descendente sênior (DS), se foi orientado pela última vez por PS e ainda não orientou.

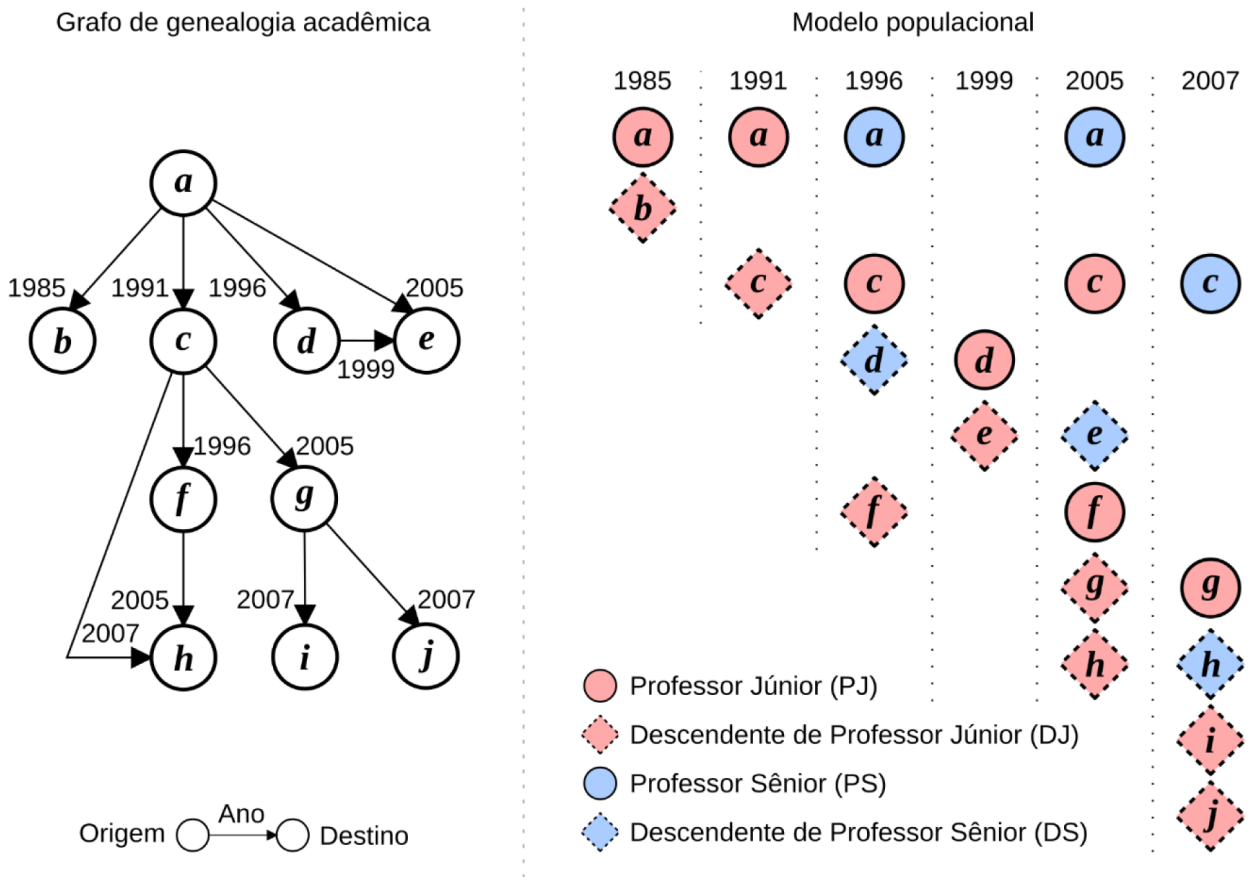
Diferenciar os acadêmicos nesses quatro tipos permite, por exemplo, verificar como atuam, em termos de orientação ou produção bibliométrica, os alunos orientados por professores mais experientes (PS) em comparação com aqueles orientados por professores menos experientes (PJ). Pode-se também estudar como é a produtividade de PS em relação à de PJ, do ponto de vista de medidas bibliométricas e de formação acadêmica.

¹ O valor da variável reflete o tempo mínimo de experiência que um acadêmico precisa ter para ser considerado sênior, de modo que, quanto maior for o seu valor, maior será a exigência para considerá-lo como sênior. O modelo não se restringe, no entanto, a essa definição; outras características podem ser associadas a senioridade, tais como: o número de alunos orientados, o ano da primeira publicação realizada, entre outras.

A figura 1 ilustra o nosso modelo populacional como um grafo de genealogia acadêmica, destacando as quatro subpopulações definidas acima. A figura também permite observar como ocorre a migração de um indivíduo de um tipo de acadêmico para outro considerando.

Especificamente, à esquerda está representado o grafo de genealogia acadêmica em que cada vértice/letra representa um acadêmico e cada aresta representa a orientação/supervisão realizada por um professor a um aluno no ano indicado. Esse exemplo é traduzido para o modelo populacional representado à direita.

Figura 1 – Exemplo de transformação de grafo de genealogia em indicadores considerados no Modelo Populacional



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Nesse modelo populacional, os acadêmicos possuem um ciclo de vida, que pode envolver a transição de descendente júnior ou sênior para professor júnior e, então, para professor sênior. Denota-se como produtividade (P) o modo como ele atua no decurso desses estágios, do ponto de vista de medidas bibliométricas. Precisamente, P é uma medida para contabilizar o de número de artigos, capítulos de livros e livros publicados por ano, por tipo de acadêmico.

Um acadêmico inicia seu ciclo de vida ao entrar no sistema populacional, o que pode ocorrer de duas formas: (i) ser orientado pela primeira vez ou (ii) orientar pela primeira vez. No primeiro caso, na situação em que é orientado por PJ, assume o papel de DJ - ou, analogamente, ao ser orientado por PS, assume o papel de DS. No segundo caso, ao orientar pela primeira vez, assume o papel de PJ – como não estava na população até aquele momento, é considerado um caso de partenogênese, isto é, um nascimento sem orientador. No exemplo, o acadêmico orienta, em 1985, seu primeiro aluno, ; nesse caso, tanto quanto entram no sistema em 1985, na condição de PJ e na condição de DJ.

Conforme recebem e oferecem orientação, os acadêmicos transitam para outros tipos populacionais. No caso de um DJ ou DS, ao orientarem pela primeira vez, transitam para o tipo PJ. Essa é a situação em que um ex-aluno passa a atuar como professor. Ilustração disso é o acadêmico , que foi orientado em 1991, entrando no sistema como DJ, e orientou seu primeiro aluno cinco anos depois, transitando para o papel de professor júnior, PJ.

Outra situação de transição é a de um orientador PJ que, ao possuir anos de experiência na atividade de orientação, assume o papel de PS. A partir desse momento, ao realizar novas orientações, gerará acadêmicos DS. Neste trabalho considera-se, isto é, um acadêmico PS é aquele que possui pelo menos dez anos desde a realização de sua primeira orientação. Como evidencia a exemplificação, o acadêmico passa a atuar como PS a partir de 1996, já que sua primeira orientação ocorreu em 1985.

A saída de acadêmicos do sistema está relacionada ao cessamento da atividade de orientação ou à não transição de tipos. Um acadêmico DS ou DJ deixa o sistema ao não transitar para PJ. Isso significa que, em termos de formação de recursos humanos, não prossegue na academia. No exemplo, o acadêmico , que recebeu duas orientações, uma em 1999 e outra em 2005, não atua como professor no tempo futuro. Um acadêmico PJ ou PS deixa o sistema ao não realizar mais orientações, o que é contabilizado do ponto de vista dos anos subsequentes à sua última orientação. Para isso, considera-se uma janela temporal de anos desde o último ano da série analisada. Como mostra o exemplo, o acadêmico realiza sua última orientação em 2005, porém, para que seja possível fazer essa afirmação, é preciso ter dados de referência até anos.

No contexto de saída de acadêmicos, pode-se definir inatividade de orientação tanto para professores, quanto para descendentes. No primeiro caso, contabilizam-se os acadêmicos que deixaram de orientar após orientarem seu primeiro descendente. E no segundo, contabilizam-se os descendentes que não transitaram para o papel de orientador. Naturalmente, a caracterização da inatividade de orientação depende do horizonte temporal futuro utilizado. Para acadêmicos ingressantes em 2008, a título de ilustração, são considerados como cessantes, isto é, que saíram, aqueles que não realizaram orientações ou não transitaram de tipo no período de 2009 até o último ano disponível de informações.

CONJUNTO DE DADOS

Este estudo utiliza dados de genealogia acadêmica do Brasil, obtidos de método criado no trabalho de Damasceno *et al.* (2019). Trata-se de um grafo composto por 1.272.590 vértices (acadêmicos mestres e/ou doutores) e 1.404.109 arestas (relações formais de orientação de mestrado e doutorado, e supervisões de pós-doutorado). Desses vértices, 502.307 são doutores² e 770.283 são mestres.

² Um acadêmico é considerado doutor, no grafo, se (a) orientou/supervisionou em qualquer nível, (b) foi orientado em Doutorado ou (c) foi supervisionado em pós-doutorado.

Pode-se associar uma série de medidas topológicas a cada vértice de um grafo. As medidas mais relacionadas a este trabalho são: graus de entrada, saída e total, número de primos, número de irmãos e índice genealógico. No contexto deste trabalho, grau de entrada é o número de orientadores que um acadêmico possui, grau de saída é o número de alunos que um acadêmico orientou e grau total é a soma dos graus de entrada e saída.

Número de primos e de irmãos são medidas análogas às de genealogia familiar. O índice genealógico de um acadêmico é o maior número de seus orientados, que possuem, no mínimo, orientados cada um (ROSSI *et al.*, 2017). Essas medidas topológicas foram calculadas para o grafo e para os dados anuais do modelo populacional.

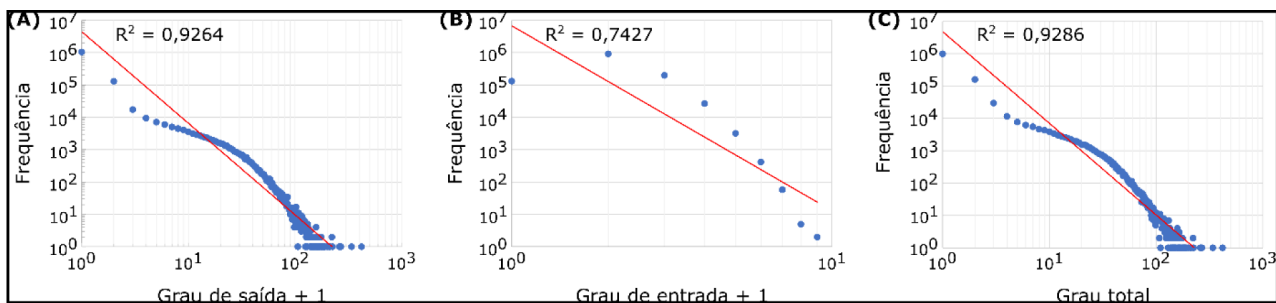
Frequentemente, verifica-se que a distribuição de grau dos vértices de uma rede social pode ser bem aproximada por uma lei de potência (PRICE, 1963; ALBERT, JEONG; BARABÁSI, 1999). Esse tipo de distribuição pode ser gerado, por exemplo, pelo modelo de ligação preferencial, em que um novo vértice nasce a cada período conectado, inicialmente, a certo número de outros vértices e o seu grau cresce, ao longo do tempo, proporcionalmente ao tamanho da sua vizinhança.

Uma propriedade das leis de potência é que elas possuem caudas mais pesadas do aquelas de uma distribuição Poisson, que resulta do modelo de formação de rede de Erdős e Rényi (1961), em que a incidência dos links sobre os vértices é determinada aleatoriamente.

Na medida em que diferentes modelos de formação de redes possuem implicações sobre a distribuição de grau dos vértices no grafo, é instrutivo comparar a distribuição empírica com aquela prevista pelos modelos teóricos, no sentido de iluminar o mecanismo pelo qual a rede social observada é formada. Em particular, uma lei de potência, que é gerada pelo modelo de ligação preferencial, transforma-se em uma reta quando representada, no plano cartesiano, em escala log-log. Por outro lado, a distribuição de grau gerada pelo modelo de Erdős e Rényi (1961) é estritamente côncava nesse espaço.

Por esse motivo, ou seja, a fim de ganhar uma sensibilidade quanto aos mecanismos de formação da rede genealógica da academia brasileira, na figura 2 apresenta-se a distribuição de grau de saída (A), de entrada (B) e do grafo não direcionado (grau total, em C) correspondente na escala log-log. Nos gráficos, também é apresentada a reta obtida pela regressão linear simples de . Essa reta corresponde à lei de potência que melhor se ajusta aos dados.

Figura 2 – Distribuição de grau do grafo de genealogia acadêmica



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Como se pode perceber, as distribuições empíricas apresentam curvatura no plano log-log, sugerindo algum grau de aleatoriedade na formação das relações de orientação. Por outro lado, os coeficientes de ajustamento (R^2) são bastante elevados, superiores a 74%, indicando que o mecanismo de ligação preferencial pode ser um ingrediente relevante na formação das relações de orientação acadêmica (JACKSON; ROGERS, 2007).

MODELO POPULACIONAL APLICADO À ACADEMIA BRASILEIRA

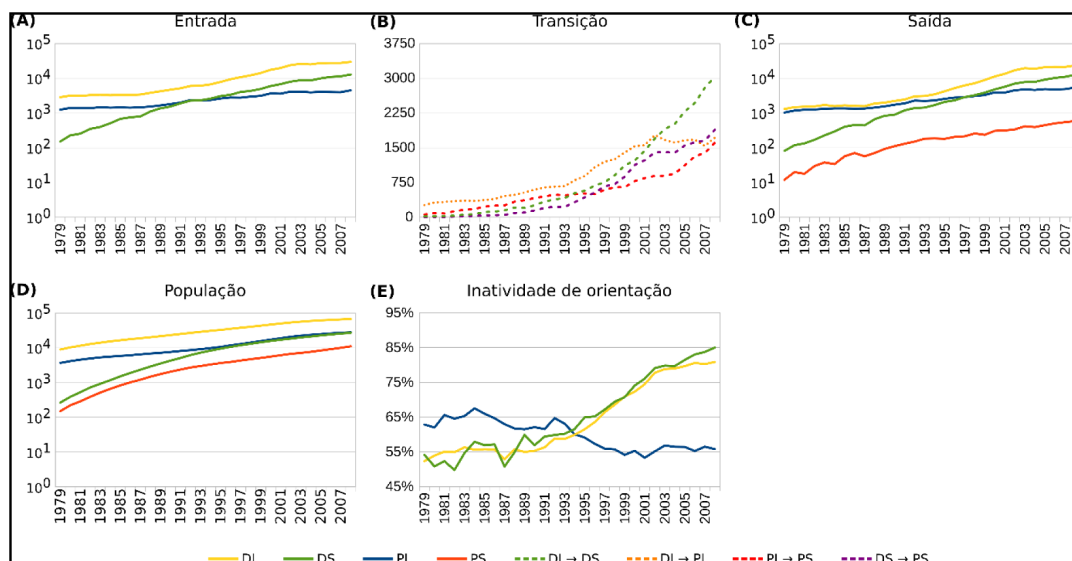
O modelo populacional foi aplicado para o contexto nacional mais abrangente. Acredita-se que esse tratamento traz uma visão inédita sobre a formação de acadêmicos no Brasil ao longo dos tempos. Este trabalho discute seis questões de pesquisa com o objetivo de verificar como a rede formada por esses acadêmicos se configura em relação ao modelo populacional de crescimento proposto.

Para isso, foram calculadas as entradas, transições e saídas, considerando-se uma janela temporal de 1900 até 2018, e são apresentados os resultados referentes ao período de 1979 até 2008 (30 anos). As três subseções expostas a seguir abordam as seguintes temáticas: (i) população de professores e descendentes; (ii) inatividade de orientação; e (iii) produtividade ponderada de professores e descendentes.

POPULAÇÃO DE PROFESSORES E DESCENDENTES

Esta subseção analisa a população de professores e descendentes que o Brasil está gerando no decorrer dos anos por tipo. Em 1979, o modelo possui uma população composta de 8.863 PJ, 195 PS, 17.467 DJ e 509 DS, o que totaliza 27.034 acadêmicos. No ano de 2008, essa população é de 460.244 acadêmicos, distribuídos em 43.375 PJ, 15.201 PS, 299.543 DJ e 102.125 DS. A figura 3 apresenta os dados referentes à entrada (A), transição (B), saída (C), população (D) e inatividade de orientação (E) para acadêmicos no período de 1979 até 2008.

Figura 3 – Entrada, transição, saída, população e inatividade de orientação para acadêmicos no período de 1979 até 2008



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

QP1: Como é a entrada (surgimento) de professores e descendentes ao longo dos anos?

Como pode ser observado na figura 3.A, o número de acadêmicos que entram no sistema tem crescido na cronologia investigada. Esses dados refletem, pelo menos em parte, o aumento do número de programas de pós-graduação que ocorreu no Brasil no período de 1996 até 2014, que foi, em média, de 6,4% e 6,5%, por ano, para os programas de mestrado e doutorado, respectivamente (CGEE, 2016). Esse crescimento, entretanto, não é uniforme em todo o período.

De fato, analisando os dados do CGEE (2016), verifica-se que, em alguns anos, tais como 1999, 2000, 2006 e 2013, as taxas de crescimento, para os programas de doutorado, foram muito maiores que a média (8,20%, 9,18%, 8,02 e 13,74%, respectivamente). Para os programas de mestrado, os anos que obtiveram os picos de crescimento foram 1999 (8,21%), 2002 (8,42%), 2006 (9,70%) e 2011 (10,21%).

No início da década de 1980 a diferença entre o número de ingressantes DJ e DS é maior em cotejo com o final da década de 2000. Ainda, por volta de 1993, passa a ingressar no sistema maior quantidade de acadêmicos DJ, seguida de DS e PJ. No caso das transições, na figura 3.B, observa-se crescimento no decurso de todos os anos do período analisado; exceção é feita para as transições de DJ para PJ que atingiram um platô no período de 2002 até 2008.

Uma genealogia que apresenta maior quantidade de acadêmicos PS pode ser considerada mais madura. No entanto, o que se percebe na genealogia brasileira é que, sob a ótica de relações de mestrado, doutorado e supervisões de pós-doutorado, em termos absolutos, as futuras gerações de pesquisadores são preparadas por acadêmicos relativamente jovens, dado o maior número de DJ em relação a DS. Em termos relativos, o número de orientandos de um PJ é similar ao de um PS.

QP2: Como é a saída (cessamento) de professores e descendentes ao longo dos anos?

A figura 3.C apresenta a saída de acadêmicos do sistema populacional. Nota-se, em termos absolutos, que PS saem do sistema em menor quantidade quando comparados a PJ, o que também ocorre para DJ quando comparado a DS. Em parte, esse fato reflete a maior entrada de DJ no sistema.

Ainda, percebe-se que, em 2008, o número de acadêmicos PJ que deixam o sistema atinge o mesmo nível que o de acadêmicos DS. O número de acadêmicos DJ e DS que saem do sistema vêm aumentando de 1999 até 2008, ao compará-lo com o número de acadêmicos PJ e PS.

QP3: Qual é a população de professores e descendentes no Brasil?

Como esperado, a população de cada tipo de acadêmico cresce com o passar dos anos, já que há mais acadêmicos ingressando ou transitando do que saindo, como pode ser observado na figura 3.D. Especificamente em relação aos acadêmicos descendentes, por um lado, os seniores ocorrem em menor número em todos os anos. Por outro lado, os descendentes juniores ocorrem em maior número.

No que diz respeito aos professores, há mais juniores do que seniores em todos os anos analisados. Vê-se também que, por volta de 1995, o número de descendentes seniores passou a ser próximo ao de professores juniores.

INATIVIDADE DE ORIENTAÇÃO

Esta seção analisa a quantidade de professores que orientam apenas uma vez em todas as suas carreiras e a quantidade de descendentes que não passam a atuar como professores. Essa análise pode evidenciar indícios de abandono do meio acadêmico por parte de professores e descendentes. A figura 3.E apresenta os resultados referentes à inatividade de orientação, que permitem responder às duas perguntas indicadas a seguir.

QP4: Quantos professores estão deixando de orientar, ao longo dos anos?

Concernente à inatividade de orientação de professores juniores, no ano inicial analisado, essa taxa era de 62,5%, isto é, de todos os PJ que surgiram em 1979, esse é o percentual de docentes que não realizaram outras orientações no período de 1980 até 2008. Esse percentual atinge um valor mínimo em 1999 (aproximadamente 53%), e então passa crescer novamente, atingindo pouco mais de 55% em 2008. Esses resultados indicam que a maior parte dos professores juniores orienta apenas uma vez em nível de pós-graduação, portanto, não se transforma em professores seniores ou prossegue na carreira de professor orientador.

QP5: Quantos descendentes estão se tornando professores ao longo dos anos?

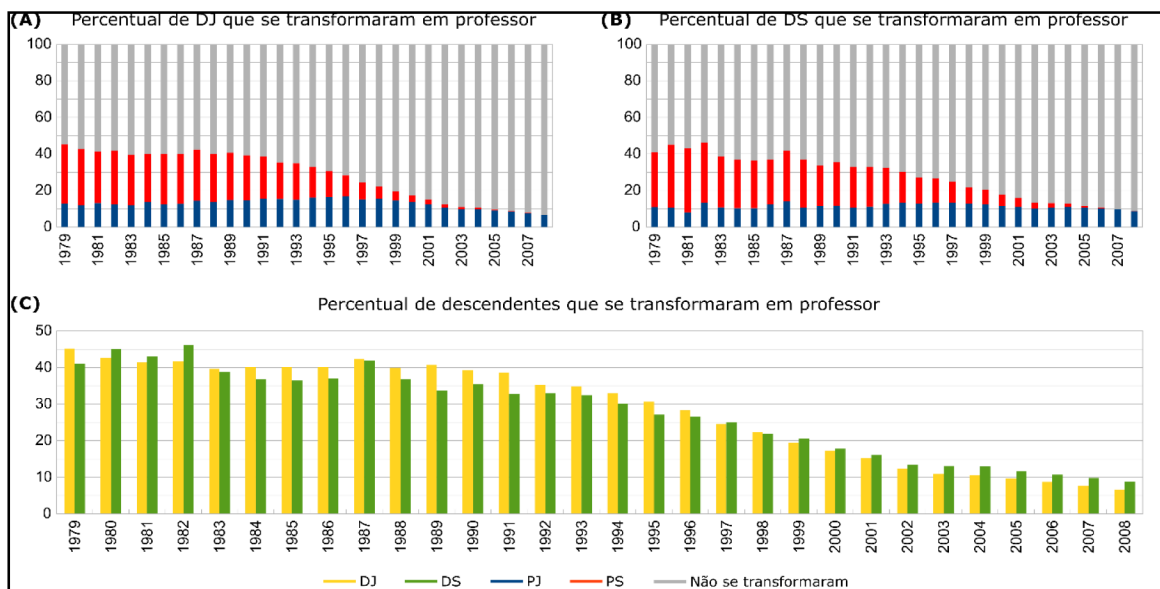
A figura 3.E também mostra a medida de inatividade de orientação para descendentes juniores e seniores, isto é, a população desses acadêmicos que não transitou para professor.

Durante o período analisado observa-se que, para ambos os tipos de descendentes, tem aumentado o valor percentual dessa medida, isto é, menos descendentes estão se transformando em professor.

Vê-se, no entanto, que, nos últimos anos do período, o percentual de inatividade de orientação de DS tem sido maior em relação ao de DJ. Ainda, a figura 3.E ilustra que ambos os tipos de descendentes têm deixado a academia em quantidade semelhante.

Na figura 4 notam-se os percentuais de descendentes juniores (A) e seniores (B) que vêm a se tornar professores juniores e seniores. Também, na figura 5.C, é apresentado o percentual total de descendentes que se transformam em professores, contabilizando-se os dois tipos de descendentes. As frequências foram calculadas partindo-se do ponto de vista do ano de origem dos descendentes, isto é, considerando que um descendente cujo ano de entrada foi t , verificou-se se esse descendente se tornou (ou não se tornou) professor (júnior ou sênior) após o ano t .

Figura 4 – Percentual de acadêmicos originários como DJ ou DS, que se transformaram em professor - período de 1979 até 2008



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

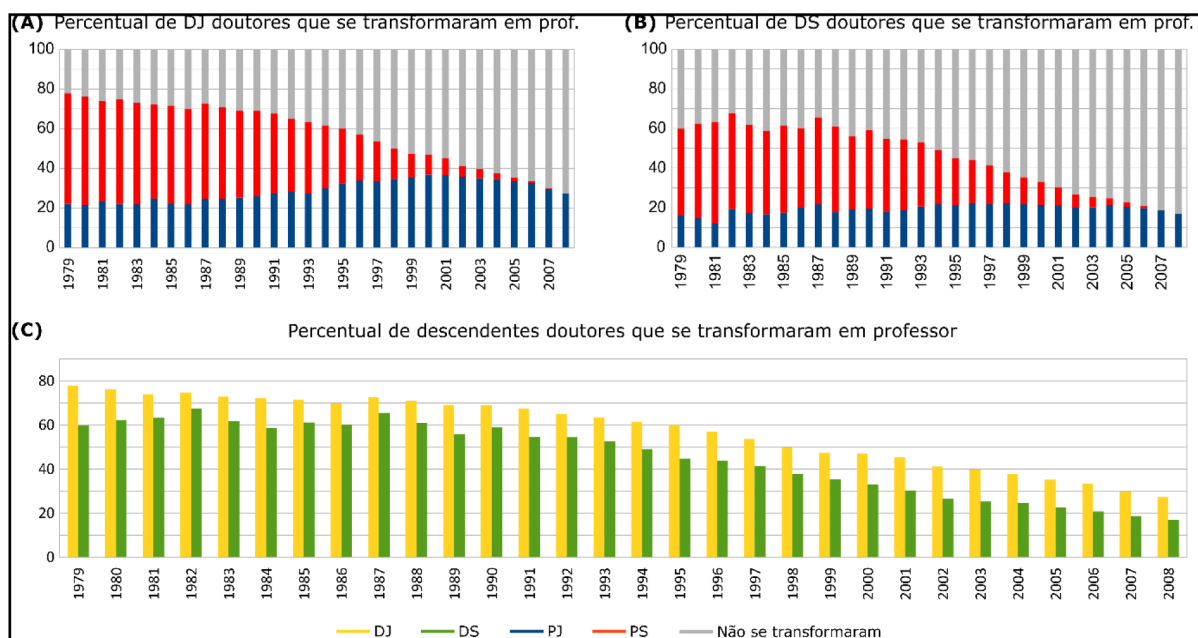
Os dados mostram que, no início da série, cerca de 45% dos acadêmicos DJ e 41% dos DS tornaram-se professor (em algum ano no futuro). No final da série, em 2008, cerca de 6,6% dos descendentes DJ e 8,7% dos descendentes DS transformaram-se em professor. De 1980 a 1982, em 1997 e a partir de 1999, maior proporção de descendentes juniores passa à categoria de professor, no futuro, em relação a descendentes juniores. Ainda, os gráficos destacam que, independentemente do tipo de orientação obtida (se de professor júnior ou de professor sênior), cada vez menos descendentes estão atuando como professor orientador nos anos seguintes analisados

Cabe destacar que essas transformações consideram tanto acadêmicos com nível de mestrado quanto com nível de doutorado.

Nessa situação, os dados podem indicar (a) uma preferência dos mestres em deixar a academia e (b) uma maior exigência para iniciar a carreira docente, dado que, nos últimos anos, as instituições de ensino têm exigido o nível de doutorado.

De modo mais específico, foi avaliado também o percentual de doutores que se converteram em professor orientador, permitindo verificar indícios de afastamento ou não da carreira acadêmica. Para isso, foi preciso restringir os dados de transições a apenas acadêmicos doutores. Nesse sentido, a **Figura 5** apresenta o percentual de acadêmicos DJ doutor e DS doutor que se transformaram em PJ ou PS.

Figura 5 – Percentual de acadêmicos doutores originários como DJ ou DS, que se transformaram em professor - no período de 1979 até 2008



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Nesse caso, observa-se que, em todos os anos, um maior percentual de doutores com origem júnior se transformou em professores doutores, em relação àqueles com origem sênior. Nota-se também um padrão de decréscimo do percentual de descendentes que acessam a carreira docente. Mais doutores estão se formando, logo, as instituições, principalmente no Brasil, podem estar sendo incapazes de absorvê-los.

PRODUTIVIDADE PONDERADA DE ACADÊMICOS

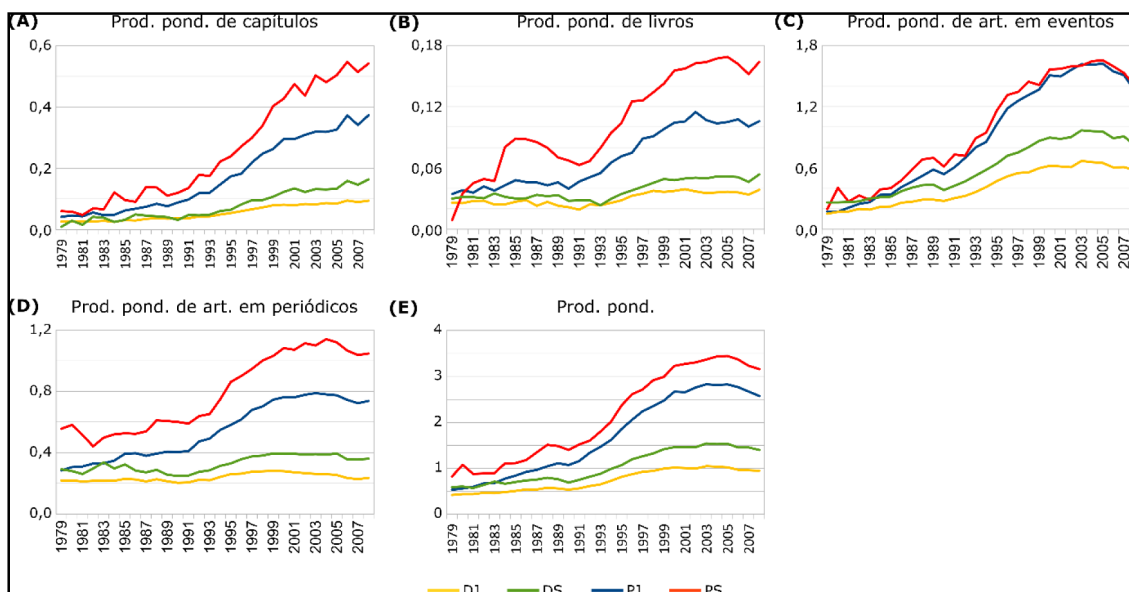
Esta seção aborda o número de publicações de artigos em eventos, periódicos, livros e capítulos de livros por tipo de acadêmico. Uma comparação é feita no sentido de verificar se um determinado tipo de acadêmico possui maior número de publicações em cotejo com os outros tipos. Para auxiliar essa verificação, a figura 6 apresenta a evolução da produtividade ponderada de acadêmicos, no período de 1979 até 2008, concernente a capítulos de livros (A), livros (B), artigos publicados em eventos (C) e em periódicos (D), bem como a produtividade ponderada total (considerando os quatro tipos de publicação, em E).

QP6: Há diferenças na quantidade e no tipo de publicações, considerando os papéis (professor ou descendente) exercidos por acadêmicos?

Como pode ser observado na **Figura 6**, para os quatro tipos de publicações, analisadas isoladamente (gráficos A-D) e em sua totalidade (gráfico E), a produtividade ponderada de PS é maior. E, como esperado (pelo tempo de carreira), a produtividade de PJ é maior que a de descendentes DJ e DS. Em outras palavras, isso significa que professores seniores possuem maior proporção de quantidade de publicações de artigos, capítulos de livros e livros, em comparação com as outras categorias e acadêmicos.

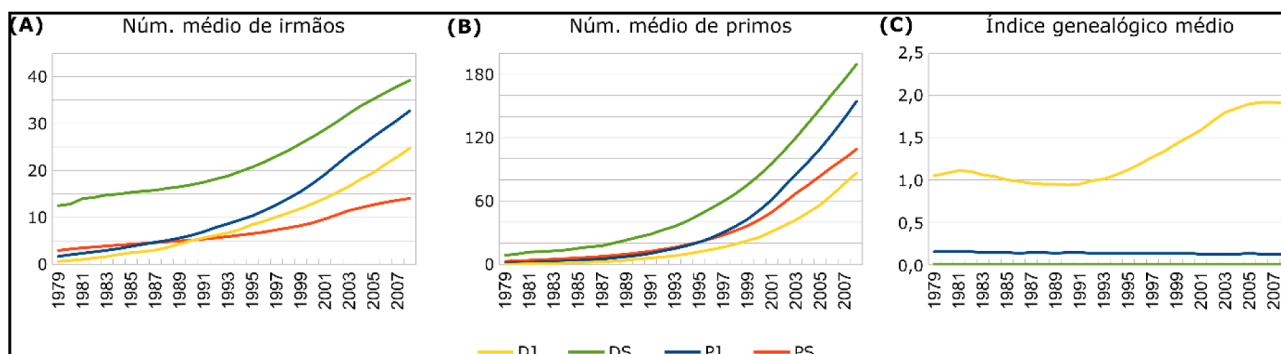
No contexto dos descendentes, cabe atentar-se para o fato de que a produtividade ponderada de DS é maior que a de DJ, isto é, descendentes orientados por professores mais experientes são mais produtivos em relação àqueles orientados por professores menos experientes. Na prática, esses são indícios de que alunos orientados por professores seniores publicam maior quantidade de artigos, capítulos de livros e livros, no cotejo com alunos orientados por professores juniores.

Figura 6 – Produtividade ponderada de acadêmicos total e por tipo de publicação no período de 1979 até 2008



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 7 – Número médio de irmãos, primos e índice genealógico de acadêmicos no período de 1979 até 2008



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Analisar a rede desses acadêmicos pode elucidar uma das razões dessas diferenças de produtividade, dado que as publicações são realizadas, também, em coautoria. Nesse sentido, apresenta-se, na figura 7, o número médio de irmãos, primos e índice genealógico no período de 1979 até 2008, para os quatro tipos de acadêmicos.

Como esperado, o índice genealógico dos acadêmicos PS é maior que o dos outros três tipos de acadêmicos, e o de DJ e DS são semelhantes. Esse resultado é esperado, dado o tempo de carreira que esses acadêmicos possuem. No caso de professores menos experientes, é provável ainda não ter havido tempo hábil para ter outras gerações de descendentes (netos acadêmicos, por exemplo).

Com relação ao número médio de irmãos, nota-se que descendentes seniores possuem os maiores valores (ao longo de toda a série) e descendentes juniores os menores valores (a partir de 1991). Esse é um indício preliminar de que a maior rede dos acadêmicos DS pode influenciar a produção de publicações científicas. Esse fato também é verificado para o número médio de primos acadêmicos.

CONCLUSÕES

Este trabalho desenvolve um modelo populacional de crescimento para analisar grafos de genealogia acadêmica sob a ótica da ocorrência anual de orientações de mestrado e doutorado. Nesse modelo, os acadêmicos mudam de categoria de acordo com os seus respectivos históricos de orientação. Esse modelo então é aplicado aos dados de genealogia acadêmica do Brasil.

Os resultados evidenciam que uma fração cada vez menor de acadêmicos descendentes tem sido convertida em professores orientadores. Em termos bibliométricos, nota-se que professores seniores apresentam uma produtividade ponderada maior do que as demais categorias de acadêmicos. Da mesma forma, seus descendentes são mais produtivos do que os descendentes de professores juniores. Embora este trabalho não aprofunde os mecanismos subjacentes a essa observação, tal correlação de desempenho entre orientadores e orientandos poderia, em princípio, resultar de homofilia na formação das relações de orientação ou de transferência de habilidades inerentes à atividade de pesquisa dos orientadores para os seus orientados. Em trabalhos futuros, pretende-se: (a) empregar o método apresentado neste trabalho em outras bases de genealogia acadêmica; (b) analisar outras medidas de bibliometria, tais como citações; e (c) realizar análise dos dados segundo áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A. L. Diameter of the world wide web. *Nature*, [s. l.], v. 401, p. 130-131, 1999. DOI: 10.1038/43601
- BACAËR, N. *A short history of mathematical population dynamics*. London: Springer Science & Business Media, 2011. 160 p. ISBN: 978-0-85729-115-8. DOI: 10.1007/978-0-85729-115-8
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). *Mestres e doutores 2015: estudos da demografia da base técnico-científica brasileira*. Brasília/DF, 348 p., 2016. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/web/rhcti/mestres-e-doutores-2015>>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- DAMACENO, R. J. P. *et al.* The Brazilian academic genealogy: evidence of advisor–advisee relationships through quantitative analysis. *Scientometrics*, [s. l.], v. 119, n. 1, p. 303-333, 2019. DOI: 10.1007/s11192-019-03023-0
- PRICE, D. J. de S. *Little science, big science*. New York: Columbia University Press, 1963. 119 p. ISBN: 9780231885751
- ERDŐS, P.; RÉNYI, A. On the strength of connectedness of a random graph. *Acta Mathematica Hungarica*, v. 12, n. 1-2, p. 261-267, 1961. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02066689>
- JACKSON, M. O.; ROGERS, B. W. Meeting strangers and friends of friends: how random are social networks?. *American Economic Review*, [s. l.], v. 97, n. 3, p. 890-915, 2007. DOI: 10.1257/aer.97.3.890
- MALTHUS, T. R.; WINCH, D.; JAMES, P. *Malthus: an essay on the principle of population*. [s. l.]: Cambridge University Press, 1992. 430 p. ISBN-13 : 978-0521429726
- ROSSI, L. *et al.* Topological metrics in academic genealogy graphs. *Journal of Informetrics*, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 1042-1058, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.08.004>
- ROSSI, L.; FREIRE, I. L.; MENA-CHALCO, J. P. Genealogical index: a metric to analyze advisor–advisee relationships. *Journal of Informetrics*, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 564-582, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.04.001>
- WU, Y.; VENKATRAMANAN, S.; CHIU, D. A population model for academia: case study of the computer science community using DBLP bibliography 1960-2016. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 258-268, 2018. DOI: 10.1109/tetc.2018.2855156