

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE MATEMÁTICA APLICADA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
MATEMÁTICA APLICADA

**Dinâmica de Disseminação de Notícias em  
Redes Complexas**

por

Elisa Mussumeci

Rio de Janeiro  
2015

FUNDAÇÃO GETÚLIO  
VARGAS

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE MATEMÁTICA APLICADA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
MATEMÁTICA APLICADA

Dinâmica de Disseminação de Notícias em  
Redes Complexas

**”Declaro ser o único autor do presente projeto de monografia que refere-se ao plano de trabalho a ser executado para continuidade da monografia e ressalto que não recorri a qualquer forma de colaboração ou auxílio de terceiros para realizá-lo a não ser nos casos e para os fins autorizados pelo professor orientador”**

---

**Elisa Mussumeci**

**Orientador: Flavio Codeço Coelho**

**Rio de Janeiro  
2015**

**ELISA MUSSUMECI**

**Dinâmica de Disseminação de Notícias em  
Redes Complexas**

“Monografia apresentada à Escola de Matemática Aplicada  
como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel  
em Matemática Aplicada”

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_ .  
Grau atribuído ao Projeto de Monografia: \_\_\_\_ .

---

**Professor Orientador: Flávio Codeço Coelho**  
**Escola de Matemática Aplicada**  
**Fundação Getulio Vargas**



# Conteúdo

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1      | Referencial Teórico . . . . .                                   | 4         |
| 1.1.1    | O espalhamento de notícias como um processo de contágio . . . . | 4         |
| 1.1.2    | Processamento de Linguagem Natural . . . . .                    | 4         |
| 1.2      | O Projeto Media Cloud Brasil . . . . .                          | 4         |
| <b>2</b> | <b>Objetivo</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Metodologia</b>  | <b>5</b>  |
| 3.1      | Rede de Disseminação Original . . . . .                         | 5         |
| 3.1.1    | Matriz de Documentos . . . . .                                  | 5         |
| 3.1.2    | Construção da Rede . . . . .                                    | 7         |
| 3.2      | Simulação Rede de Disseminação . . . . .                        | 7         |
| 3.2.1    | Rede Completa . . . . .   | 7         |
| 3.2.2    | Simulação . . . . .   | 9         |
| <b>4</b> | <b>Resultados</b>   | <b>9</b>  |
| 4.1      | Escolha de uma Notícia . . . . .                                | 9         |
| 4.2      | Rede Disseminação Original . . . . .                            | 11        |
| <b>5</b> | <b>Conclusão</b>  | <b>11</b> |

## Resumo

O processo de formação de opinião é fortemente influenciado pela mídia digital. Entretanto pouco se sabe sobre o processo de disseminação de notícias e os fatores que determinam o alcance de cada notícia.

nos dias  
de hoje,

A disseminação de uma notícia se dá por meio de um ou mais caminhos em uma rede desconhecida de influência entre formadores de opinião (produtores de notícias). Este padrão pode ser recuperado, com algum grau de incerteza, a partir de dados da sequência temporal das publicações sobre um mesmo tema, e dos links nelas contidos.

Este projeto tem como objetivo caracterizar as redes de interligação de veículos de mídia e modelar a dinâmica do espalhamento de notícias, a fim de prever tendências e mapear questões de interesse.

# 1 Introdução

Atualmente podemos considerar a internet como um dos principais meios de veiculação de notícias e informação. Com o crescente número de pessoas aderindo às redes sociais, o compartilhamento de notícias aumentou significativamente, o que tornou fundamental o papel das mídias digitais no acesso à informação.

A mídia tem um forte papel influenciador no processo de formação de opinião. Sendo assim, podemos considerar importante entender como uma notícia se comporta na mídia

A partir dos dados do Projeto Media Cloud Brasil, estudamos como uma notícia se dissemina na mídia. Para isso estudaremos os caminhos percorridos em uma rede complexa de influências criada através de modelos de recuperação de informação, como representação vetorial de palavras.

## 1.1 Referencial Teórico

Explicar material teórico usado nas metodologias

### 1.1.1 O espalhamento de notícias como um processo de contágio

Explicar o que é um processo de contágio, e explicar por que você acha que o espalhamento das notícias é um. Falar do modelo SIR como um modelo que pode representar a dinâmica das notícias.

### 1.1.2 Processamento de Linguagem Natural

explicar aqui a teoria por trás de todas as técnicas de NLP que vc usa: Tokenização, TF-IDF, etc.

representação vetorial de palavras

O termo Redes Complexas se refere a um grafo que apresenta uma estrutura topográfica não trivial, composto por um conjunto de vértices (nós) que são interligados por meio de arestas (Barabási, 2003). A teoria das Redes Complexas está relacionada com a modelagem de redes reais, através da análise de dados empíricos. Redes Complexas não são estáticas (evoluem no tempo alterando sua estrutura), e constituem estruturas onde processos dinâmicos (como disseminação de vírus ou opiniões) podem ser simulados.

## 1.2 O Projeto Media Cloud Brasil

Para a realização deste trabalho, foram utilizados os dados do projeto MediaCloud Brasil. O MediaCloud Brasil é um projeto concebido e mantido pelo NAMD/EMAp da Fundação Getúlio Vargas, e vem ao longo dos últimos três anos monitorando mais de cem mil veículos de mídia da internet brasileira. Possui em sua base de dados mais de 1.6 milhão de artigos capturados.

falar sobre o que e como o Media cloud captura os artigos

O projeto utiliza como banco de dados o MongoDB, um banco de dados de documentos open-source de alta performance. O MongoDB é classificado como um banco de dados 'NoSQL', uma vez que evita a tradicional estrutura baseada em tabela relacional e utiliza documentos JSON com esquemas dinâmicos para armazenamento dos documentos. A vantagem de utilizar o JSON é realizar a integração de dados em certos tipos de aplicações de forma mais fácil e mais rápida.

Falar que uma vez armazenado, o banco de artigos é indexado para permitir buscas textuais

incluir aqui um parágrafo sobre os tipos de mídia digital

falar também que mídias diferentes tem periodicidades, alcances, públicos e credibilidades diferentes e que isso afeta a disseminação da informação

se forma e se espalha na internet

referência

Que tipo de aplicações?

## 2 Objetivo

Esse trabalho tem como principal objetivo caracterizar a dinâmica de disseminação das notícias no país através de redes complexas.

## 3 Metodologia

### 3.1 Rede de Disseminação Original

Ao estudar e analisar um conjunto de textos, precisamos traduzi-lo para uma linguagem computacional de forma que possamos aplicar modelos e heurísticas conhecidas para extrair informação dele.

falar sobre o critério de construção da rede, usando tempo e similaridade, para aproximar a rede real, não observável.

#### 3.1.1 Matriz de Documentos

Representamos vetorialmente nosso conjunto de dados utilizando o Word2Vec, uma ferramenta que promove uma implementação eficiente do modelo skip-gram e bag-of-words contínuo (inserir referencia).

Para gerar nosso modelo word2vec, fornecemos como entrada o corpus linguístico referente a toda a coleção de documentos e o modelo nos retorna uma matriz, onde as linhas são as palavras contidas no corpus e as colunas são os atributos gerados pelo modelo: (AJITAR MATRIZ)

$$\begin{array}{cccc} & a_1 & a_2 & \dots & a_m \\ v_1 & & & & \\ v_2 & & & & \\ \dots & & & & \\ v_n & & & & \end{array}$$

aqui talvez seja melhor usar o ambiente array, ao invés de tabular

Temos nessa matriz a representação de todas as palavras presentes em nosso corpus, porém, queremos representar documentos e não palavras. Para isso, buscamos o vetor referente de cada palavra contida em um documento e somamos-os. Dessa forma, associamos todas as palavras contidas em um documento, e transformamos-as em um único vetor. Ou seja, dado um documento A, sabemos que ele é composto pelo seguinte conjunto de palavras  $P : \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Para cada termo buscamos o seu vetor representativo  $v_t, t = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  e somamos todos esses vetores, criando o vetor  $v_D$  que representa o vetor do documento D:

$$v_D = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5$$

Representando um documento dessa forma, não levamos em consideração a importância de cada palavra para o documento. Para melhorar nossa representação, antes de somar os vetores, iremos multiplicar cada um pelo valor **Tf-Idf** da palavra a qual ele representa.

O modelo Tf-Idf (*term frequency-inverse document frequency*), é uma medida estatística que tem o intuito de indicar a importância de uma palavra de um documento em relação a um corpus linguístico muito usada para ranqueamento de documentos em uma consulta. O Tf-Idf trata-se do produto entre as estatísticas  $Tf_{d,t}$  e  $Idf_t$ .

como é esta representação?, porque ela é adequada para o seu trabalho? explicar isso em uma seção sobre o skipgram no referencial teórico

mover a explicação do TF-IDF para o a seção 1.1.2, referencie a equação do tf-idf aqui e deixe na metodolo-



Dado um conjunto de  $N$  documentos,  $Tf_{t,d}$  é a frequência do termo  $t$  no documento  $d$ , ou seja, o número de vezes em que  $t$  ocorre em  $d$ . Usamos o termo  $Tf$  para computar escores de correspondência consulta-documento, porém, o  $Tf$  nos dá a frequência absoluta dos termos, o que faz com que um termo que possua  $Tf = 10$  seja 10 vezes mais relevante do um que possua  $Tf = 1$ .

Podemos concordar que um documento com  $Tf = 10$  é mais relevante do que um com  $Tf = 1$ , porém não necessariamente 10 vezes mais relevante. A relevância não aumenta em proporção com a frequência do termo. Para contornar isso, é comum usar ao invés da frequência absoluta uma ponderação pelo  $\log$  da frequência. Dessa forma, o peso  $\log$  da frequência do termo  $t$  em  $d$  é definido como:

$$W_{t,d} = \begin{cases} 1 + \log Tf_{t,d} & \text{se } Tf_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

Exemplificamos abaixo a correspondência de valores  $Tf_{t,d}$  absoluto com a ponderação  $W_{t,d}$ :

| $Tf_{t,d}$ | $W_{t,d}$ |
|------------|-----------|
| 0          | 0         |
| 1          | 1         |
| 2          | 1.3       |
| 10         | 2         |
| 1000       | 4         |

todas as equações devem estar em ambientes equation para serem referenciáveis.

Sabemos que nem todo termo frequente em um documento pode ser considerado muito relevante. Consideramos uma consulta com dois termos: um frequente no conjunto de documentos e outro raro. Não queremos que um documento que possua o termo frequente seja mais relevante do que o documento que possua o termo raro.

Inferimos então que termos raros são mais informativos do que termos frequentes. Dessa forma, queremos dar uma maior relevância para termos raros do que para termos muito frequentes. Para incluir isso em nossa medida usamos o termo  $Idf$ .

O termo  $Idf_t$  é uma medida de informatividade do termo  $t$ , que afeta o ranqueamento de documentos para consultas com pelo menos dois termos. Com ele aumentamos o peso relativo de termos raros e diminuímos o peso relativo de termos muito frequentes. O definimos da seguinte maneira:

$$Idf_t = \log \frac{N}{df_t}$$

Onde  $df_t$  é a frequência de documento, o número de documentos em que  $t$  ocorre. Consideramos  $df_t$  uma medida inversa da informatividade do termo  $t$ .

Ao multiplicarmos o termo  $Idf$  ao nosso peso ponderado  $W_{t,d}$ , temos a medida Tf-Idf. O peso Tf-Idf aumenta com o número de ocorrências dentro de um documento e com a raridade do termo na coleção. É considerado o melhor esquema de ponderação em recuperação da informação.

$$W_{t,d} = (1 + \log Tf_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{df_t}$$

Utilizando essa medida em nosso modelo, temos para cada palavra  $i$  um valor  $w_{t,d}$ , referente ao valor Tf-Idf do termo  $t$  no documento  $d$ . Sendo assim:

$$v_D = \sum_{i=1}^5 v_i \cdot w_{t,d}$$

Você copiou este texto de algum lugar?

### 3.1.2 Construção da Rede

Construímos a rede de disseminação a partir da matriz de documentos gerada na sessão anterior, onde cada vetor consiste em um artigo.

Ao construir a rede dos nossos documentos, consideramos como contaminação sofrer influência de outro artigo, ou seja, um artigo A contamina um artigo B se o artigo A influenciou o artigo B.

Dessa forma, em nossa rede, os vértices representam os artigos, e as arestas a relação de influência entre eles, isso é, dado um nó  $e_i$  e um nó  $e_j$  existe uma aresta  $a_{ij}$  que sai de  $i$  e vai para  $j$  se o artigo  $i$  influenciou o artigo  $j$ .

Para definir quando um artigo influencia outro em nossa rede, foram usadas duas heurísticas: **similaridade de cosseno** e **temporalidade**.

Utilizamos a similaridade de cossenos para definir se dois artigos são similares ou não. Para isso, calculamos a distância de cossenos entre o ângulo que os dois vetores formam. Podemos calculá-lo utilizando a fórmula abaixo:

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|}$$

Se a distância calculada for suficientemente pequena, consideramos os artigos similares.

Possuindo artigos similares, inferimos que existe uma relação de influência entre eles, porém não temos como saber qual influenciou e qual foi influenciado. Para definir essa questão, utilizamos a data e hora em que cada um foi publicado. Dessa forma, se dois artigos são similares, consideramos como influenciador aquele que foi publicado primeiro.

INCLUIR O QUE É SUFICIENTEMENTE PEQUENO

## 3.2 Simulação Rede de Disseminação

Nesta parte do trabalho, temos como objetivo simular a disseminação de nossa rede original utilizando o modelo (adicionar referencia) para tentar validar nossa rede de disseminação como um processo epidemiológico.

### 3.2.1 Rede Completa

Para simular nossa rede, construímos primeiramente uma rede completa com os mesmos nós de nossa rede original, onde os pesos das arestas são as probabilidades dessa aresta existir no caminho de disseminação da notícia, ou seja, a probabilidade de um artigo influenciar um outro. Para isso, levamos em conta o veículo que publicou o artigo. Dessa forma podemos saber através dos veículos qual a chance de um artigo do veículo  $x$  ser influenciado por um artigo do veículo  $y$ .

Construímos então, uma matriz de pesos identificando todos os veículos presentes na rede original e contando quantas vezes cada veículo  $x$  foi influenciado pelo veículo  $y$ . Dado que na rede original possuímos  $n$  veículos diferentes, temos uma matriz quadrada

$n \times n$ , onde cada posição  $a_{ij}$  nos dá a quantidade de vezes que o veículo  $i$  foi influenciado pelo veículo  $j$ . Consideramos que um veículo não influencia a si mesmo, logo a diagonal da nossa matriz é de zeros:

$$\begin{array}{c}
\text{a} \quad \text{b} \quad \dots \quad \text{c} \\
\text{a} \quad \left[ \begin{array}{cccc} 0 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & a_{32} & \dots & 0 \end{array} \right]_{n \times n} \\
\text{b} \\
\vdots \\
\text{c}
\end{array}$$

Por exemplo,  $a_{12}$  é o número de vezes que artigos do veículo  $b$  influenciaram artigos do veículo  $a$ .

A partir da matriz de pesos damos os pesos de cada aresta de nossa rede completa. Para cada nó da rede, identificamos seu veículo e atribuímos a todas as arestas que saem dele as chances dele influenciar cada vizinho, e a todas as arestas que chegam nele as chances dele ser influenciado por cada vizinho:

[DESENHO REDE COMPLETA GENERICA]

### 3.2.2 Simulação

Na simulação da disseminação, utilizamos o modelo epidemiológico [incluir referência]:

$$\frac{d\rho_i^I}{dt} = -\rho_i^I(t) + \lambda \rho_i^S(t) \sum_{j=1}^N a_{ij} \rho_j^I(t)$$

$$\frac{d\rho_i^S}{dt} = -\lambda \rho_i^S(t) \sum_{j=1}^N a_{ij} \rho_j^I(t)$$

[EXPLICAR MODELO]

Ao terminar a simulação obtemos uma matriz de estados, onde cada posição  $a_{ij}$  se refere a probabilidade do artigo  $j$  estar contaminado no passo  $i$  da simulação. Utilizando uma distribuição de bernoulli, definimos os artigos que estão infectados em casa passo, ficando assim com uma matriz booleana de estados.

A partir da matriz booleana, podemos criar todos os nós de nossa rede simulada. Porém, ainda precisamos criar as arestas, ou seja, definir as relações de influência.

Para definir as relações de influência, a cada novo artigo contaminado no passo  $i$ , consideramos como possíveis influenciadores todos os artigos infectados no passo  $i - 1$ . Utilizando a matriz de pesos entre os domínios, calculamos a probabilidade de cada artigo infectado no tempo  $i - 1$  ter infectado cada novo artigo infectado no tempo  $i$ . Definimos o artigo influenciador a partir da probabilidade que ele tem de influenciar o novo artigo infectado.

## 4 Resultados

### 4.1 Escolha de uma Notícia

Para analisar a dinâmica de disseminação de notícias na mídia brasileira, escolhemos notícias e acompanhamos o seu comportamento no decorrer do tempo. Entretanto, o

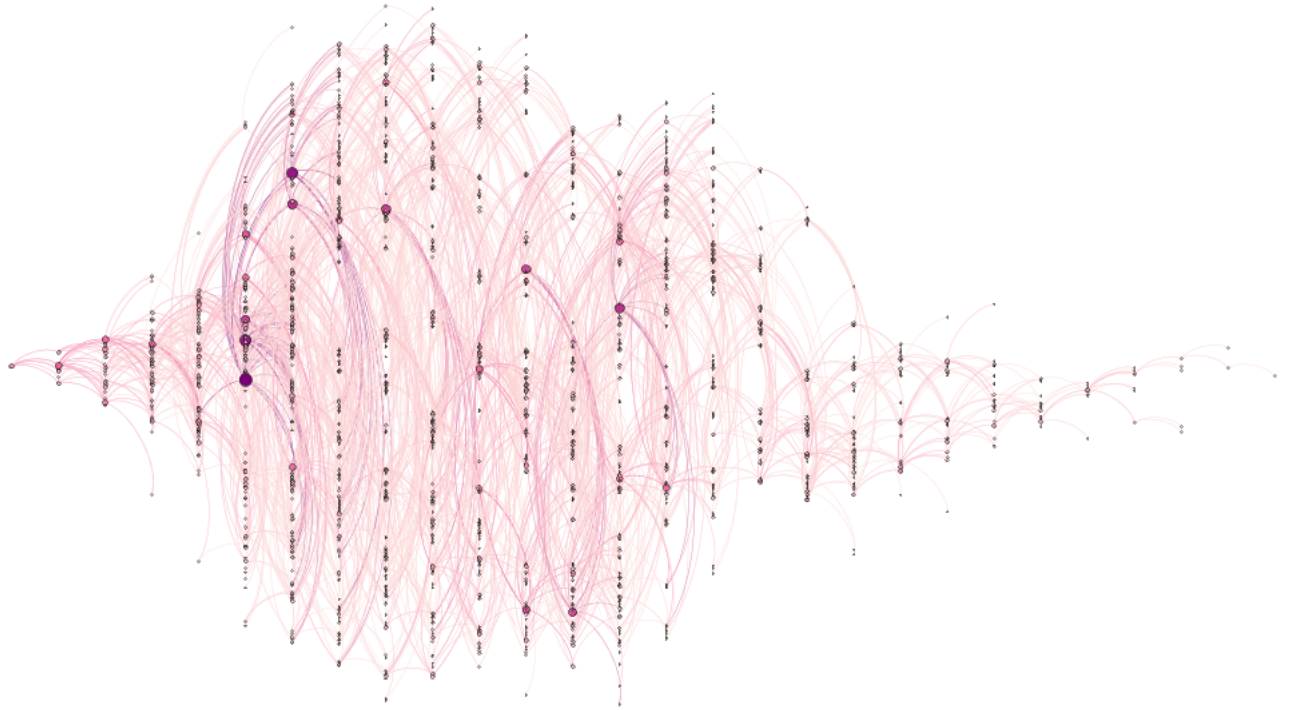
processo de escolha dessas notícias não é trivial, visto que determinar se um artigo fala sobre determinado assunto requer uma análise elaborada de cada artigo.

Para contornar esse problema inicialmente, escolhemos notícias que surgiram na mídia apenas relacionadas a um assunto, como por exemplo o atentado do Charlie Hebdo, Rolezinhos, etc.

No decorrer deste trabalho utilizaremos como exemplo para análises os dados referentes ao atentado ao Charlie Hebdo.

## 4.2 Rede Disseminação Original

Abaixo temos uma visualização da rede criada:



## 5 Conclusão