Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Programa de Pós-graduação em Física

Dinâmica de Redes de Corrupção Política

Candidato: Alvaro Franco Martins
Orientador: Haroldo Valentin Ribeiro

Maringá, 25 de Março de 2021.

O problema da corrupção

O **conceito de corrupção** é **dinâmico** e os agentes **envolvidos** procuram constantemente por novas maneiras de **legitimar suas ações criminosas.**

Organizações criminosas e **corrupção** representam um **problema transnacional** capaz de afetar profundamente o bem-estar coletivo da **sociedade.**

O **Banco Mundial** estima que o **custo anual da corrupção** ultrapassa os **3 trilhões de dólares**, sendo 1 trilhão só em propinas.

Em linhas gerais, a corrupção

- Dificulta o desenvolvimento da economia;
- Limita inovação;
- Prejudica o meio ambiente;
- Promove desigualdade social;

Sistemas complexos como uma abordagem para estudar redes de corrupção

Organizações criminosas não **operam de forma aleatória** e tampouco **uniforme** no tempo e espaço.

O funcionamento dessas organizações depende de um **sofisticado grau de coordenação** entre os agentes criminosos.

Fenômenos que surgem dessas interações são marcados por **respostas não lineares** e **comportamentos emergentes difíceis de prever**.

Esses sistemas são difíceis de serem modelados e entendidos a partir de **abordagens tradicionais de estatística**.

Sistemas complexos como uma abordagem para estudar redes de corrupção

Levando em conta seus aspectos não triviais, esse tema tem sido **tratado com sucesso** por abordagens científicas e objetivas advindas de **ciência de redes** e **sistemas complexos**.

The dynamical structure of political corruption networks
Haroldo V Ribeiro, Luiz G A Alves, Alvaro F Martins, Ervin K Lenzi, Matjaž Perc

Unveiling relationships between crime and property in England and Wales via density scale-adjusted metrics and network tools
Haroldo V. Ribeiro, Quentin S. Hanley, Dan Lewis

Topology, robustness, and structural controllability of the Brazilian Federal Police criminal intelligence network
Bruno Requião da Cunha & Sebastián Gonçalves

Fast Fragmentation of Networks Using Module-Based Attacks
Bruno Requião da Cunha, Juan Carlos González-Avella, Sebastián Gonçalves

Communities in criminal networks: A case study
Francesco Calderoni [a], Domenico Brunetto [b], Carlo Piccardi [c]

Scaling laws in the dynamics of crime growth rate
Luiz G.A. Alves, Haroldo V. Ribeiro, Renio S. Mendes

Corruption and complexity: a scientific framework for the analysis of corruption networks
Issa Luna-Pla & José R. Nicolás-Carlock

Em nosso estudo, a representação de **sistemas complexos** está embasada em **ciência de redes**:

- Vértices representam criminosos ou suspeitos;
- Conexões indicam as parcerias entre esses indivíduos;

Nosso estudo anterior sobre a rede de corrupção brasileira

Journal of Complex Networks (2018) **0000**, 1–15
doi: 10.1093/comnet/cny002

The dynamical structure of political corruption networks

HAROLDO V. RIBEIRO†
Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, Maringé, PR 87020-900, Brazil
†Corresponding author. Email: hvr@dfi.uem.br

LUIZ G. A. ALVES
Institute of Mathematics and Computer Science, University of São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense 400, São Carlos, SP 13566-590, Brazil

ALVARO F. MARTINS
Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, Maringá, PR 87020-900, Brazil

ERVIN K. LENZI
Departamento de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. General Carlos Cavalcanti 4748, Ponta Grossa, PR 84030-900, Brazil

AND

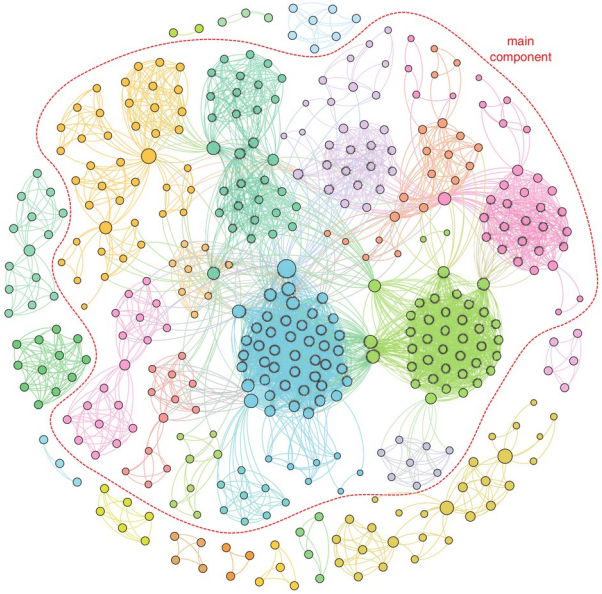
MATJAŽ PERC
Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Maribor, Koroška cesta 160, SI-2000 Maribor, Slovenia,CAMTP – Center for Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Maribor, Mladinska 3, SI-2000 Maribor, Slovenia and Complexity Science Hub, Josefstädterstraße 39, A-1080 Vienna, Austria

Edited by: Ernesto Estrada

[Received on 12 December 2017; editorial decision on 2 January 2018; accepted on 5 January 2018]

Corruptive behaviour in politics limits economic growth, embezzles public funds and promotes socio-economic inequality in modern democracies. We analyse well-documented political corruption scandals in Brazil over the past 27 years, focusing on the dynamical structure of networks where two individuals are connected if they were involved in the same scandal. Our research reveals that corruption runs in small groups that rarely comprise more than eight people, in networks that have hubs and a modular structure that encompasses more than one corruption scandal. We observe abrupt changes in the size of the largest connected component and in the degree distribution, which are due to the coalescence of different modules when new scandals come to light or when governments change. We show further that the dynamical structure of political corruption networks can be used for successfully predicting partners in future scandals. We discuss the important role of network science in detecting and mitigating political corruption.

Keywords: corruption; social network; official misconduct; political behaviour.



- 27 anos (de 1987 a 2014);
- 65 escândalos de corrupção;
- 404 pessoas envolvidas;

A corrupção na Espanha

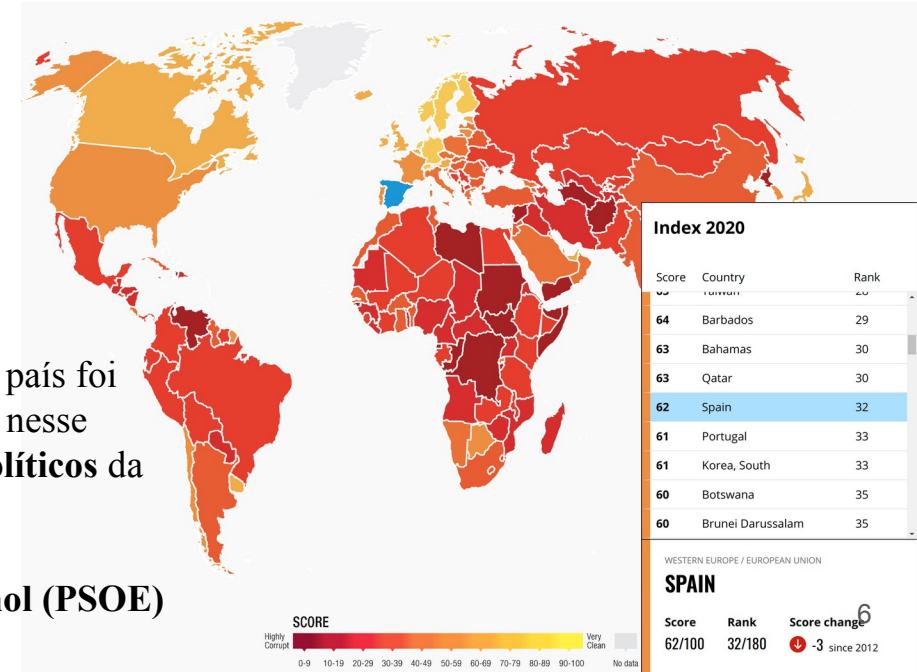
Pesquisas de opinião pública de 2017 sugerem que **94% dos cidadãos** espanhóis **enxergam corrupção** como um **problema generalizado**.

Estimativas de 2018 indicam que os **custos da corrupção** espanhola **ultrapassam 90 bilhões** de euros anualmente, correspondendo a cerca de **8% do PIB do país**.

De acordo com o **Índice de Percepção de Corrupção**, o país possui uma **pontuação abaixo da média** dos países da União Europeia.

Durante a **crise de 2008**, a opinião pública sobre a situação do país foi agravada por diversos **escândalos de corrupção** que surgiram nesse período, vários deles associados aos **dois maiores partidos políticos** da Espanha:

Partido Popular (PP) e **Partido Socialista Operário Espanhol (PSOE)**



Informações sobre a corrupção espanhola

Apesar da importância do tema, **existem poucos** estudos que abordam o problema da corrupção de **forma empírica e direta**.

A ausência de dados é o fator limitante.

No caso da Espanha, existe uma **base de dados** compilada a partir de **notícias** de jornais e revistas de **grande circulação.**

A página www.casos-aislados.com apresenta uma listagem dos casos de corrupção da Espanha. Essa página não está vinculada a partidos políticos ou organizações privadas e tem por objetivo fornecer informações atualizadas sobre os escândalos de corrupção espanhóis.

Apesar de problemas relacionados a possíveis viéses dessa mídia, jornais e revistas de grande circulação oferecem a **maior parte das informações** públicas sobre **corrupção**.

Base de dados

casos-aislados.com

CASOSAISLADOS
DE UNA CORRUPCIÓN SISTÉMICA

Coste total estimado:
124.124.090.826 €

Inicio | Casos Aislados | Estadísticas | Colabora | Contacto

Caso 3 per cent
- Partido/Org: CDC
- Lugar: Cataluña
- Coste: 1.800.000.000

cdc

Caso À Punt
- Partido/Org: Empresas Públicas
- Lugar: Comunidad Valenciana
- Coste: N/A

EMPRESAS Públicas

Caso Abogados Melilla
- Partido/Org: PP
- Lugar: Melilla
- Coste: 1.114.510

POPULARES

Caso Aceinsa
- Partido/Org: PP
- Lugar: Castilla y León
- Coste: 300.000

POPULARES

Caso Aceinsa II
- Partido/Org: PP
- Lugar: Castilla y León
- Coste: 700.000

POPULARES

Caso ACM
- Partido/Org: PSOE
- Lugar: Andalucía
- Coste: 500.000

PSOE

Caso Acuamed
- Partido/Org: PP
- Lugar: Comunidad Valenciana
- Coste: 20.000.000

POPULARES

Caso ADIF/AVE La Sagrera
- Partido/Org: Empresas
- Lugar: Nacional
- Coste: 133.000.000

EMPRESAS

Caso ADIF/AVE Murcia
- Partido/Org: Empresas
- Lugar: Región de Murcia
- Coste: 25.000.000

EMPRESAS

Caso Adigsa
- Partido/Org: CDC
- Lugar: Cataluña
- Coste: 120.031

cdc

Caso Aerocas
- Partido/Org: PP
- Lugar: Comunidad Valenciana
- Coste: 3.600.000

POPULARES

Caso Aerolíneas Argentinas
- Partido/Org: Empresas
- Lugar: Nacional
- Coste: 99.049.520

EMPRESAS

Sobre el Caso Aerolíneas Argentinas

Compartir 0 | Twittear

El juez de lo Penal de la Audiencia Nacional José María Vázquez Honrubia ha condenado al expresidente de la patronal CEOE Gerardo Díaz Ferrán a dos años y dos meses de prisión por un delito contra la Hacienda Pública por la compra de Aerolíneas Argentinas por parte de las empresas Air Comet y Viajes Marsans.

El magistrado ha impuesto, además, al expresidente de la patronal el pago de una multa conjunta de 99,04 millones de euros por impago del Impuesto de Sociedades de 2001, derivado de la operación de compra de la aerolínea argentina.

Se trata de la primera condena que se impone al expresidente de la patronal española, que aguarda en prisión -en la que ingresó hace poco más de un año- hasta que se abra otro juicio contra él por el vaciamiento patrimonial del Grupo Marsans. La sentencia emitida este martes por la Audiencia Nacional no es firme y contra ella cabe recurso.

Leer más...

Resumen
- Partido/Org: Empresas
- Lugar: Nacional
- Coste aprox.: 99.049.520 €
- Total implicados: 2
- Año de los hechos: 2001
- Estado judicial: Cerrado con condenas

EMPRESAS

Actualizado el: 05 de Abril del 2019

Implicados

GERARDO DÍAZ FERRÁNN
- Situación Judicial: Condenado
- Delito: Delito contra la Hacienda Pública
- Cargo: Ex-presidente de la CEOE

Condenado a dos años y dos meses de prisión

ANTONIO MATA RAMAYO
- Situación Judicial: Condenado
- Delito: Delito contra la Hacienda Pública
- Cargo: Ex-presidente de Aerolíneas Argentinas

Condenado a dos años y dos meses de prisión

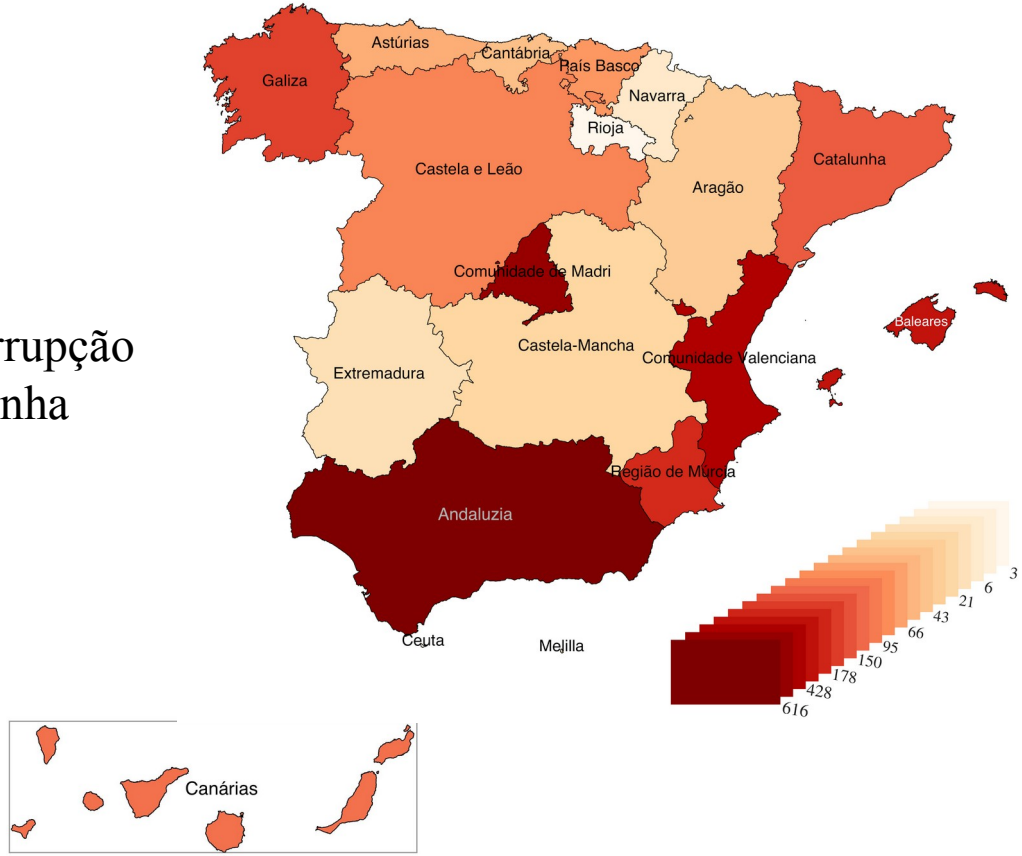
Base de dados

	Ano	Região	Dados dos envolvidos	Nome do escândalo	Partidos/organizações
0	1989	Comunidad de Madrid	[envolvidos, cargos]	Gürtel/Primera Época	PP
1	1990	País Vasco	[envolvidos, cargos]	Hacienda de Irún	PNV
2	1990	Cataluña	[envolvidos, cargos]	Treball	CiU
3	1991	País Vasco	[envolvidos, cargos]	Pagalday	PNV
4	1992	Galicia	[envolvidos, cargos]	PP de Valga	PP
5	1993	Comunidad de Madrid	[envolvidos, cargos]	Banesto	Bancos
6	1993	Comunidad Valenciana	[envolvidos, cargos]	Carmelitas	PP
7	1994	Navarra	[envolvidos, cargos]	Urralburu	PSOE
8	1995	La Rioja	[envolvidos, cargos]	Casalarreina	PP
9	1995	Cataluña	[envolvidos, cargos]	Hacienda	PSOE
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
430	2017	Comunidad de Madrid	[envolvidos, cargos]	Rosario	Empresas
431	2017	Región de Murcia	[envolvidos, cargos]	Soler	Cs
432	2017	Comunidad Valenciana	[envolvidos, cargos]	À Punt	Empresas Públicas
433	2017	Comunidad Valenciana	[envolvidos, cargos]	Cártel del fuego	PP
434	2017	Galicia	[envolvidos, cargos]	Cebra	PP
435	2018	Comunidad Valenciana	[envolvidos, cargos]	Brugger	PP
436	2018	Comunidad Valenciana	[envolvidos, cargos]	Maratón Santa Pola	PSOE

- 30 anos (de 1989 a 2018);
- 437 escândalos de corrupção;
- 2753 pessoas envolvidas;

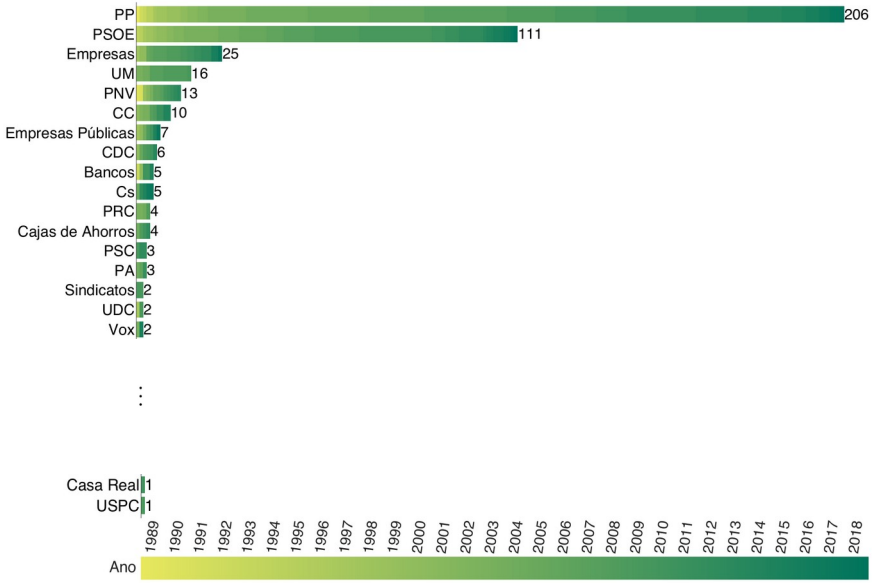
Demografia da corrupção espanhola

Envolvidos em corrupção por região da Espanha

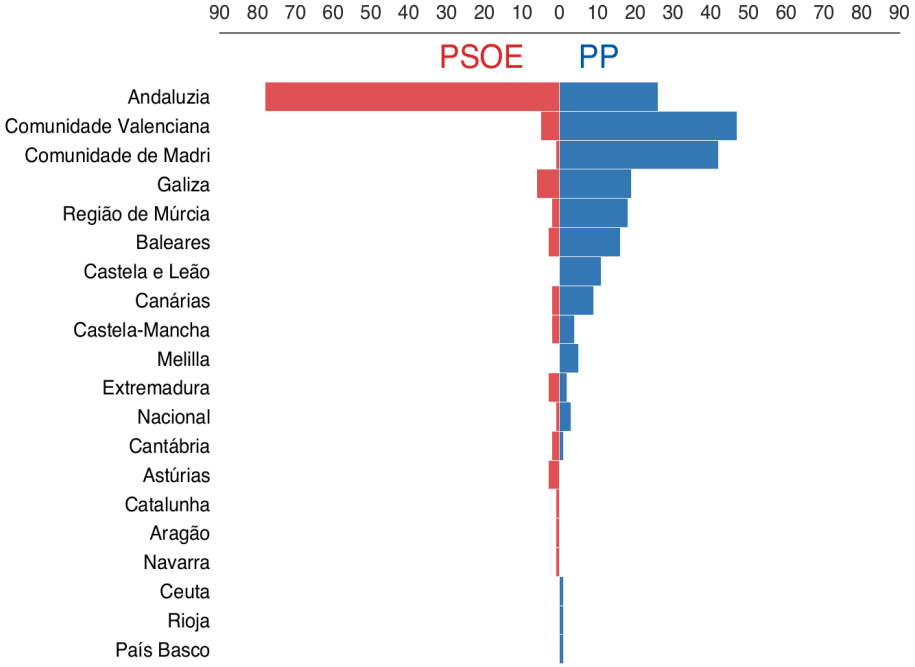


Demografia da corrupção espanhola

Número de escândalos por partidos e organizações espanholas

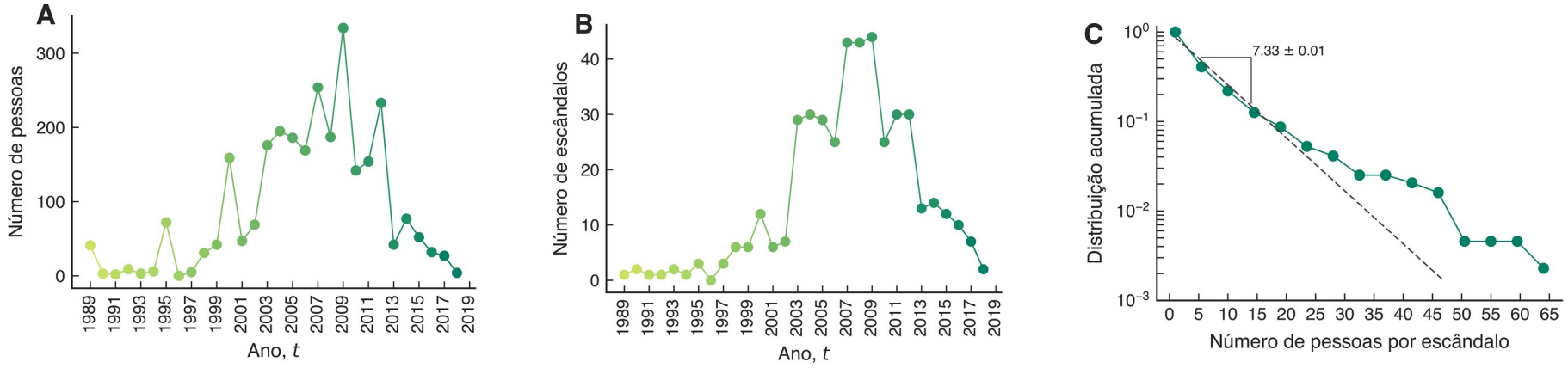


Número de **escândalos** por região para os dois maiores partidos espanhóis



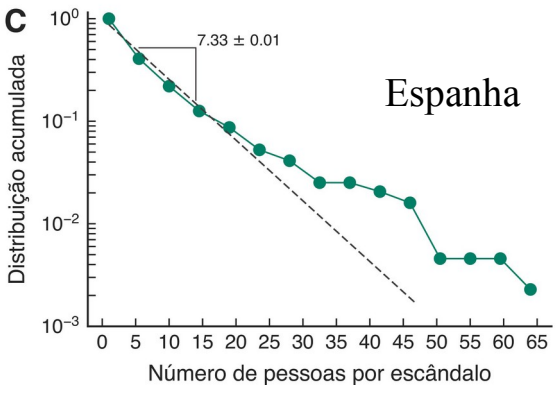
PP e PSOE > 72 % de todos os escândalos

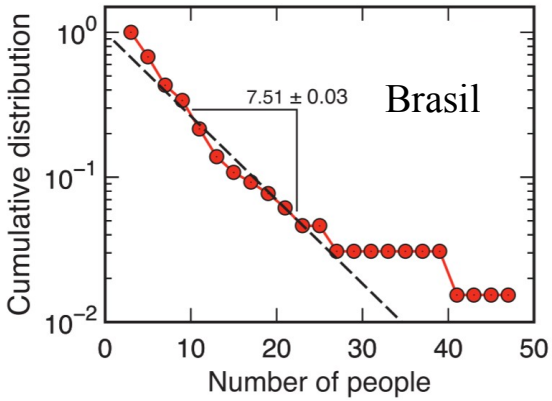
Séries temporais do número de escândalos e envolvidos em corrupção na Espanha



Apenas 20% de todos os casos de corrupção espanhóis possuem mais de 10 envolvidos.

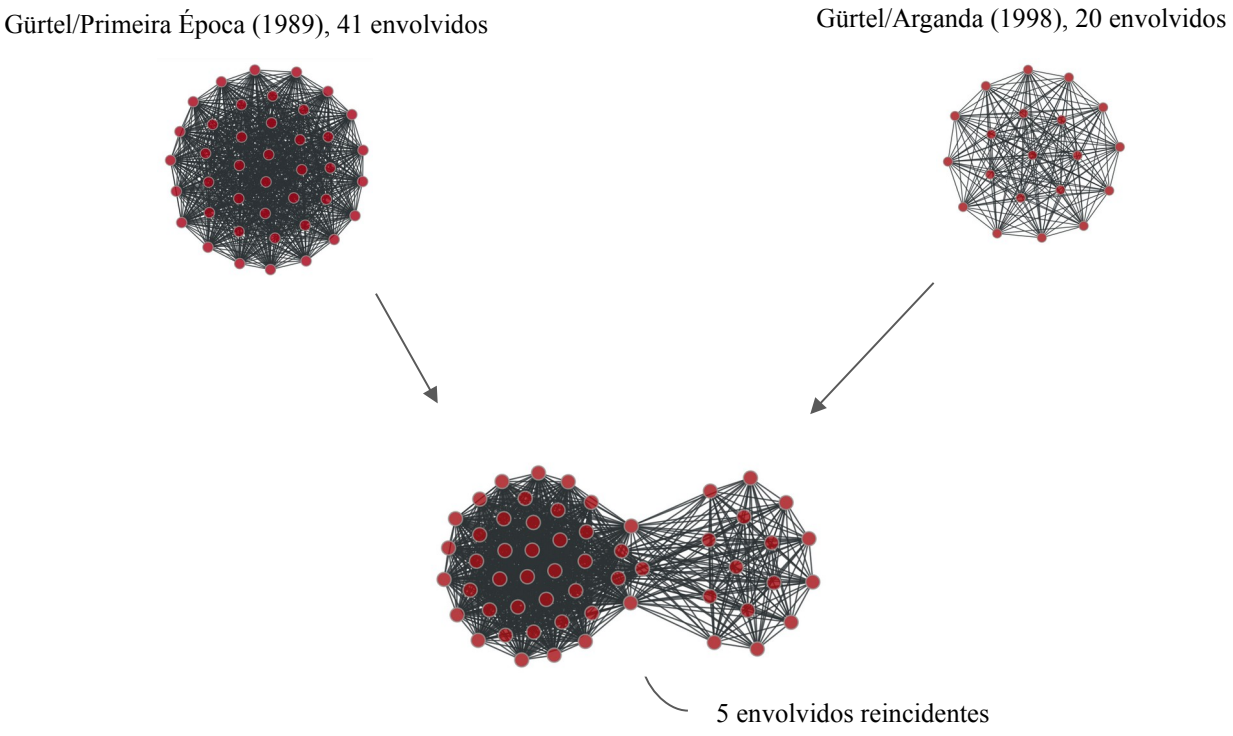
Número típico de pessoas por escândalos de corrupção





Esses resultados reforçam a hipótese de que as pessoas tendem a agir em grupos pequenos, provavelmente pela maior facilidade em manter a atividade ilícita oculta.

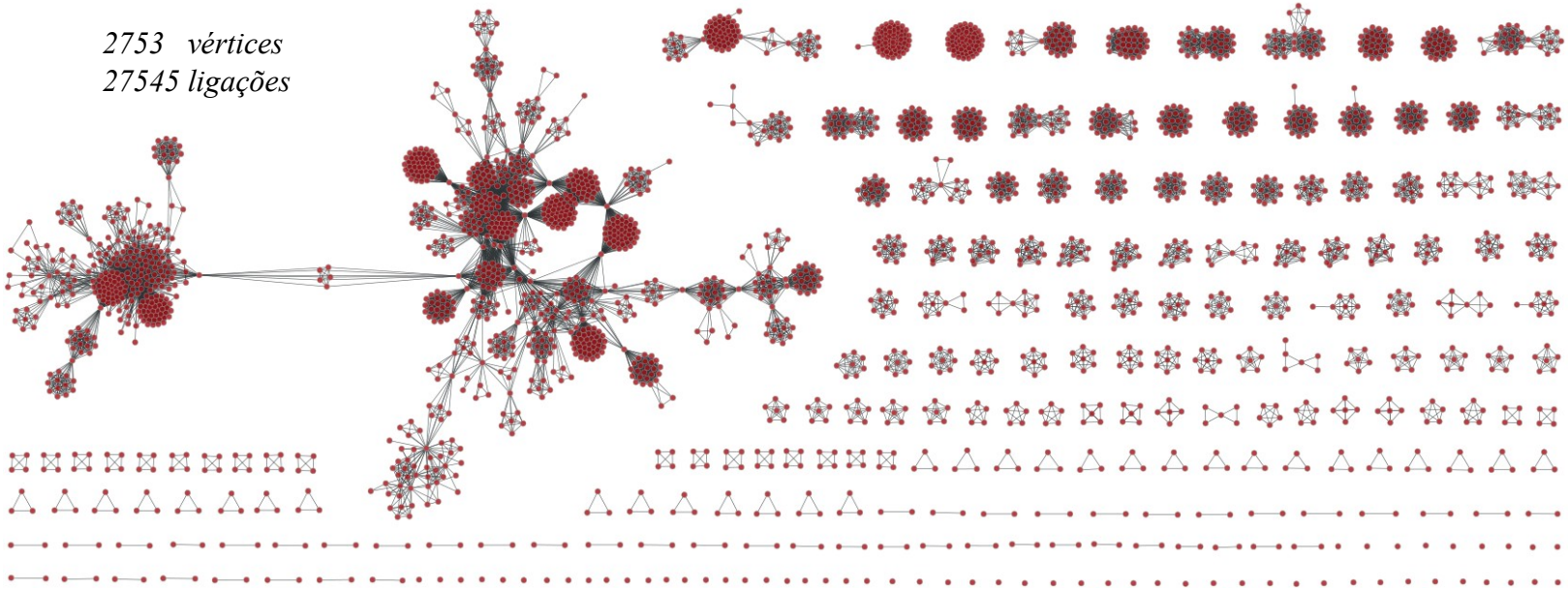
Formação da rede de corrupção espanhola



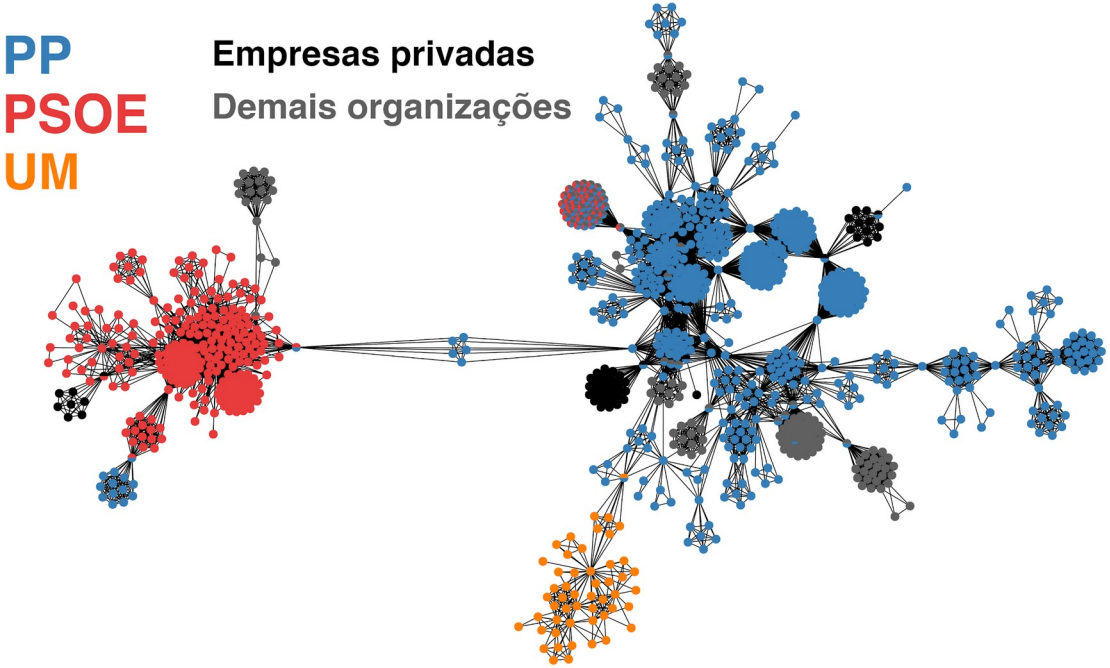
Rede de corrupção espanhola (1989 - 2018)

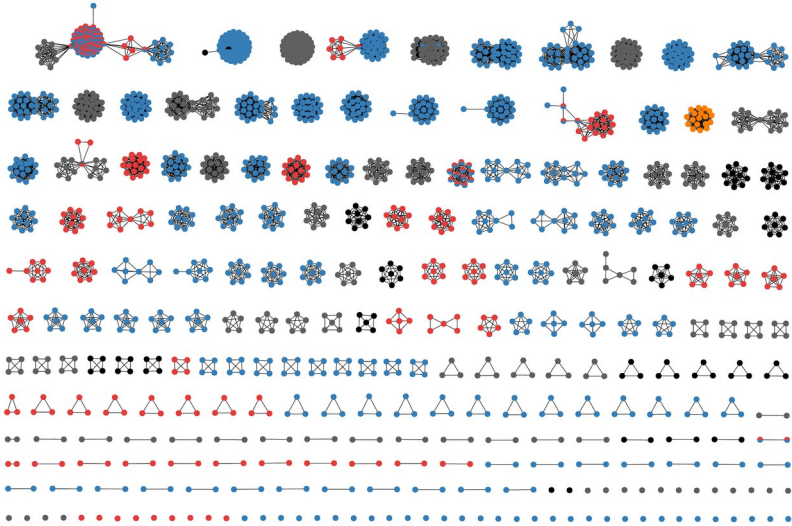
197 + 55 componentes conectadas

2753 vértices
27545 ligações



Rede de corrupção espanhola (1989 - 2018)

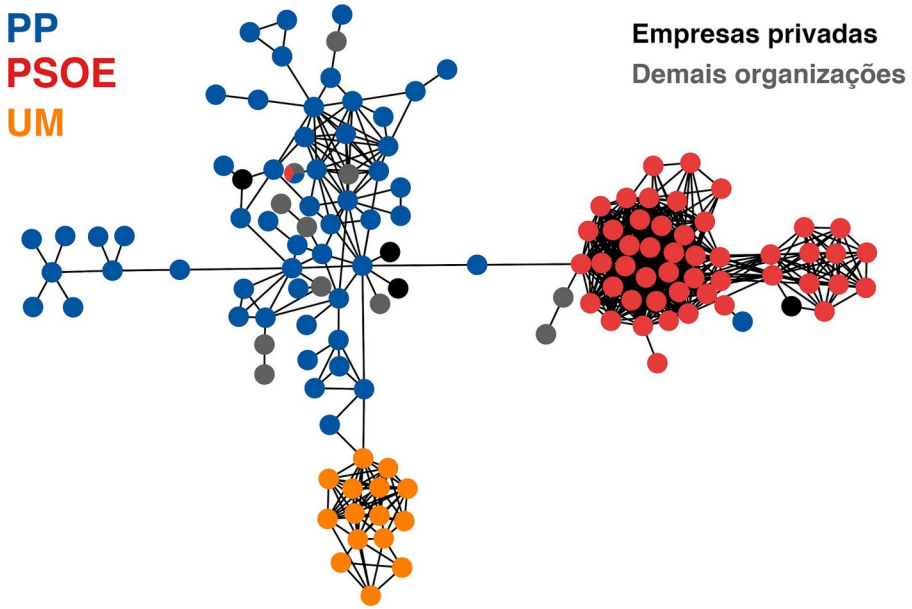


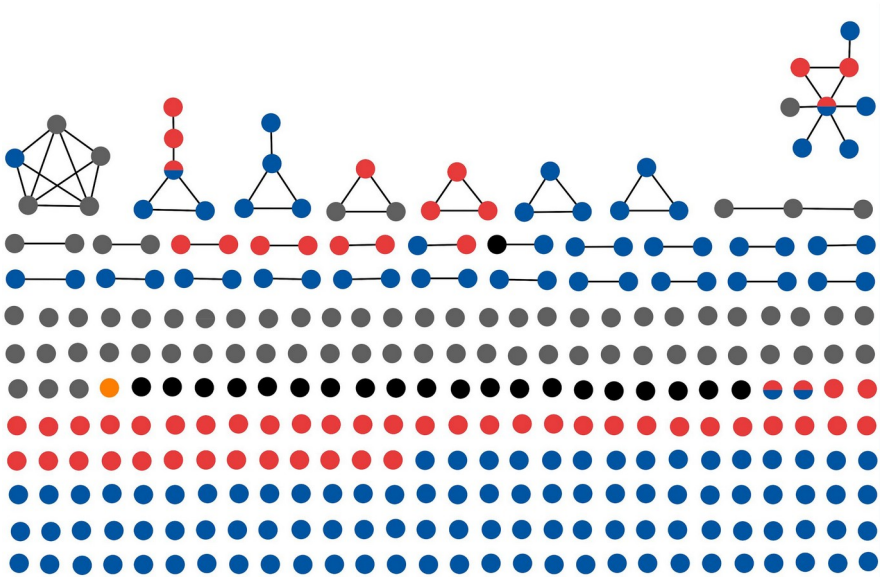


Polarização entre os partidos políticos na rede.

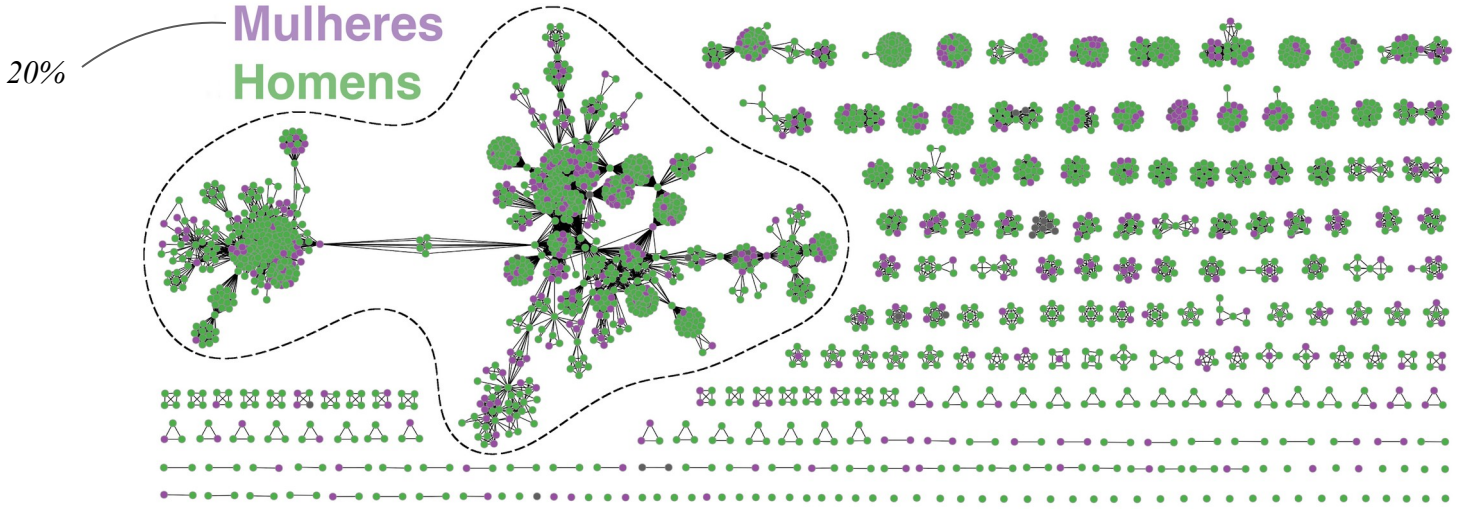
Contribui para que os escândalos fiquem mais distantes dos outros partidos, evitando descobrimento.

Rede dos escândalos de corrupção espanhóis (1989 - 2018)





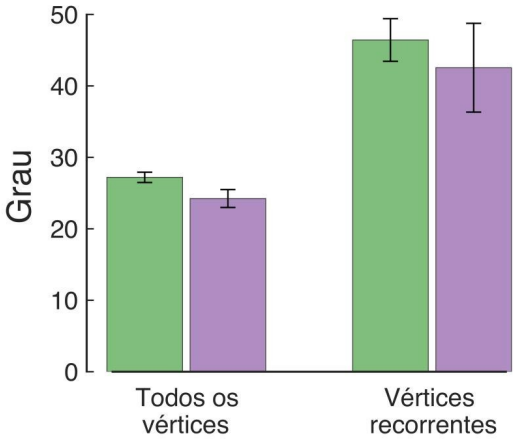
Participação de cada gênero na rede de corrupção espanhola

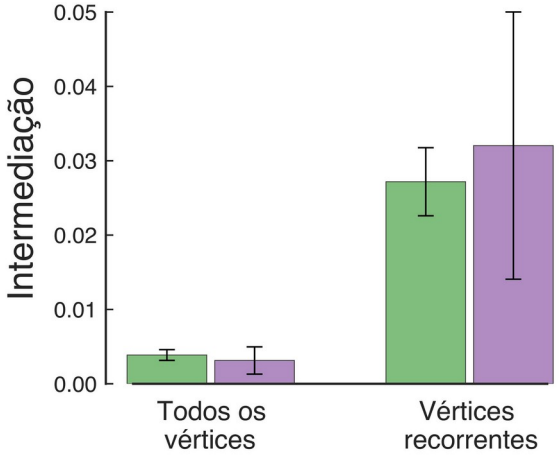


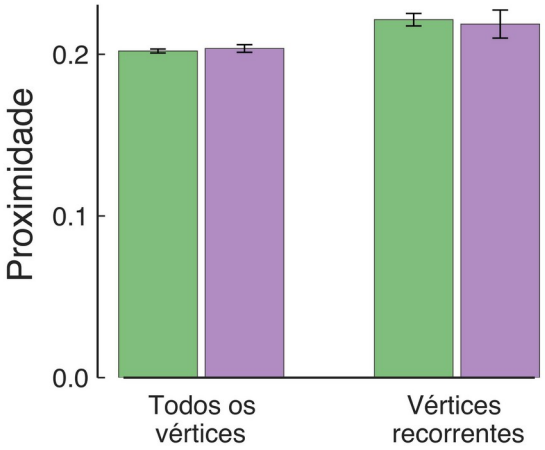
Taxa de reincidência criminosa

- *9%* homens
- *7%* mulheres

Participação de cada gênero na rede de corrupção espanhola: Medidas de centralidade



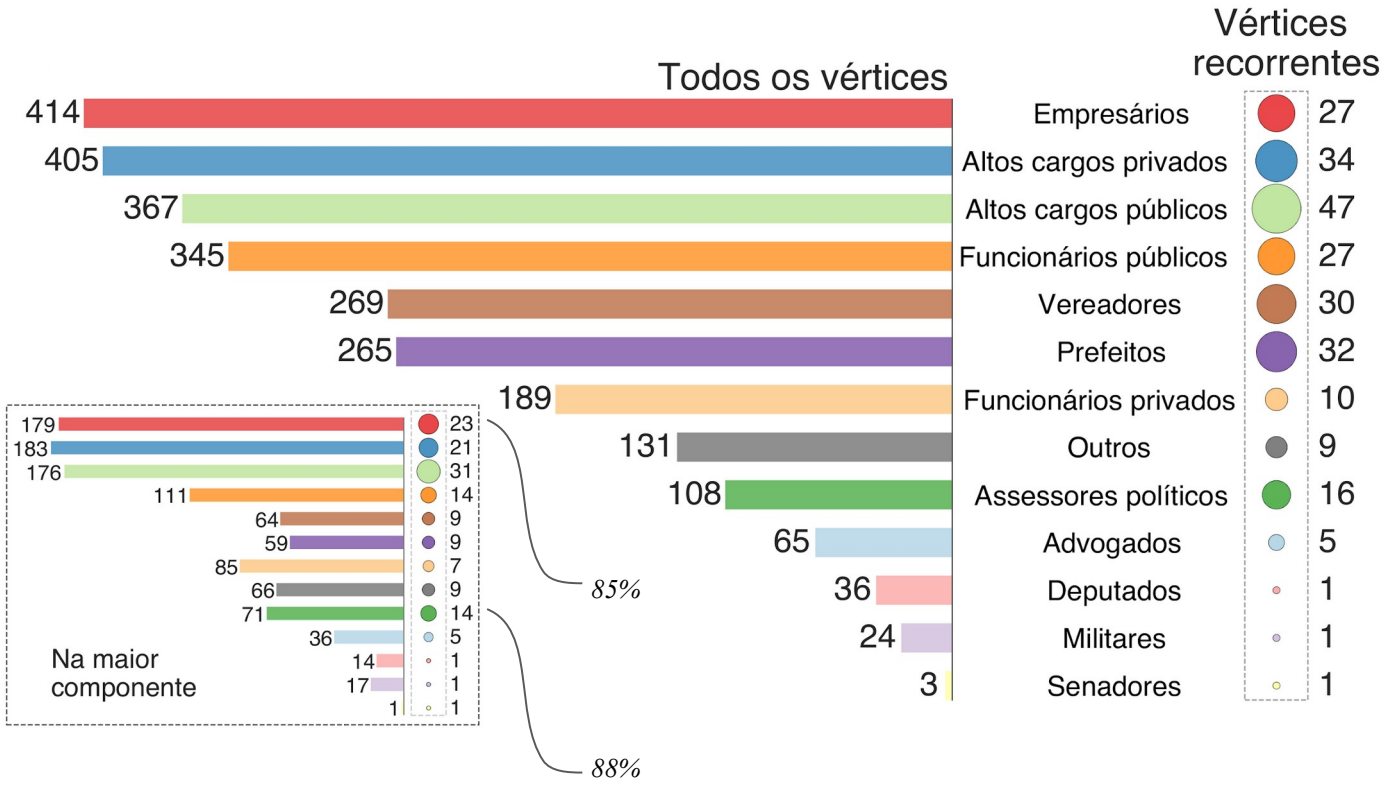




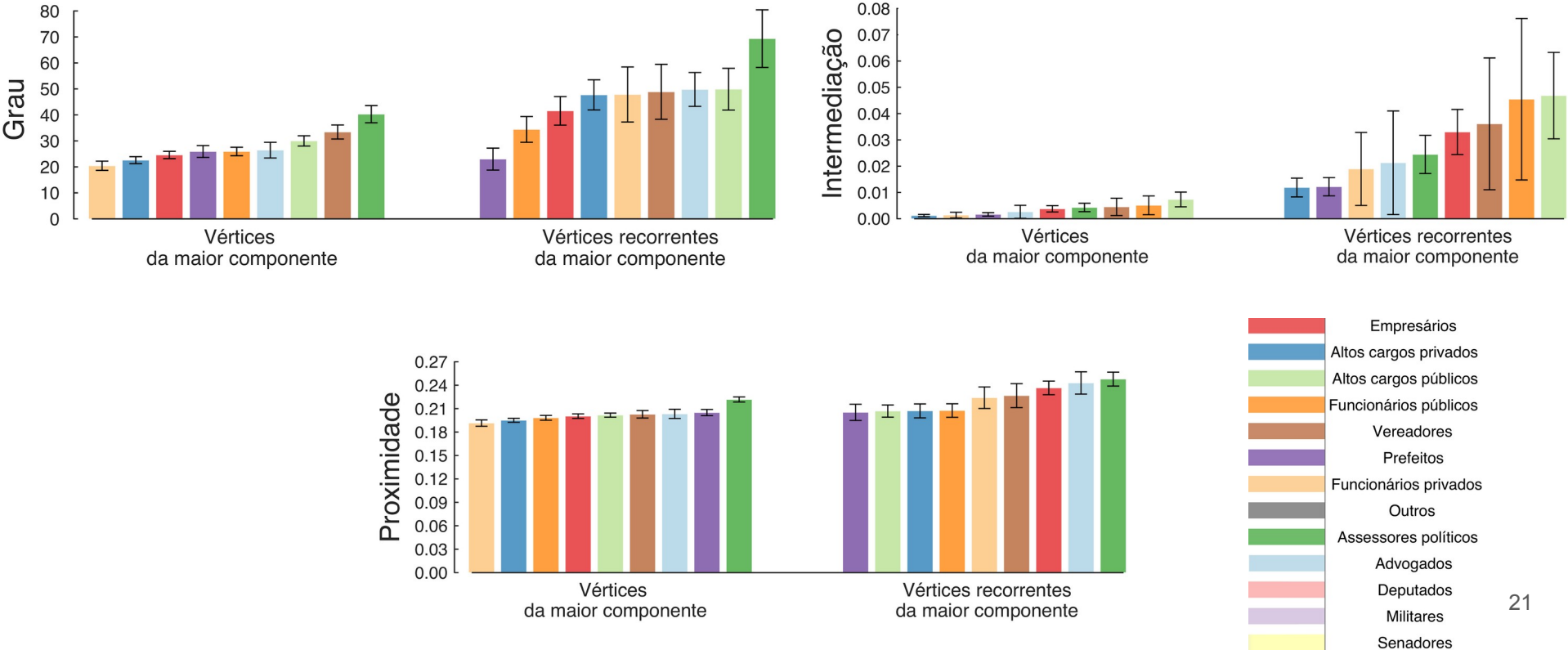
p-valores do teste t de Welch

	Todos os vértices	Vértices recorrentes
Grau	0.041	0.577
Intermediação	0.709	0.796
Proximidade	0.563	0.777

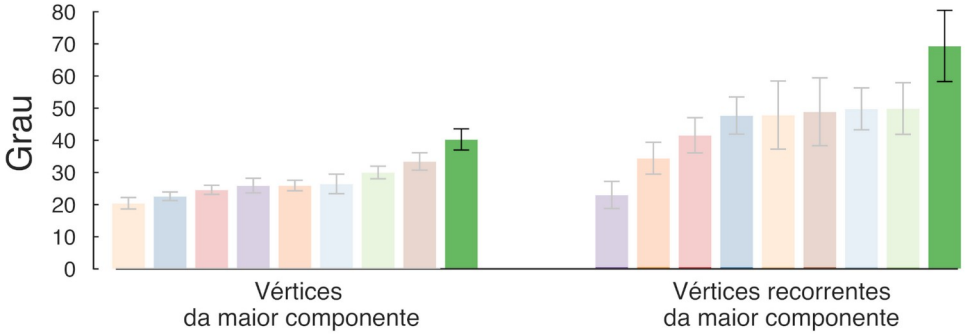
Participação de cada categoria na rede de corrupção espanhola

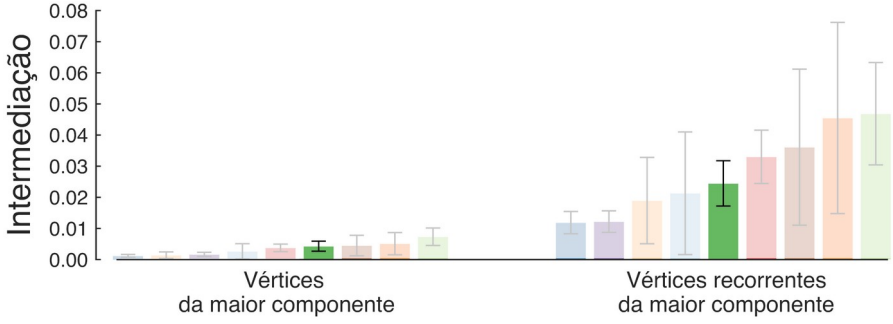


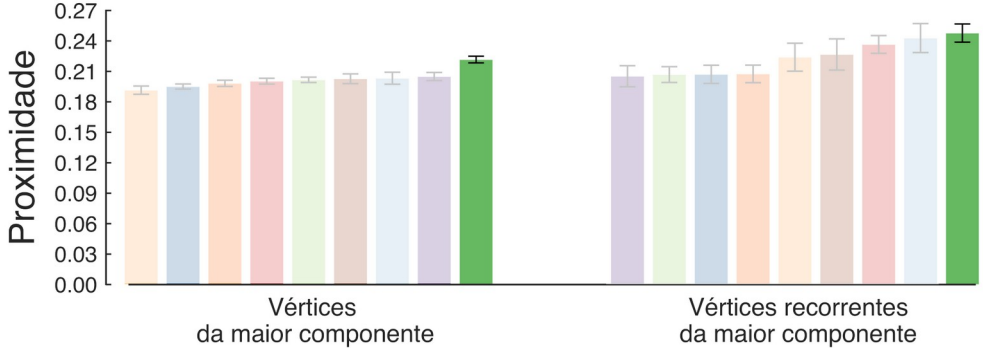
Participação de cada categoria na rede de corrupção espanhola: Medidas de centralidade



Participação de cada categoria na rede de corrupção espanhola: Medidas de centralidade





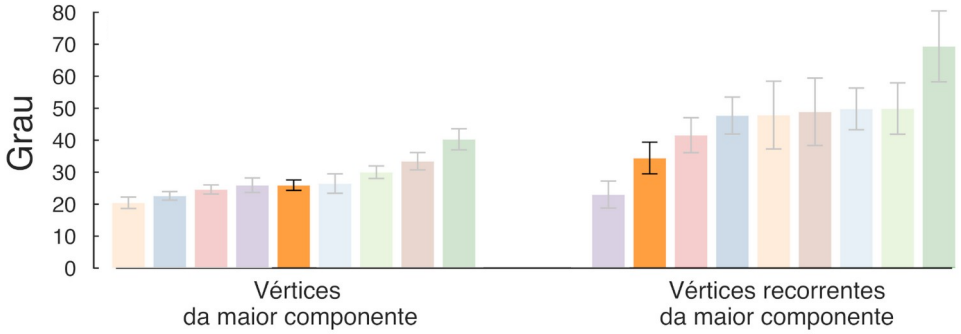


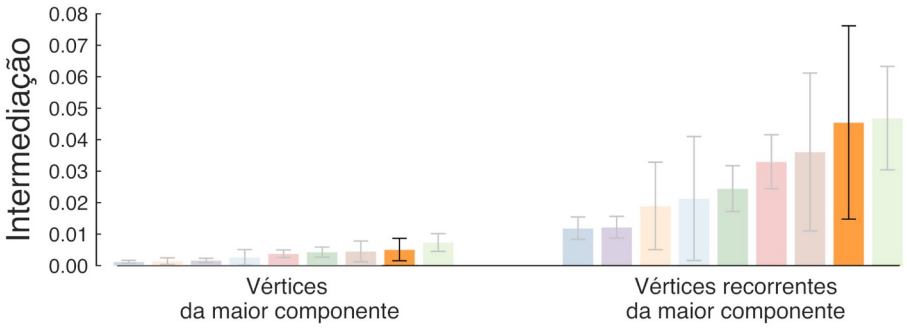
88% de envolvidos reincidentes na maior componente

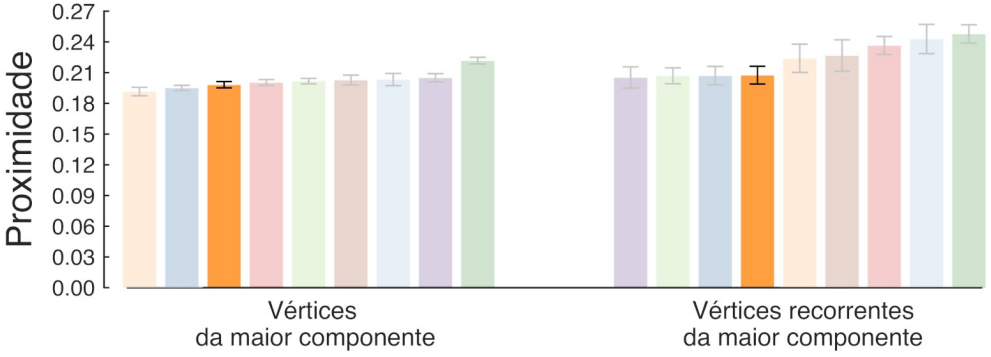
Assessores políticos

Assessores políticos:
Papel mais local na rede

Participação de cada categoria na rede de corrupção espanhola: Medidas de centralidade



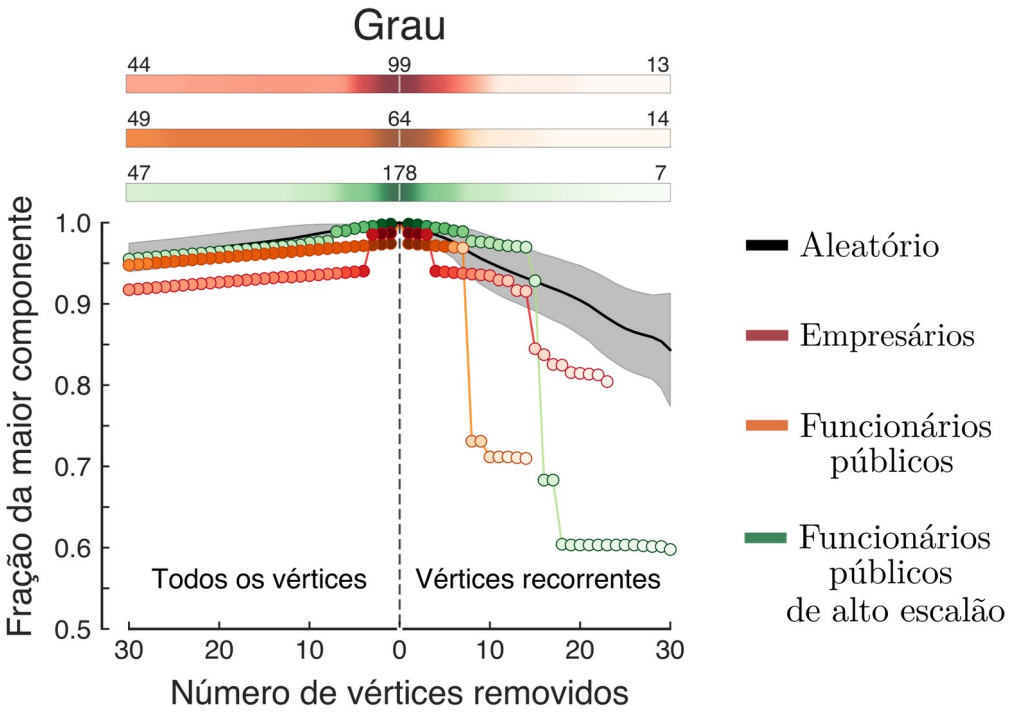




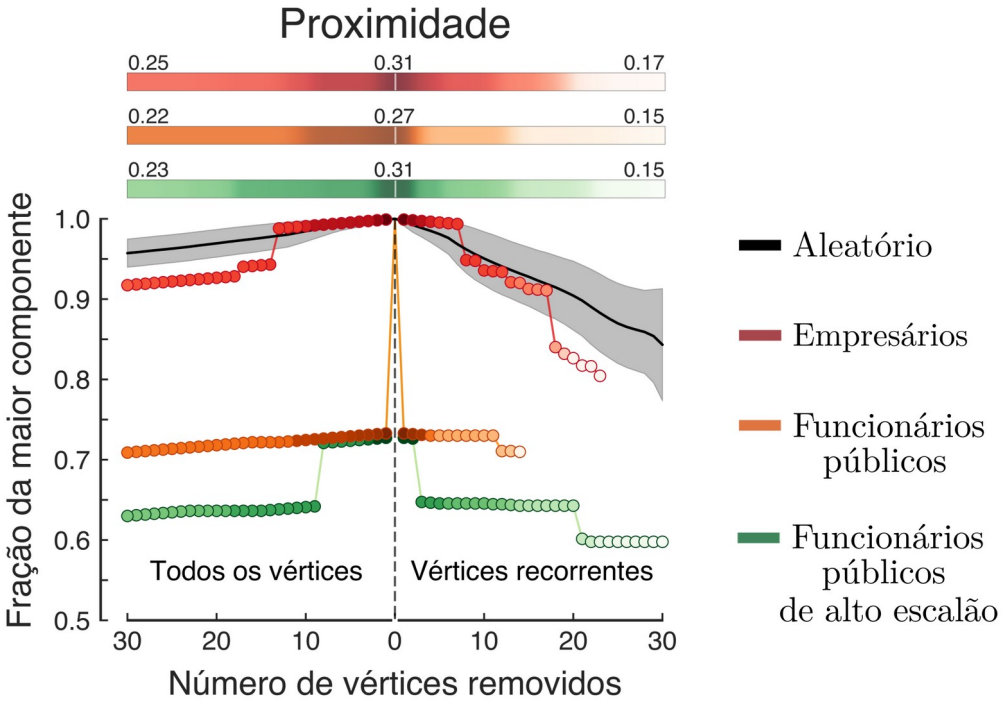
52% de envolvidos reincidentes na maior componente

Funcionários públicos: Responsáveis por conectar partes importantes da rede por meio de reincidência

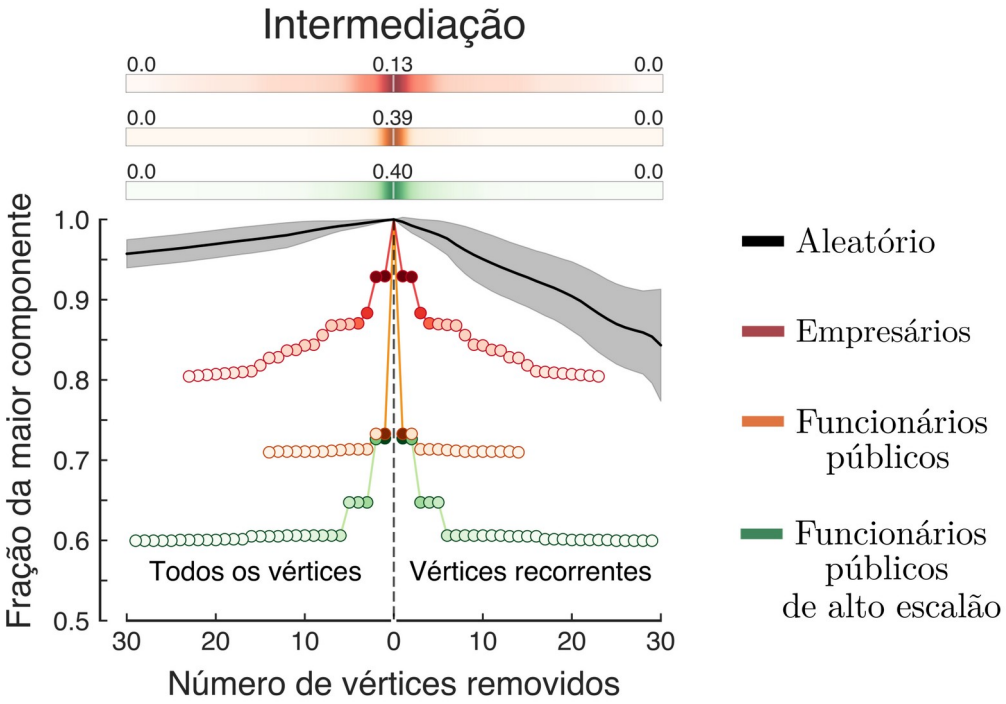
Desmantelamento da rede de corrupção espanhola



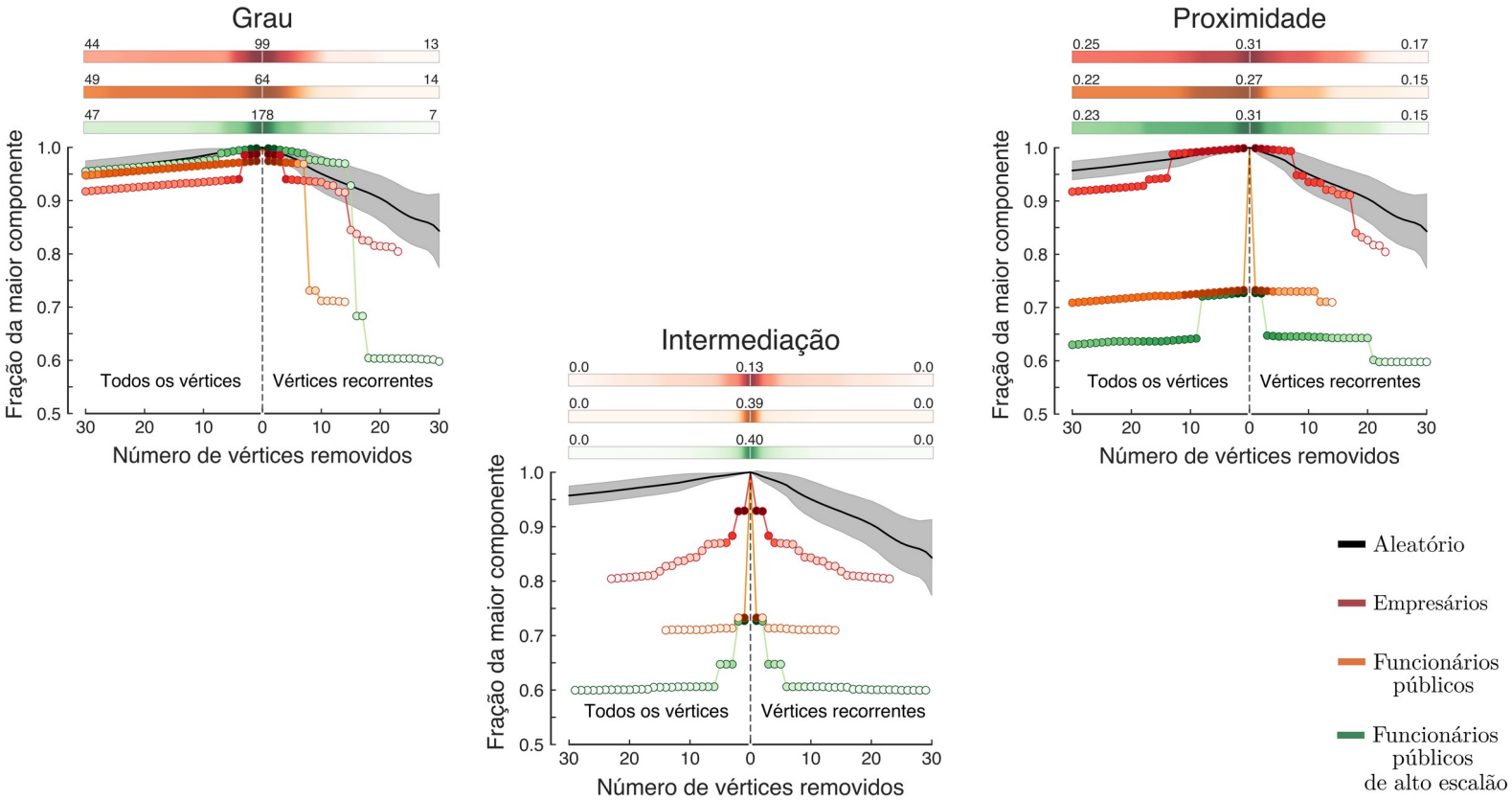
Desmantelamento da rede de corrupção espanhola



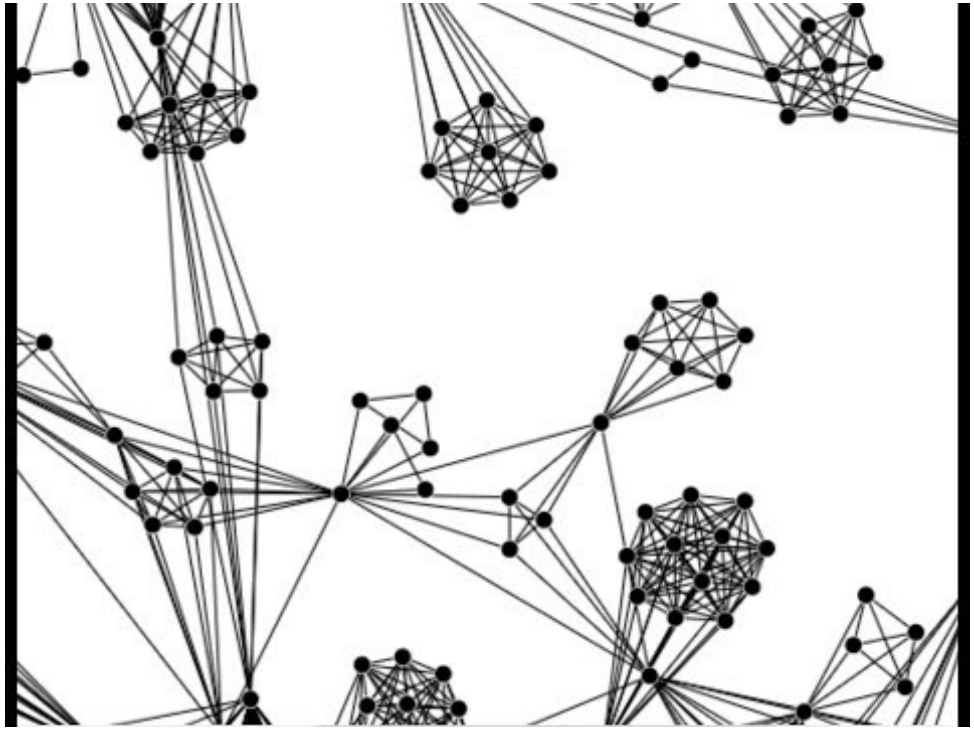
Desmantelamento da rede de corrupção espanhola



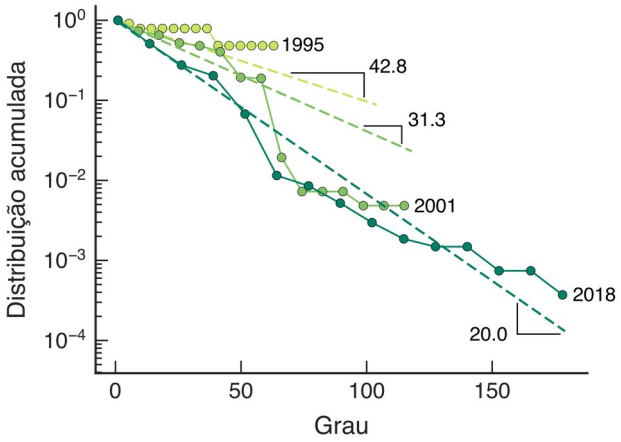
Desmantelamento da rede de corrupção espanhola

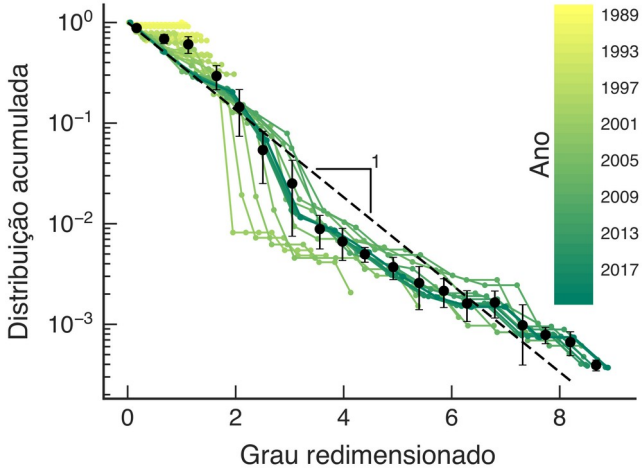


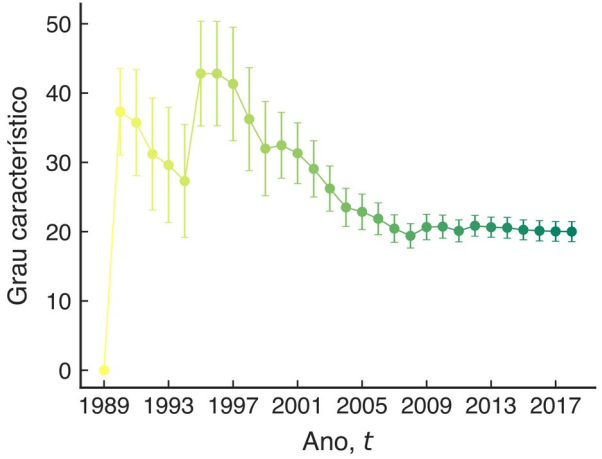
Aspecto temporal da rede de corrupção espanhola



Evolução temporal da distribuição de grau

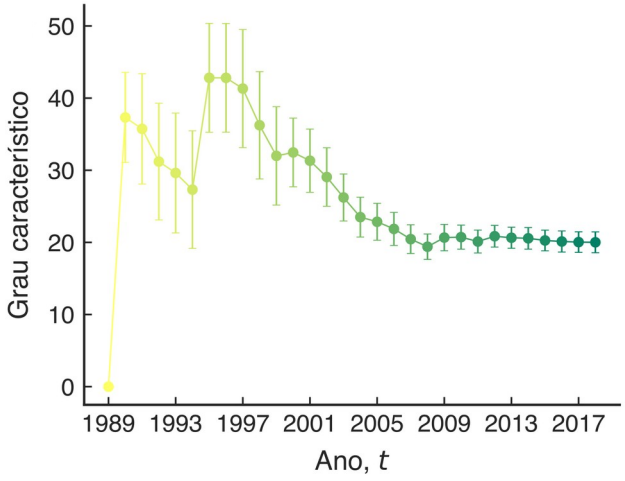




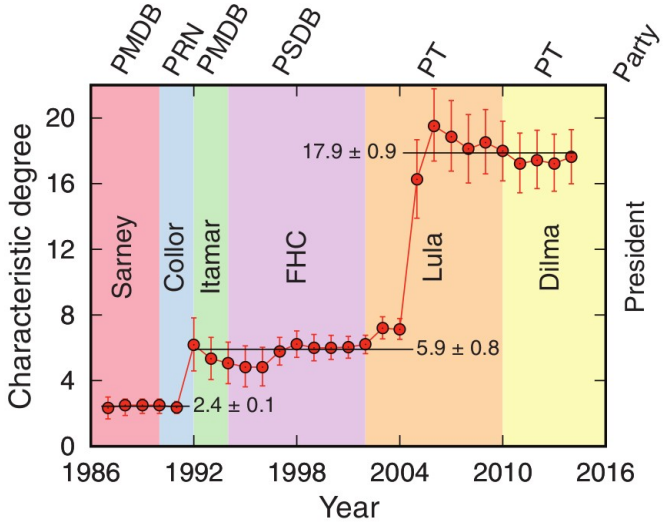


Comparação com o grau característico da rede de corrupção brasileira

Grau característico da rede de corrupção espanhola



Grau característico da rede de corrupção brasileira



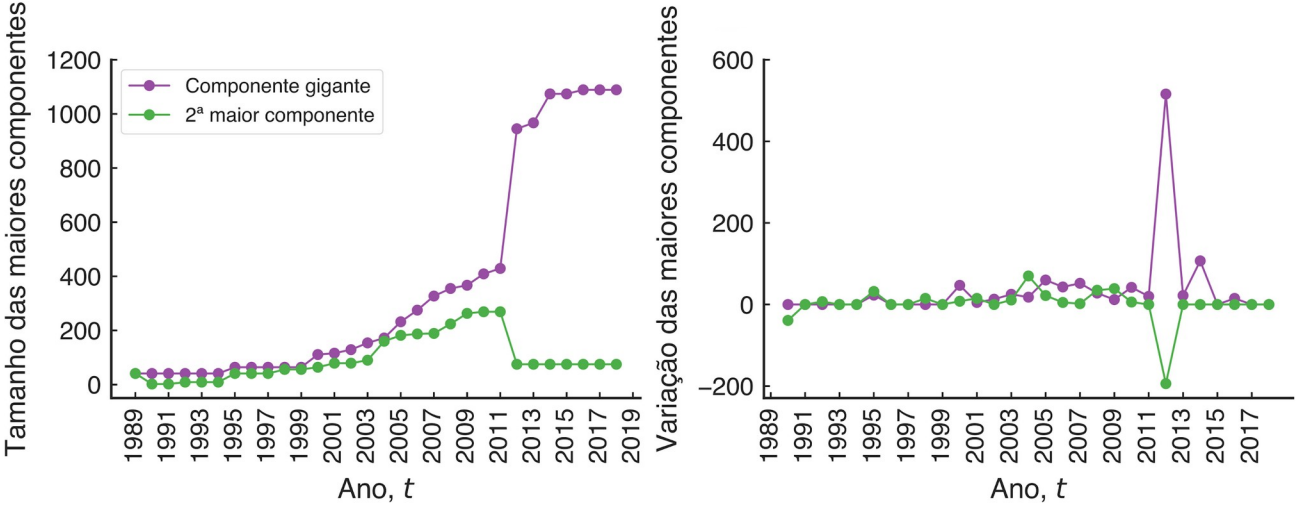
Indicativo de um comportamento universal dessas redes.

- Forma exponencial da distribuição de grau
- Grau característico

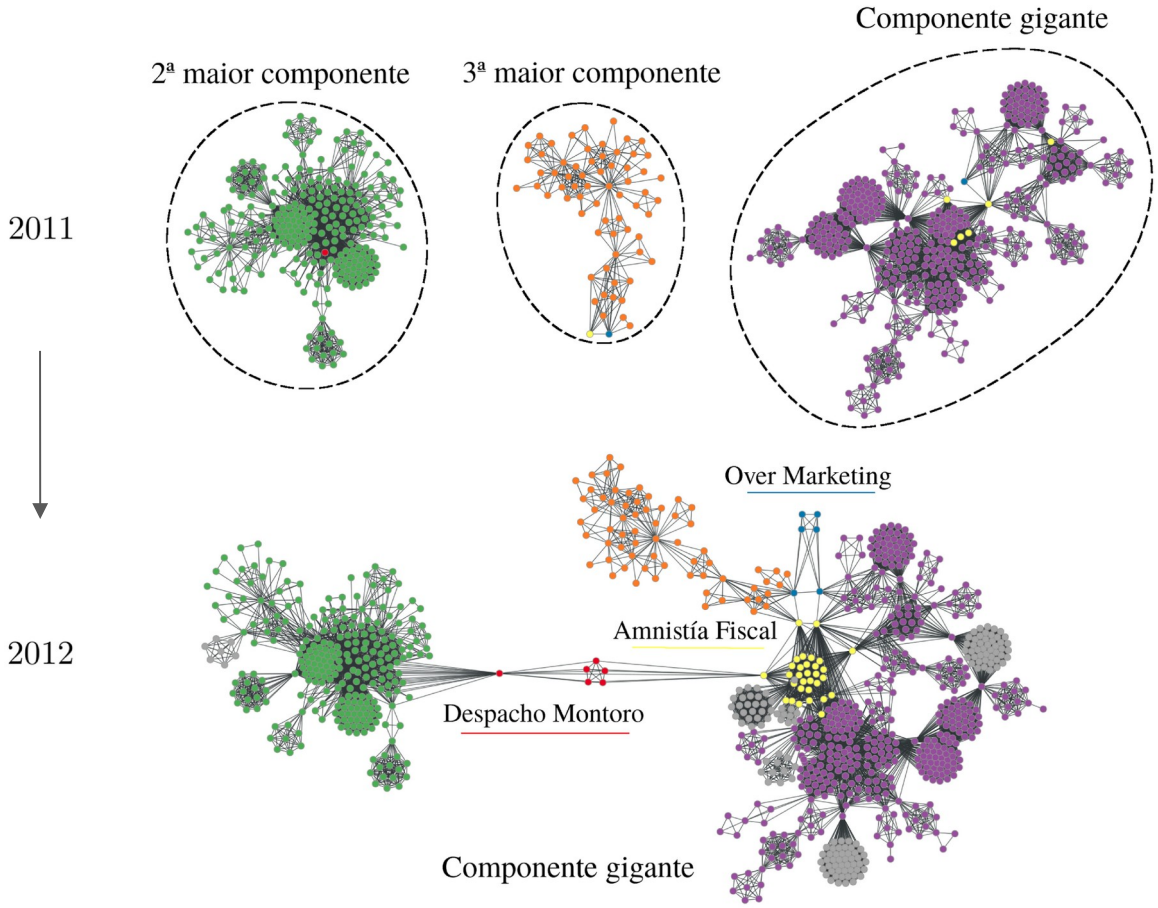
Não mudam muito

Processo de coalescência da rede de corrupção espanhola

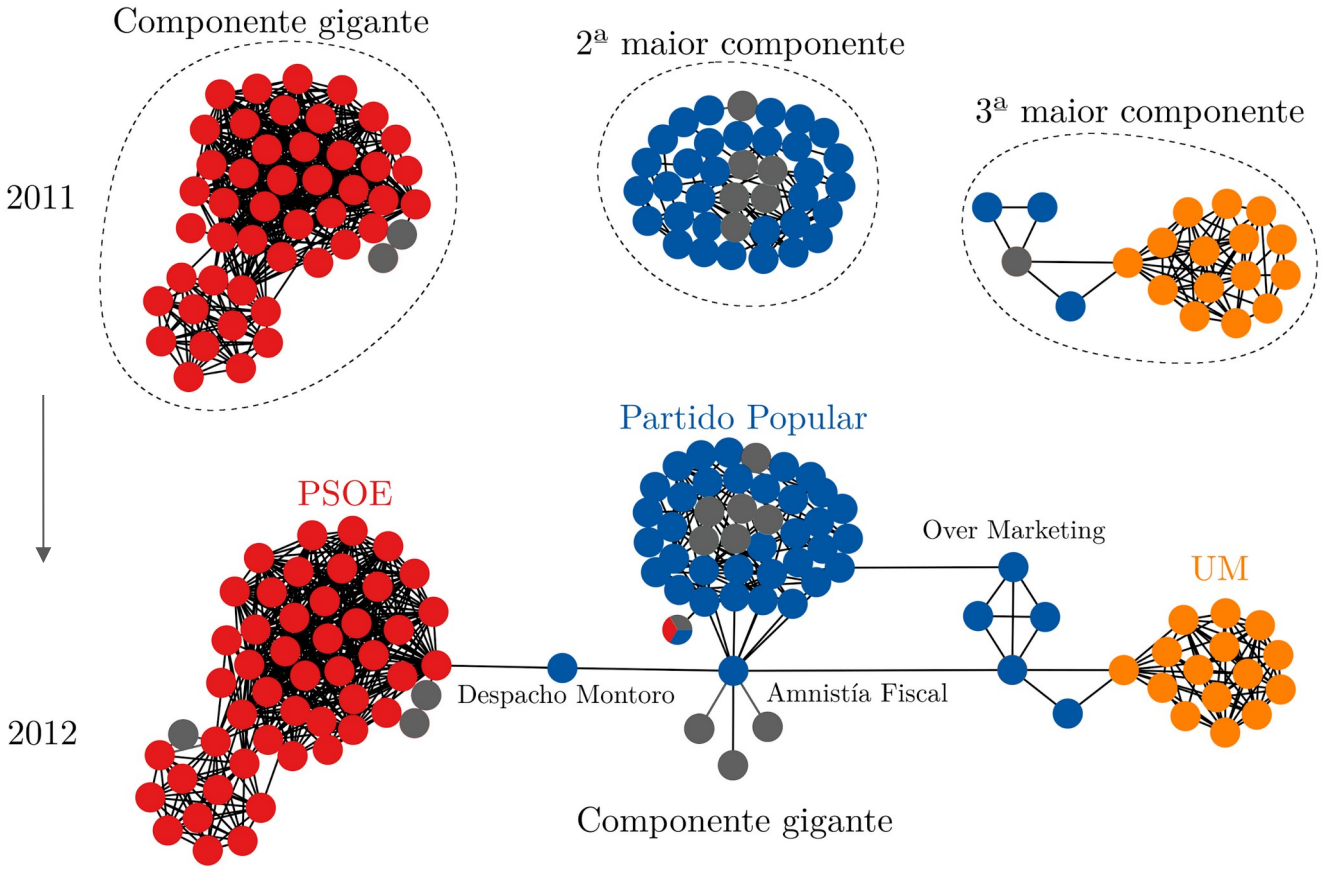
Dinâmica das grandes componentes conectadas



Processo de coalescência da rede de corrupção espanhola



Processo de coalescência da rede de corrupção espanhola

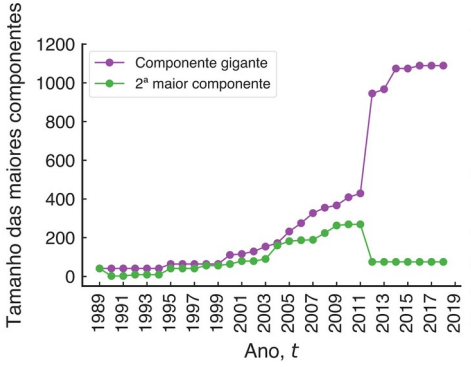


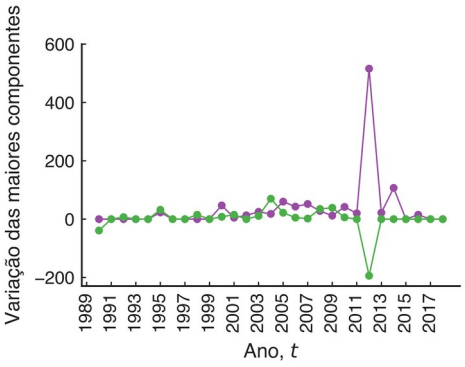
Comparação com a coalescência da rede de corrupção brasileira

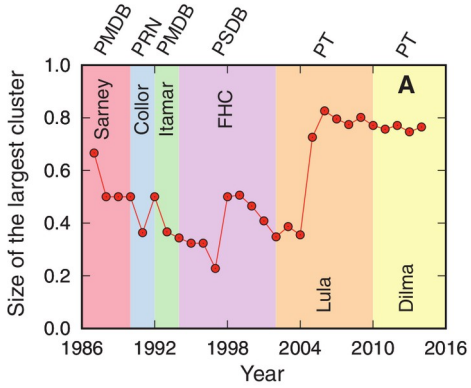
Depende de um pequeno número de envolvidos reincidentes

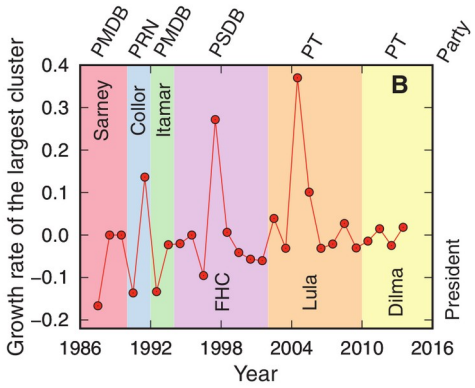
Rede de corrupção espanhola

Rede de corrupção brasileira







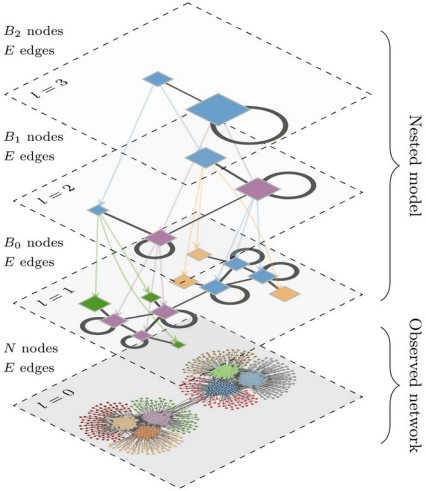


Estrutura de comunidades na rede de corrupção espanhola

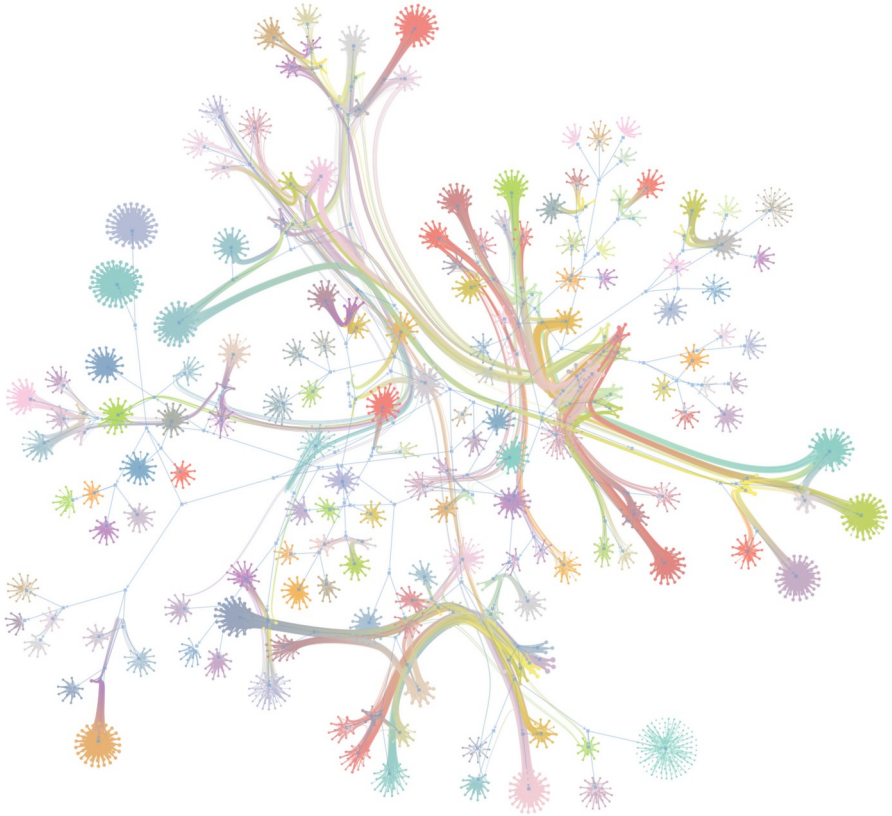
graph-tool + Bayesian Stochastic Blockmodeling

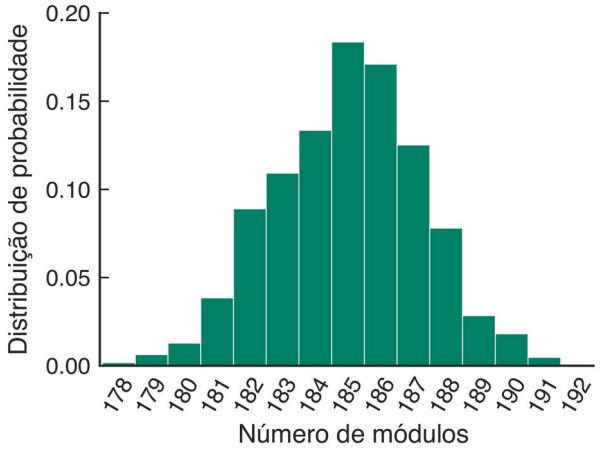
Tiago P. Peixoto

The nested stochastic block model



Estrutura de comunidades na rede de corrupção espanhola





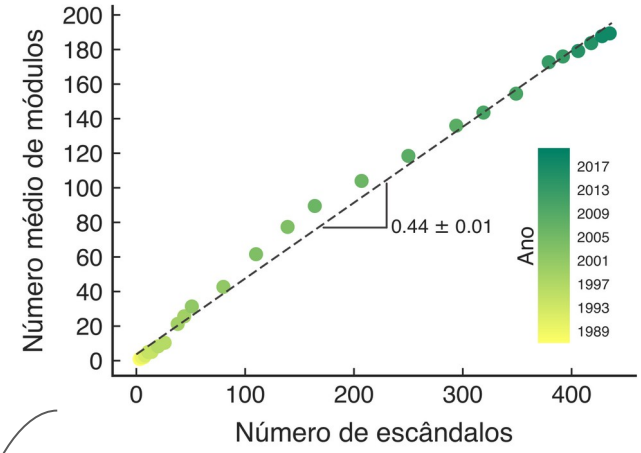
Destaque para a estrutura de comunidades da rede de corrupção espanhola

Estrutura de comunidades na rede de corrupção espanhola: Número de escândalos por comunidade

Journal of Complex Networks (2018) **0000**, 1–15
doi: 10.1093/comnet/cny002

The dynamical structure of political corruption networks

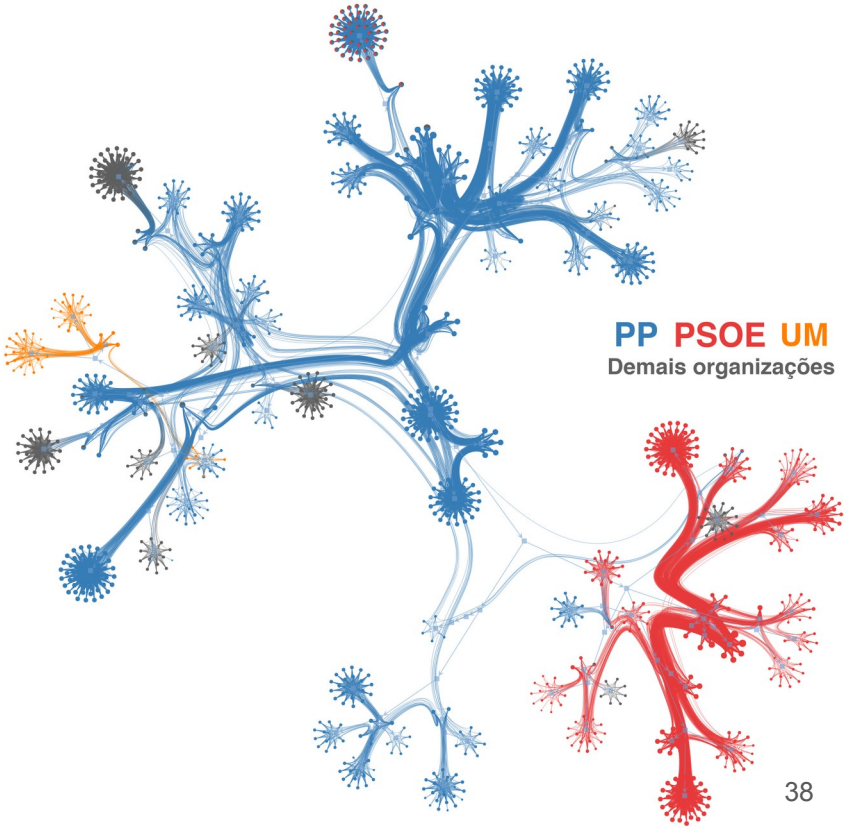
$\langle M_{\text{rand}} \rangle = 0.201 \pm 0.002$. We note that the number of modules is roughly half of the number of corruption cases (65 scandals), indicating that there are very similar scandals (regarding their components) and suggesting that such cases could be considered as the same scandal.



A estrutura de comunidades conserva a razão entre o número de escândalos e a quantidade de módulos.

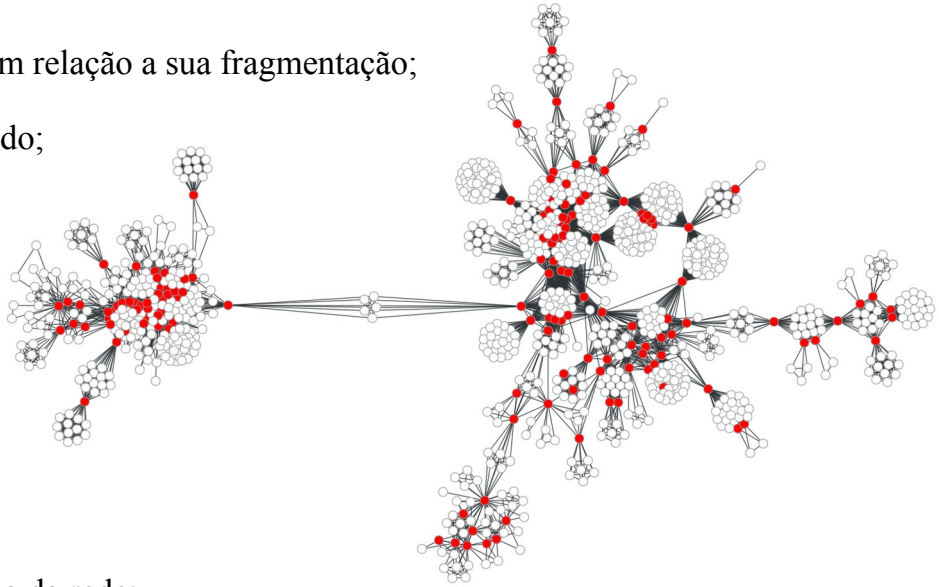
Estrutura de comunidades e a polarização partidária na rede de corrupção espanhola

- Estrutura de comunidades bipartidária e hierárquica;
- Dois grandes módulos. Dentro desses módulos, diversas comunidades formadas por envolvidos em atividades ilícitas associadas ao mesmo partido;
- Comunidades formadas por envolvidos associados aos grandes partidos espanhóis (PP e PSOE) praticamente não se conectam;
- Redes criminosas formam comunidades com o objetivo de ocultar suas atividades ilícitas e dificultar o vazamento de informações;



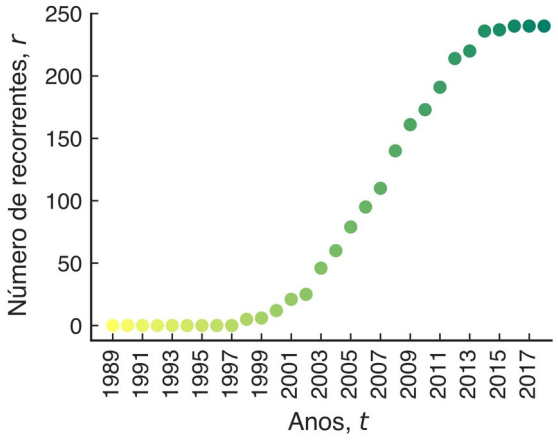
Envolvidos reincidentes em escândalos de corrupção

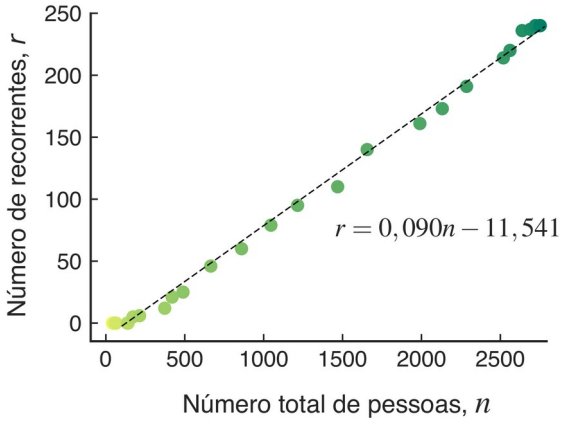
- Fazem a conexão entre dois ou mais escândalos de corrupção;
- Principais responsáveis pela estrutura da rede de corrupção espanhola;
- Possuem as maiores medidas de centralidade;
- Estão associados às maiores vulnerabilidades da rede com relação a sua fragmentação;
- Fundamentais para o processo tipo coalescência observado;



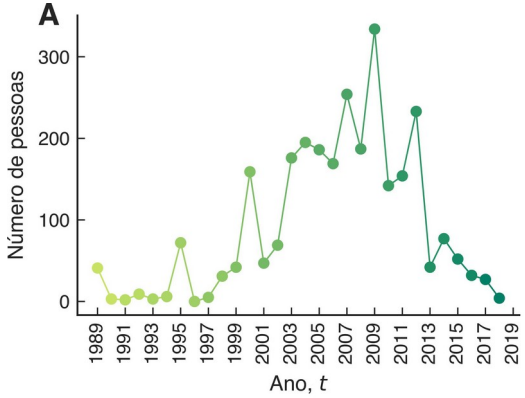
- Formam o “esqueleto” da rede;
- Responsáveis pelo crescimento e estrutura macroscópica da rede;

Evolução temporal do número de envolvidos reincidentes



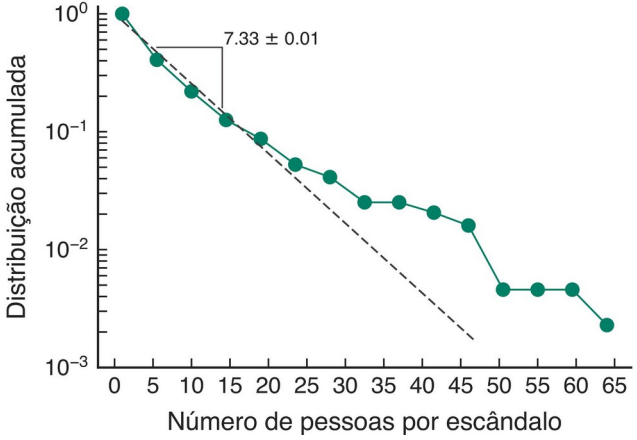


Relembrando...



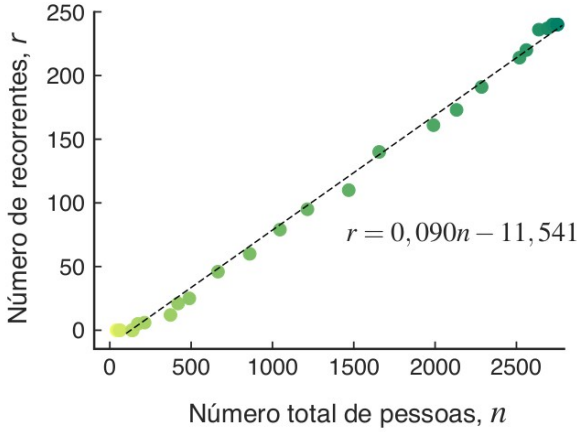
Modelo computacional para o crescimento de redes de corrupção

- Quantidade típica de envolvidos por escândalos (~7);



- Taxa de envolvidos reincidentes por quantidade total de vértices (α);

$$r(n) = \alpha n + \beta$$



Porcentagem de envolvidos reincidentes em mais de dois escândalos (p_a)

$$p_a = 0{,}025$$

Modelo computacional para o crescimento de redes de corrupção

- Inicializar uma rede vazia ($n = 0$);

Repetir um dado número de vezes:

- Gerar um grafo totalmente conectado de tamanho sorteado de uma distribuição exponencial;
- Adicionar o grafo à rede;
- Definir o número de novos agentes recorrentes usando o total de agentes recorrentes $r(n) = \alpha n + \beta$;

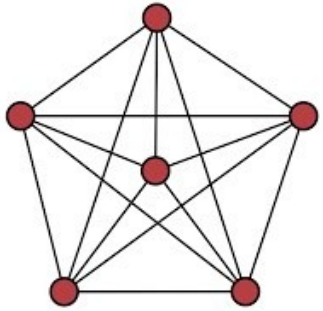
Se o número de novos agentes recorrentes for maior zero:

Repetir para cada novo agente recorrente:

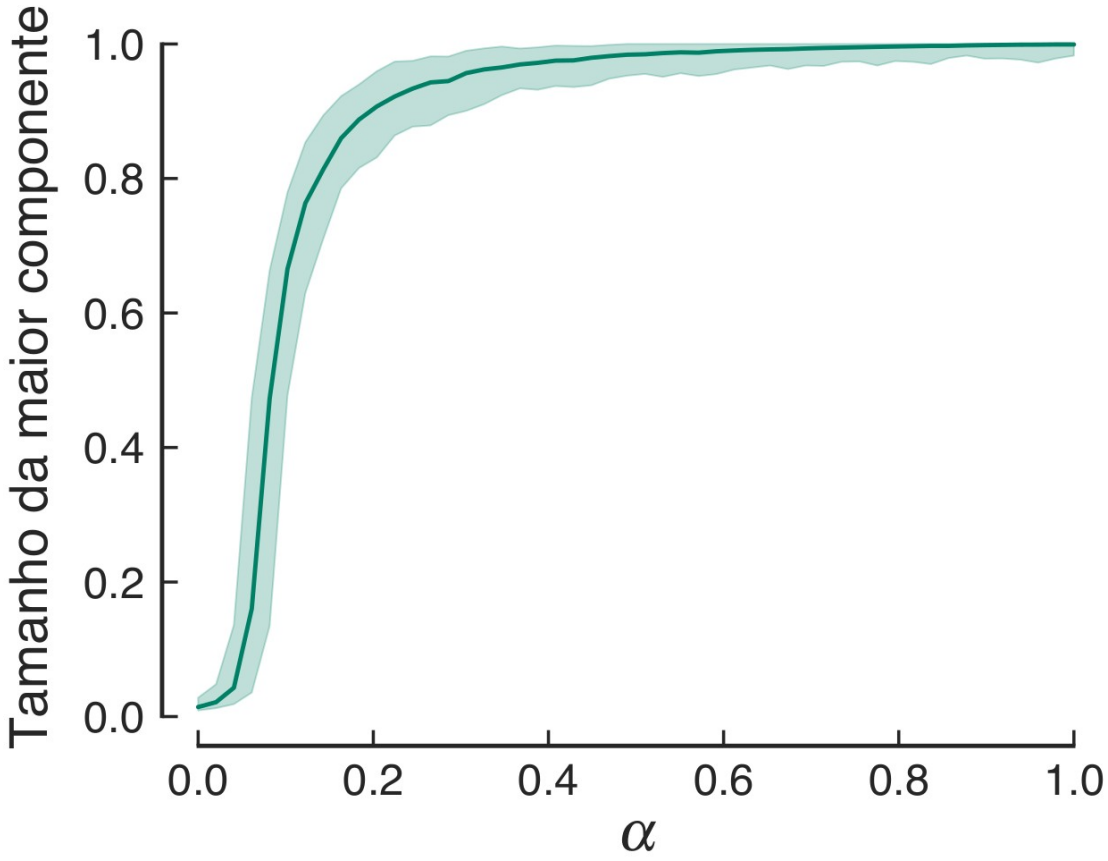
- Com probabilidade $1 - p_a$, escolher aleatoriamente dois vértices não recorrentes para se tornarem um mesmo vértice recorrente;
- Com probabilidade p_a, escolher aleatoriamente um vértice recorrente e um vértice não recorrente para se tornarem um mesmo vértice recorrente;

Modelo computacional para o crescimento de redes de corrupção

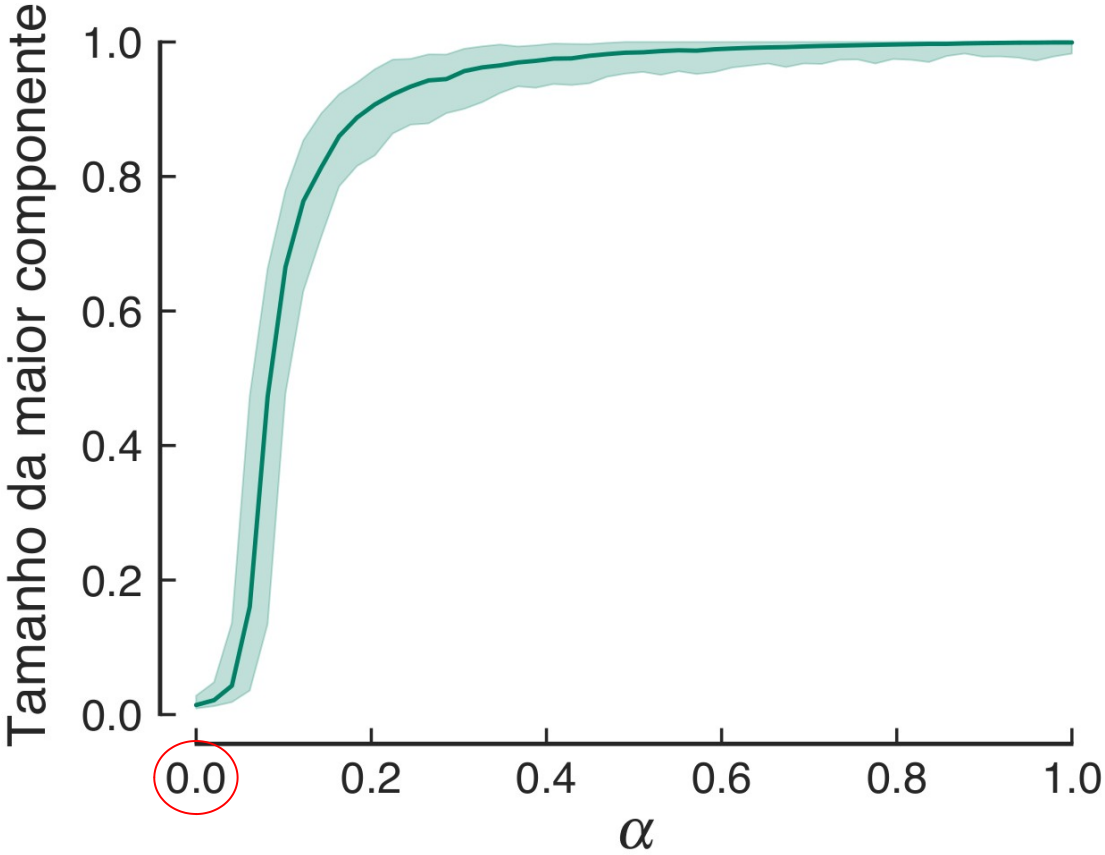
Com $\alpha = 0,090$, $\beta \approx -11,541$ e $p_a = 0,025$.

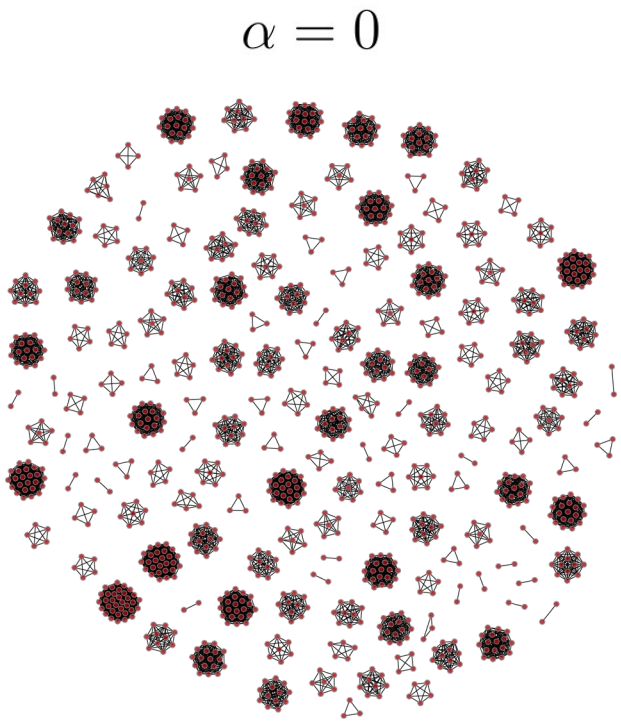


Comportamento do modelo

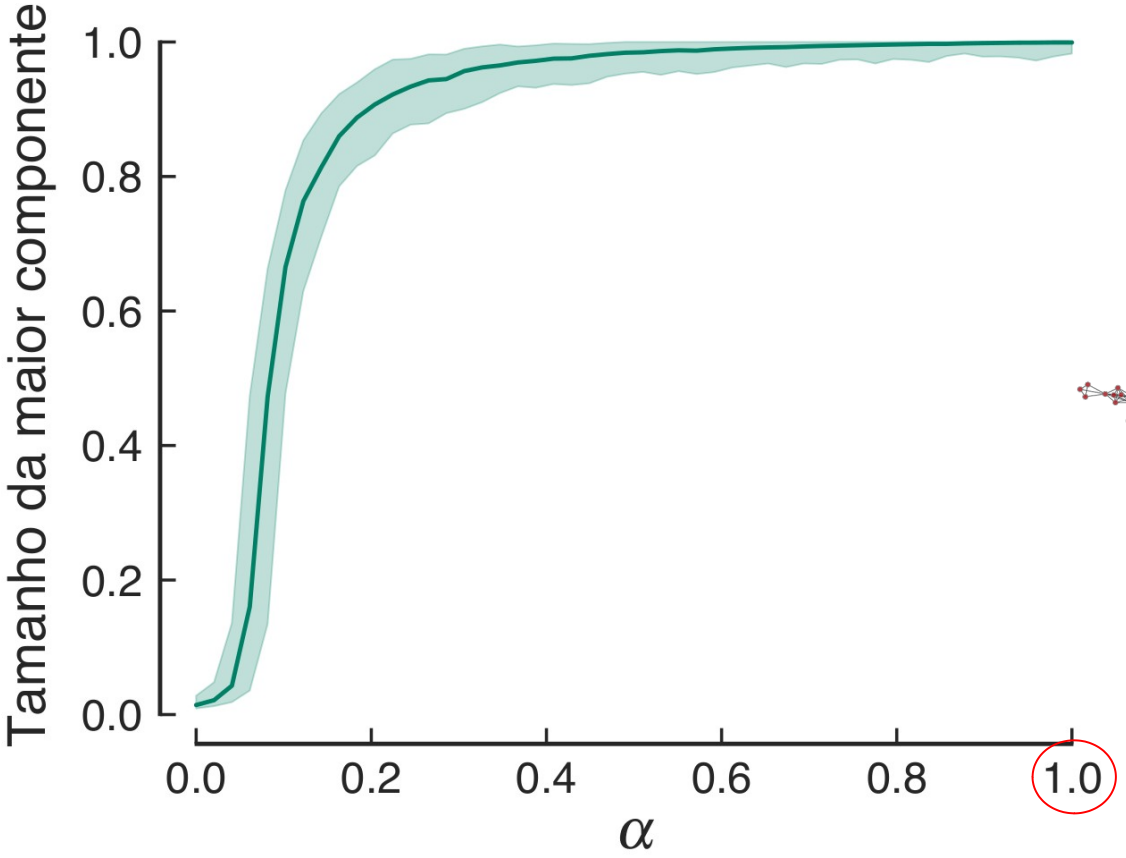


Comportamento do modelo

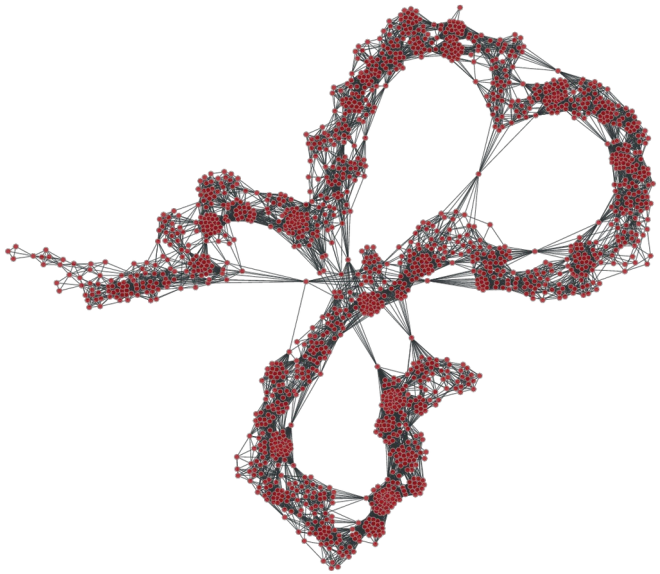




Comportamento do modelo



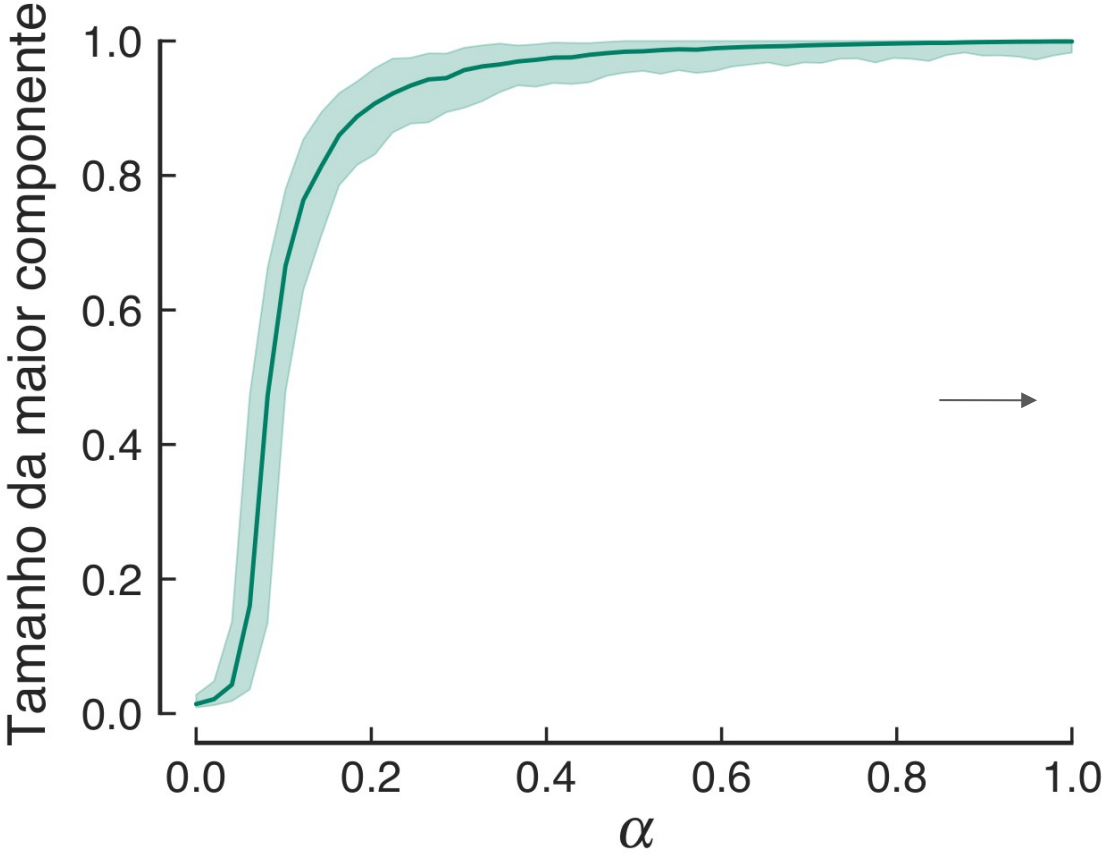
$\alpha = 1$

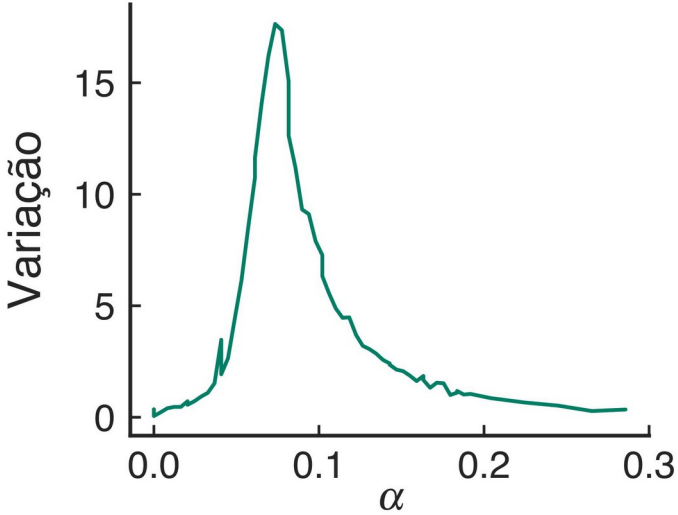


$r(n) = \alpha n + \beta$

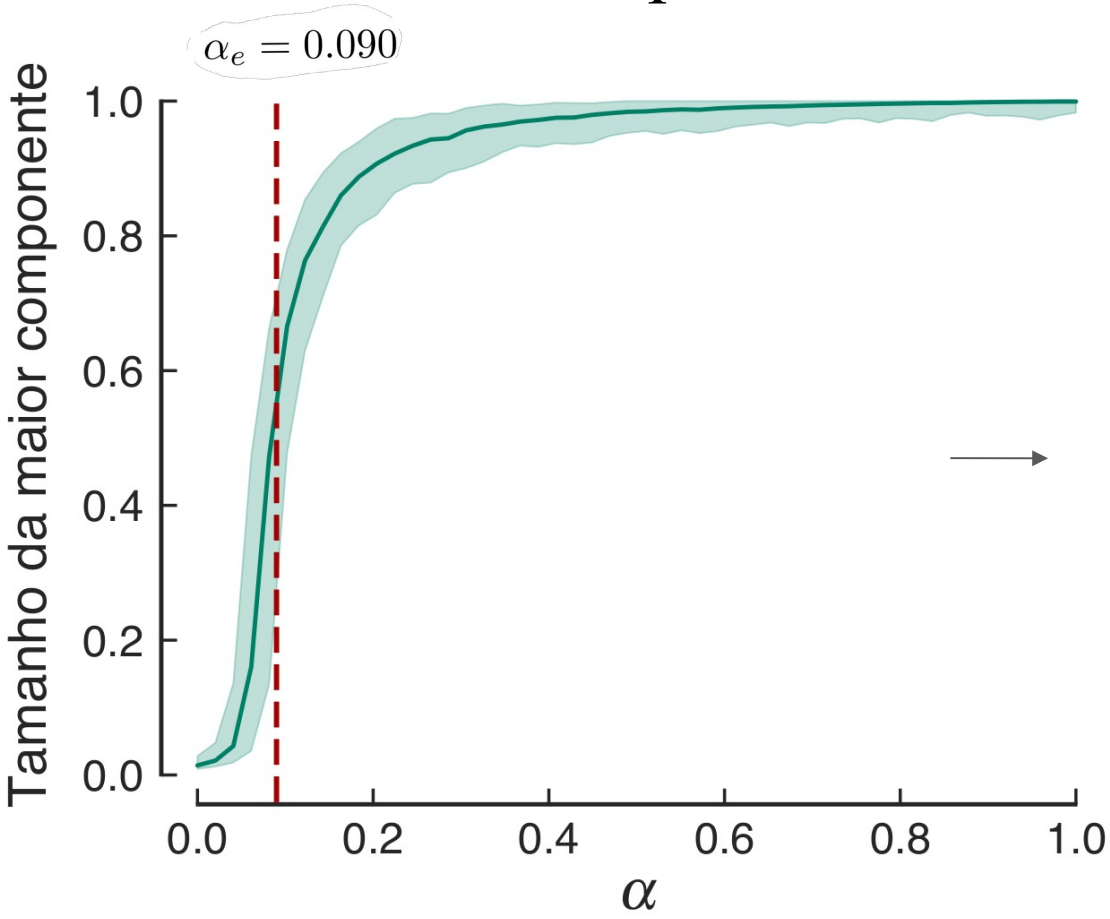
$r(n) = n - 11,541$

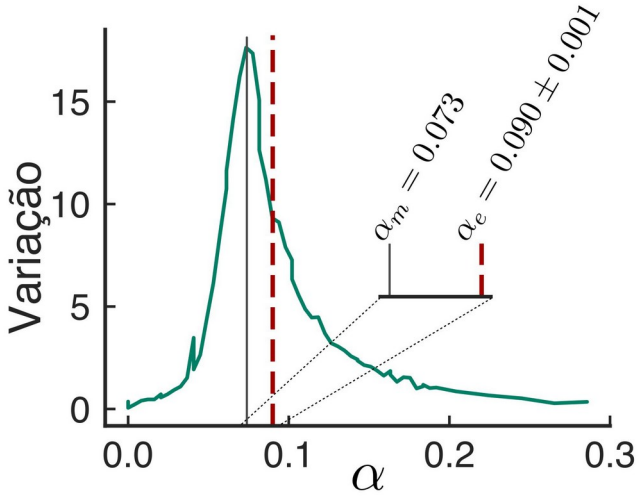
Comportamento do modelo



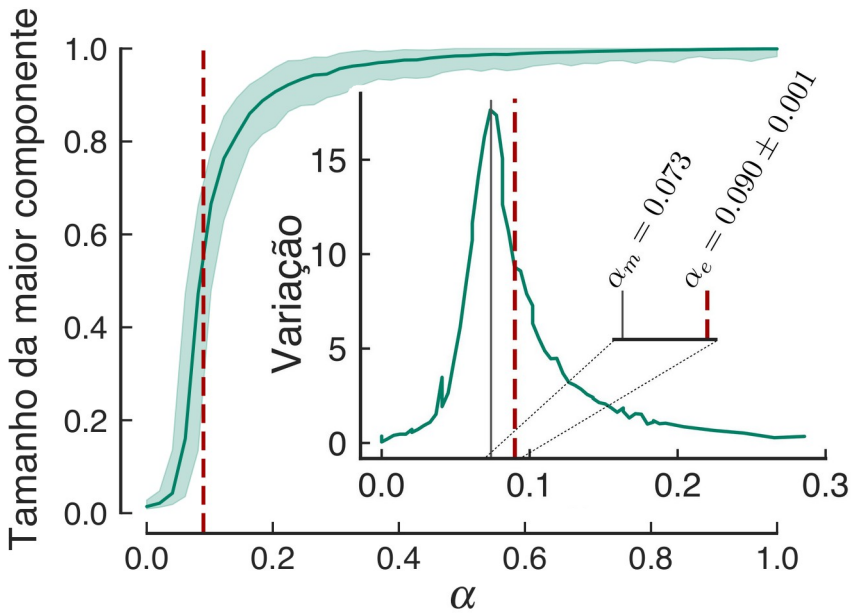


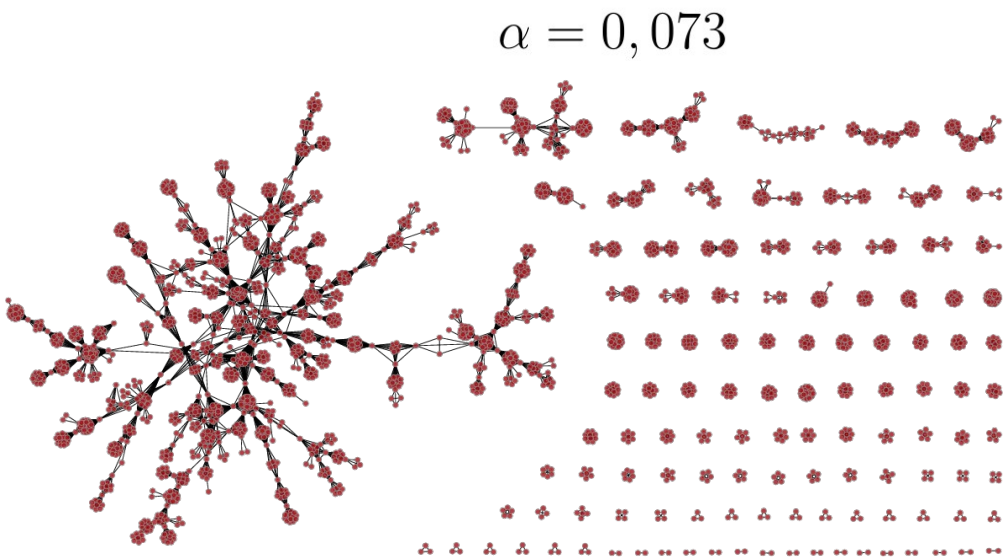
Comportamento do modelo





Comportamento do modelo





A rede de corrupção espanhola opera muito próximo desse ponto crítico,
abaixo do qual ocorre a fragmentação da rede e acima do qual a rede se torna muito conectada.

E esse valor ainda permanece constante durante toda sua evolução.

Comparação com resultados empíricos

Uma vez que o modelo próximo dessa taxa gera redes semelhantes às redes empíricas...

$$r(n) = \alpha n + \beta$$

$\alpha \approx 0{,}09$ $\beta \approx$ -11,541

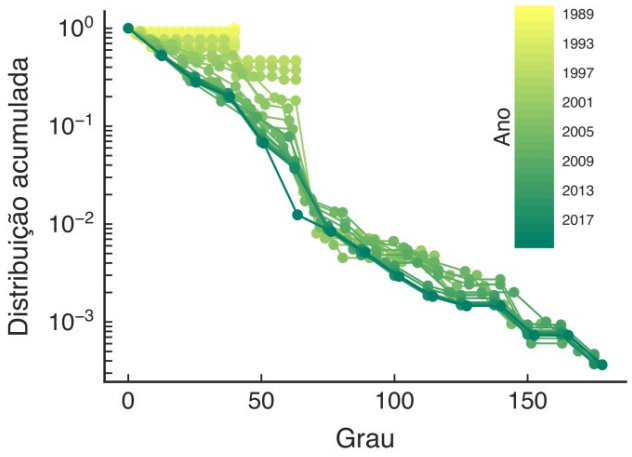
Com $p_a = 0{,}025$

e

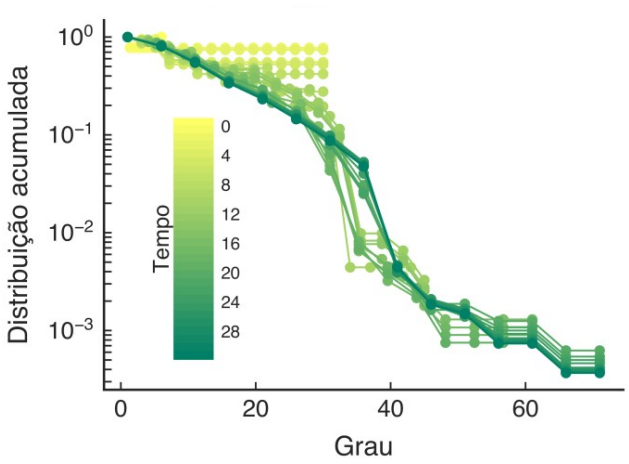
$$t \in \{1989, \ldots, 2018\} \rightarrow \{0, \ldots, 29\}$$

Comparação com resultados empíricos: Distribuição de grau

Rede empírica

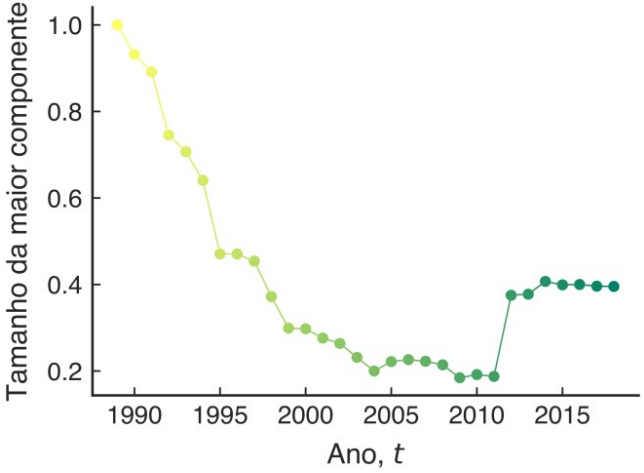


Rede do modelo

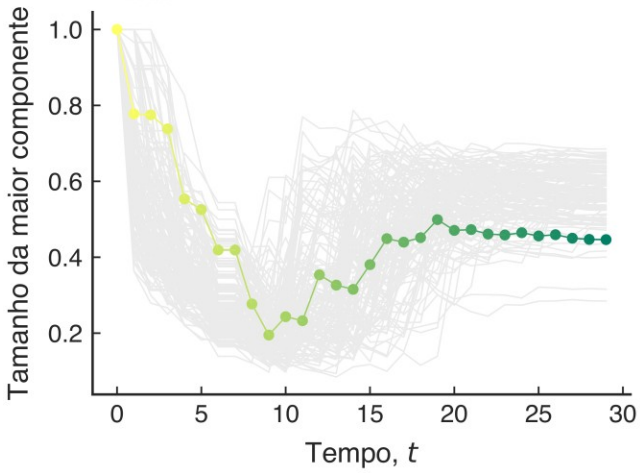


Comparação com resultados empíricos: Tamanho da maior componente

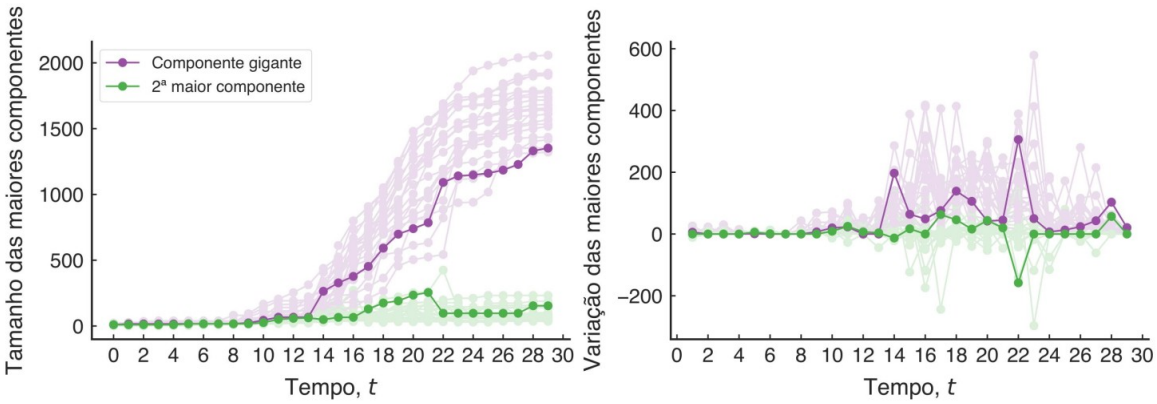
Rede empírica



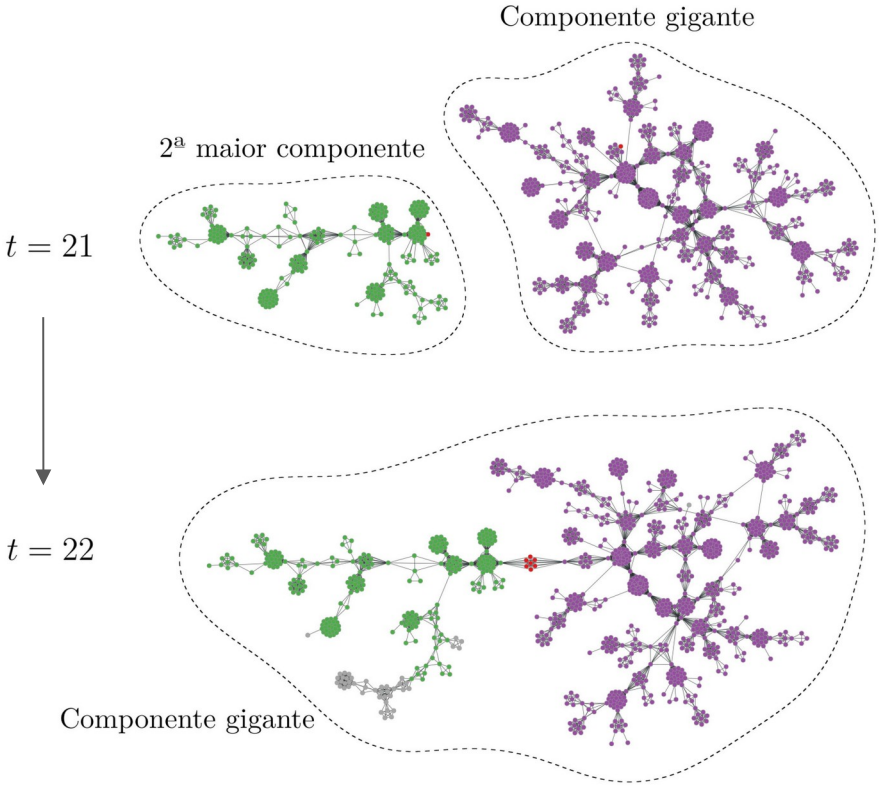
Redes do modelo



Comparação com resultados empíricos: Processo tipo coalescência



Comparação com resultados empíricos: Processo tipo coalescência



Conclusões

- Número típico para a quantidade de envolvidos por escândalos de corrupção;
- Polarização política presente na rede de corrupção espanhola;
- Medidas estruturais da rede de corrupção espanhola;
- Medidas de centralidade da rede;
    - Gêneros;
    - Cargos ocupados;
- Desmantelamento da rede;
- Distribuição de grau exponencial;
- Processo tipo coalescência;
- Estrutura bipartidária e hierárquica de comunidades;
    - Número típico de casos por comunidade;
- Modelo computacional para o crescimento de redes de corrupção;

Regra para o crescimento de redes de corrupção

Taxa específica de reincidencia criminosa

Perspectivas de futuras investigações

- Considerar a rede de corrupção espanhola como uma rede multicamadas;
- Ataques a vértices que conectam dois ou mais módulos;
- Maior exploração de nosso modelo;

Obrigado!

UEM Universidade Estadual de Maringá

ComplexLab

CAPES