

Mario Caires Pereira

**Estudo de Técnicas de Mineração de Texto
Aplicadas na Classificação de Artigos Científicos**

Projeto de Graduação em Computação sub-
metido à Universidade Federal do ABC para
a obtenção dos créditos na disciplina Projeto
de Graduação em Computação III do curso de
Ciência da Computação

Orientador: Prof Dr Thiago Ferreira Covões

Universidade Federal do ABC

2 de Junho de 2020

RESUMO

Milhares de trabalhos científicos são desenvolvidos todos os anos em universidades públicas e privadas, entre eles: iniciações científicas, trabalhos de conclusão de curso e teses de mestrado ou doutorado. O atual método para analisar tais trabalhos, é por meio de bancas avaliadoras, que na maioria das vezes é formada pelo orientador e dois (ou mais) docentes convidados pelo mesmo. Este projeto visa utilizar técnicas de mineração de textos aplicadas na classificação de trabalhos científicos, a partir dessa classificação, pretende-se identificar as palavras mais relevantes do trabalho. O objetivo final é gerar uma banca coerente ao assunto abordado em um artigo científico, por meio da indicação de docentes que atuam na área.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Justificativa	4
3	Objetivos	6
4	Fundamentação Teórica	7
4.1	Pré-Processamento	7
4.1.1	Identificação de Termos	7
4.1.1.1	Identificação de Termos Simples	7
4.1.1.2	Identificação de Termos Compostos	8
4.1.2	<i>Stopwords</i>	8
4.1.3	<i>Stemming</i>	8
4.2	Extração de Padrões	9
4.2.1	Keywords	9
4.2.1.1	Frequência Absoluta	10
4.2.1.2	Frequência Relativa - TF	10
4.2.1.3	Frequência Inversa de Documentos - IDF	10
4.2.1.4	Frequência de Termo Inverso da Frequência nos Documen- tos - TFIDF	11
4.3	Considerações Finais	11
5	Mineração de Textos	12
5.1	Identificação do Problema	12

5.2	Pré-Processamento	12
5.3	Extração de Padrões	13
5.4	Pós Processamento	13
6	KeyGraph	14
6.1	Normalizar Texto	15
6.2	Criar Grafo	15
6.3	Adicionar Arestas	16
6.4	Calcular Keys	17
6.5	Calcular Columns	18
6.6	Extrair Keywords	19
6.7	Considerações Finais	19
7	Análise de Resultados	21
7.1	Considerações Iniciais	21
7.2	Metodologia	23
8	Conclusão e Trabalhos Futuros	30
R	Referências	32

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos sistemas computacionais, um dos principais objetivos de empresas e organizações têm sido o armazenamento de dados. Nas ultimas décadas, em virtude dos avanços tecnológicos, a capacidade desse armazenamento é cada vez maior. Devido a isto, no final da década de 80 surge o termo Mineração de Dados (MD), também conhecido como Descoberta do Conhecimento em Banco de Dados. [Camilo e Silva 2009]

Mineração de Dados possui o objetivo de extrair informações e padrões por meio da análise de grandes quantidades de dados, que previamente eram incompreensíveis ou desconhecidos. É uma área interdisciplinar, que envolve banco de dados, inteligência artificial, aprendizado de máquinas, estatística, entre outras. Dentre as diferentes possibilidades de aplicações de MD, pode-se destacar: mercado financeiro, identificando segmentos de mercado; tomadas de decisão, filtrando informações relevantes; marketing, direcionando mensagens promocionais para um determinado público alvo [Camilo e Silva 2009].

Em MD usualmente realiza-se análise em dados estruturados, ou seja, os dados são organizados conforme a definição de uma rígida estrutura. Essa disposição geralmente é realizada via linhas e colunas, permitindo “etiquetar” os dados, como por exemplo: banco de dados, planilha eletrônicas, arquivo CSV. Porém em razão dos grandes avanços tecnológicos de hardware e software voltados para a Web, em especial as redes sociais, a criação de

conteúdos de textos, áudio e imagem aumentou significativamente. Esses conteúdos representam dados não estruturados, isso porque não possuem campos pré definidos, restrições e limites. O usuário pode mesclar tipo de dados, como texto e imagem, vídeo e áudio, ou seja, o oposto do que seria uma estrutura rígida de um dado estruturado.

Atualmente, mais de 80% do conteúdo digital gerado no mundo é do tipo não estruturado, gerando a necessidade do desenvolvimento de técnicas capazes de transformar estes dados em dados estruturados. Por exemplo, no caso de textos este processo é conhecido como Mineração de Textos (MT) [Feldman e Sanger 2006].

Mineração de Textos, também conhecido como Descoberta de Conhecimento em Textos, utiliza técnicas de análise e extração de dados a partir de textos, frases ou apenas palavras. Envolve a aplicação de algoritmos computacionais que processam textos e identificam informações úteis e implícitas, que normalmente não poderiam ser recuperadas utilizando métodos tradicionais de consulta, pois a informação contida nestes textos não podem ser obtida de forma direta, uma vez que, em geral, estão armazenadas em formato não estruturado [Morais e Ambrósio 2007].

Há duas abordagens tradicionais mineração de textos, são elas a Análise Semântica e Análise Estatística. A primeira realiza a interpretação das palavras conforme um ser humano faria, ou seja, por meio do significado da palavra, o contexto na qual ela está inserida bem como conhecimentos morfológicos, sintáticos e semânticos. Na Análise Estatística, as palavras são valoradas mediante a frequência de sua aparição nos dados, não importando a sua contextualização. As abordagens podem ser aplicadas separadamente ou em conjunto, de acordo com a necessidade do problema [Junior 2007].

Entre as principais tarefas de Mineração de Textos, Agrupamento e Classificação recebem especial atenção na literatura [Aggarwal e Zhai 2012]. Agrupamento consiste em agrupar automaticamente os documentos em grupos de acordo com a sua similaridade. A Classificação, também chamada Categorização de Textos, é utilizada para classificar um conjunto de documentos em uma ou mais categorias (classes) pré-definidas [Passini 2012].

As aplicações da mineração de textos são variadas tanto nas áreas científicas quanto comerciais. Um grande exemplo é a utilização desta técnica na medicina, em que diariamente

milhares de informações de textos são geradas (prontuários, registros hospitalares, receitas, fichas de pacientes), auxiliando médicos com diagnóstico de doenças e recomendação de tratamentos. Há um *software* chamado Medline, que utiliza dos conceitos apresentados, trabalhando como base de dados bibliográficos da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos [Pezzini 2017].

No meio de diversas aplicações, uma nova área de pesquisa está emergindo, a “Mineração de Dados Educacionais” (do inglês *Educational Data Mining* ou EDM) que possui o objetivo de estudar dados coletados no âmbito educacional e responder questões como: métodos para melhorar a aprendizagem do estudante, desenvolver ambientes educacionais mais eficazes, identificar se um aluno está confuso ou desmotivado com o método de aprendizagem e assim realizar adequações para sanar essa deficiência [Baker, Isotani e Carvalho 2011].

Neste projeto a mineração de textos será aplicada no ambiente acadêmico, com a finalidade de melhorar o método de como bancas avaliadoras são formadas atualmente. Possibilitando uma banca coesa com o tema apresentado no trabalho e consequentemente uma avaliação mais enriquecedora.

JUSTIFICATIVA

A ideia do projeto surgiu após a indagação de como seria possível aprimorar o método de como bancas avaliadoras são formadas nas universidades, com o intuito de automatizar o processo e ao mesmo tempo, indicar docentes que de fato trabalhem na área abordada pelo trabalho. Isso porque, a função da banca não é apenas a de atribuir uma nota, mas também de propor melhorias para o desenvolvimento do trabalho. Essa contribuição é efetiva quando a banca é composta por profissionais que dominem o tema do projeto.

Em regra o procedimento de composição de uma banca avaliadora é invariavelmente o mesmo: o orientador do trabalho é responsável por convidar docentes a sua escolha para compor a banca avaliadora. Porém não é necessário que estes docentes possuam expertise na área de pesquisa apresentada no trabalho, nestes casos, a banca poderá falhar em ter uma colaboração positiva para o projeto, já que a análise possivelmente será superficial, devido a falta de familiaridade com o assunto. Além disso, o processo é burocrático, podendo demandar tempo considerável, e o orientador por vezes não conhece as áreas de pesquisas em que outros pesquisadores da universidade estão trabalhando atualmente. Por tal razão, é possível que a escolha de membros da banca se torne mais por afinidade do que por experiência no assunto.

Com a aplicação de técnicas de mineração de textos, é possível identificar os docentes mais apropriados para qualificar o trabalho em questão baseando-se em dados. Dessa forma, evita-se a seleção daqueles que não possuem proximidade ao tema abordado. Somado a isso, o processo seria automatizado, retirando a função do orientador de selecionar os docentes da banca, impossibilitando que a decisão seja influenciada por critérios não técnicos.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um processo no qual, por meio de técnicas de mineração de textos, identifica-se os docentes que possuem maior afinidade com a área de pesquisa de um trabalho sujeito a avaliação. Para tanto, utiliza-se as dissertações de mestrado dos docentes, com o intuito de identificar suas principais áreas de pesquisas.

Como objetivo secundário, visa-se realizar a comparação de desempenho entre duas técnicas de extração de palavras chave, sendo elas a Frequência de Termo Inverso da Frequência nos Documentos (TFIDF) e o KeyGraph. Para tanto, os experimentos serão executados em diferentes cenários, possibilitando verificar qual delas atingiu melhores resultados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste Capítulo são apresentados em mais detalhes conceitos e técnicas comumente usadas em Mineração de Textos (MT). As etapas da MT apresentadas no Capítulo 5 são utilizadas para identificar em qual momento do processo cada técnica é aplicada.

4.1 Pré-Processamento

O objetivo dessa etapa consiste em transformar o conjunto de documentos em uma base mais limpa, na qual o trabalho de representação, processamento dos dados e a consequente interpretação destes, possam ser realizadas de maneira mais rápida e eficiente [Passini 2012]. Segue a descrição de algumas das técnicas usualmente utilizadas na preparação dos dados.

4.1.1 Identificação de Termos

4.1.1.1 Identificação de Termos Simples

É aplicado um analisador léxico para identificar as palavras presentes no documento, eliminando símbolos e caracteres indesejados, tais como hífen e vírgula. Nesta etapa os termos podem ser convertidos para letras minúsculas ou maiúsculas e tabulações convertidas a es-

paços simples, adequando os temas de acordo com a objetivo da análise [Morais e Ambrósio 2007].

4.1.1.2 Identificação de Termos Compostos

Há diversos termos que possuem diferentes significados quando descritos por meio da utilização de duas ou mais palavras adjacentes, são conhecidos como *Word-phrase formation*, podemos citar como exemplo o termo “Inteligência Artificial”. Uma maneira de reconhecer estas palavras, consiste em identificar os termos que co-ocorrem com a maior frequência no documento, e posteriormente validar ou não as expressões [Morais e Ambrósio 2007].

4.1.2 Stopwords

No processo de análise de textos, é necessário identificar palavras que não demonstram relevância, possibilitando assim a sua remoção. Pode-se citar como exemplo os artigos, preposições, pronomes, advérbios e outras classes de palavras auxiliares. Estes termos formam a maior parte dos textos da língua portuguesa, não agregando valor ao entendimento do texto analisado [Passini 2012].

As *stopwords* formam um “dicionário negativo”, também conhecido como *stoplist*. Assim, ao realizar a análise de um texto, as palavras encontradas no dicionário são identificadas como *stopwords*, resultando na remoção dos termos [Morais e Ambrósio 2007].

4.1.3 Stemming

Stemming é uma técnica de redução de termos a um radical comum, a partir da análise das características gramaticais dos elementos, como grau, número, gênero e desinência. Tem o objetivo de retirar os sufixos e prefixos das palavras, e encontrar a sua forma primitiva. Assim, as palavras no plural ou derivadas são reduzidas a um radical único, simplificando a representação dos termos envolvidos no documento [Passini 2012].

Dois erros típicos que costumam ocorrer durante o processo de *stemming* são *overstemming* e *understemming*. *Overstemming* ocorre quando não só o sufixo, mas também parte

do radical é retirado da palavra. Já *understemming* ocorre quando o sufixo não é removido, ou é apenas removido parcialmente [Uber 2004].

Há diversos algoritmos de *Stemming* desenvolvidos, porém eles devem ser projetados para o processamento de um idioma em específico. Como neste projeto são analisados textos na língua portuguesa, destacam-se três algoritmos: a versão para português do algoritmo de PORTER [Portuguese stemming algorithm], o Removedor de Sufixo da língua Portuguesa (RSLP), proposto por Orengo e Huyck [Orengo e Huyck 2001] e o algoritmo STEMBR, proposto por Alvares [Alvares, Garcia e Ferraz 2005] [Passini 2012].

Foram realizados estudos para identificar a técnica mais eficiente, comparando o desempenho dos três algoritmos citados anteriormente. O RSLP foi considerado o mais eficiente devido a menor taxa de erros de *overstemming* e *understemming* [Orengo e Huyck 2001].

4.2 Extração de Padrões

Essa é a principal etapa do processo de Mineração de Textos, nela ocorre a busca efetiva por conhecimentos inovadores e úteis a partir dos dados textuais. A aplicação dos algoritmos, fundamentados em técnicas que procuram, segundo determinados paradigmas, visa explorar os dados de forma a produzir modelos de conhecimento.

4.2.1 Keywords

As palavras mais frequentes em um texto (com exceção das *stopwords*) geralmente possuem um maior significado para o entendimento do assunto abordado no documento. Há duas maneiras de calcular a relevância destas palavras, a primeira delas é por meio da frequência que ela aparece no texto ou por meio da sua posição sintática.

Neste projeto é utilizada a análise baseada na frequência, mediante a atribuição de um *peso* para cada palavra. Há diversas maneiras de realizar o cálculo deste peso, a seguir são descritos três métodos: frequência absoluta, frequência relativa e frequência inversa de documentos [Morais e Ambrósio 2007].

4.2.1.1 Frequência Absoluta

É a técnica mais simples de se calcular o peso de uma palavra. Basta contabilizar a quantidade de vezes que o termo aparece no documento. Porém, por não levar em conta o tamanho do documento, palavras pouco frequentes em um texto pequeno, podem ter o mesmo peso que palavras muito frequentes em grandes documentos [Moraes e Ambrósio 2007].

4.2.1.2 Frequência Relativa - TF

Segundo Santos [Wives 1999] esta é a técnica mais comum para a identificação do quanto uma determinada palavra é importante para um documento, de acordo com o número de ocorrências desta palavra no mesmo. Segue a fórmula da frequência relativa:

$$TF(x, N) = \frac{F_{abs}(x)}{N}, \quad (4.1)$$

$F_{abs}(x)$ é o número de vezes que palavra x aparece no documento e N o número total de palavras no documento.

4.2.1.3 Frequência Inversa de Documentos - IDF

Essa técnica leva em conta a quantidade de documentos nos quais um termo aparece, somado a frequência absoluta dos termos. Assim, as palavras que aparecem em poucos documentos têm sua importância aumentada, pois geralmente são as mais discriminantes [Moraes e Ambrósio 2007]. A fórmula para o cálculo da frequência inversa (*inverse document frequency* - IDF) de um termo t em uma coleção D é:

$$IDF(t, D) = \log \frac{|D|}{DocFreq(t, D)}, \quad (4.2)$$

sendo $DocFreq(t, D)$ o número de documentos de D em que t ocorre e $|D|$ o número de documentos na coleção D .

4.2.1.4 Frequência de Termo Inverso da Frequência nos Documentos - TFIDF

Possui o objetivo de determinar o peso que um termo têm para descrever um documento específico dentre uma coleção, por meio da multiplicação da frequência relativa TF e a frequência inversa de documentos IDF , conforme apresentado na equação abaixo:

$$TFIDF(t, d, D) = TF(t, d) \cdot IDF(t, D), \quad (4.3)$$

TFIDF é uma forma de ponderação bastante utilizada em Mineração de Textos. Podemos considerar como palavras-chave de um texto aquelas que possuem maior valor de TFIDF, já que elas são boas discriminadoras entre os documentos da coleção e possuem frequência maior que as demais.

4.3 Considerações Finais

Há diversas maneiras de realizar a extração de padrões de um texto, porém a maioria delas são derivações do TFIDF. Com o objetivo de explorar aqueles que não utilizam o TFIDF como base de cálculo, foi selecionado neste trabalho o KeyGraph [Ohsawa, Benson e Yachida 1998], metodologia que considera os *clusters* de um grafo as principais ideias abordadas em um texto, e as palavras responsáveis por conectá-las como as *keywords*, conforme detalhado no Capítulo 6.

MINERAÇÃO DE TEXTOS

Sabendo que o processo de Mineração de Textos é representado por quatro grandes etapas: identificação do problema, pré-processamento, extração de padrões, pós processamento e utilização do conhecimento, as próximas seções possuem a finalidade de identificar essas etapas no problema que será estudado [Rezende, Marcacini e Moura 2011].

5.1 Identificação do Problema

Utilizar técnicas de mineração de textos na recomendação dos docentes mais apropriados para comporem a banca avaliadora de um determinado trabalho. Para isso, serão utilizado as informações presentes nas dissertações de mestrado dos docentes.

5.2 Pré-Processamento

O desafio inicial é identificar um método ou ferramenta que realize a leitura dos textos presente nas dissertações e os disponibilize para uso.

Para que o processo realize as comparações entre as palavras, é de extrema importância que o texto armazenado esteja normalizado. Assim, é preciso aplicar algumas técnicas para

limpar o texto, tais como *stopwords* e *stemming* [Jurafsky e Martin 2000], eliminando redundâncias e/ou variações morfológicas. Após a normalização do texto, preposições, plurais, letras maiúsculas e acentuações não irão interferir na análise do processo.

5.3 Extração de Padrões

Para identificar palavras-chave (*key words*) são utilizados critérios estatísticos ou modelos matemáticos. Para cada palavra-chave do texto de entrada, será realizada uma comparação entre as palavras-chave retiradas das dissertações dos docentes. Os docentes que obtiverem maior frequência de tais palavras ou que tenham alguma identificação de correlação com tais palavras, são aqueles que possuem maior familiaridade com o assunto abordado no trabalho e portanto os mais indicados para comporem a banca.

5.4 Pós Processamento

Tendo em vista a informação extraída, a formação de bancas coerentes com o tema abordado será realizada de maneira simples, pois bastará selecionar os docentes que foram identificados com maior familiaridade ao assunto.

KEYGRAPH

O método KeyGraph [Ohsawa, Benson e Yachida 1998] se baseia na ideia de que um documento é construído para conter pontos focais, e a correlação de palavras neste documento são responsáveis por expressá-los. Assim, o algoritmo constrói um grafo, no qual as palavras mais frequentes no texto tornam-se os vértices, e as arestas são construídas caso a relação entre estes sejam fortes. Os *clusters* formados no grafo são os principais conceitos abordados no documento [Ohsawa, Benson e Yachida 1998].

O algoritmo utilizará importantes conceitos, sendo eles:

- *Foundations*: são os *clusters* do grafo que representam os conceitos básicos do textos, construídos por meio da co-ocorrência dos termos no documento;
- *Columns*: é a relação entre os termos do documento com os *clusters*;
- *Roof*: Vértices do grafo que apresentam altos valores de *Columns*;
- Componente conexo: subconjunto de vértices de um grafo que pode-se chegar em qualquer um dos vértices a partir de outro vértice do subconjunto, i.e., são alcançáveis entre si.

Os passos principais do KeyGraph são descritos no Algoritmo 1. Na sequência cada subseção apresenta detalhes de cada passo. Com o intuito de facilitar a compreensão das etapas,

o texto do Capítulo 1 foi submetido ao algoritmo KeyGraph, apresentando em cada seção o resultado obtido.

Algoritmo 1 Keygraph: principais passos

- 1: **Função** KEYGRAPH(Texto, N_{HF} , N_{HK} , N_{KW})
 - 2: Normalizar texto
 - 3: Criar grafo com N_{HF} vértices para termos de alta frequência
 - 4: Adicionar arestas
 - 5: Calcular *keys* identificando N_{HK} termos importantes
 - 6: Calcular *columns*
 - 7: Extrair N_{KW} palavras-chave
 - 8: **Fim Função**
-

6.1 Normalizar Texto

Inicialmente o texto é submetido ao processo de *stemming* bem como a retirada de *stopwords*. Feito isso, cada sentença do texto será analisada separadamente. Para cada palavra presente na frase, ela será combinada à subsequente e contabilizada a quantidade de vezes que este termo conjugado ocorre nas sentenças do texto. Por exemplo, para uma sentença que possui palavras a , b , c , d , e , as seguintes combinações serão analisadas: (a) , (a,b) , (a,b,c) , (a,b,c,d) , (b) , (b,c) , (b,c,d) , (b,c,d,e) .

6.2 Criar Grafo

Dentre todas as possíveis combinações, é selecionada aquela que possuir a maior frequência no texto (dando preferência pelo candidato com mais palavras). Este processo deverá ser realizado para todas as sentenças do documento, armazenando os termos em uma lista ordenada (D_{terms}). Os termos mais frequentes são selecionados, seja HF o conjunto dos N_{HF} termos com maior frequência em D_{terms} , cria-se um grafo G com N_{HF} vértices correspondentes aos elementos de HF . No artigo do qual foi extraído o algoritmo, é atribuído o valor 30 para o parâmetro N_{HF} [Ohsawa, Benson e Yachida 1998].

Ao analisar o exemplo proposto, definiu-se o valor 10 para o HF , resultando os seguintes termos: *form*, *educac*, *text*, *dad*, *estrut*, *ger*, *merc*, *palavr*, *desd* e *grup*, gerando o grafo da Figura 6.1.

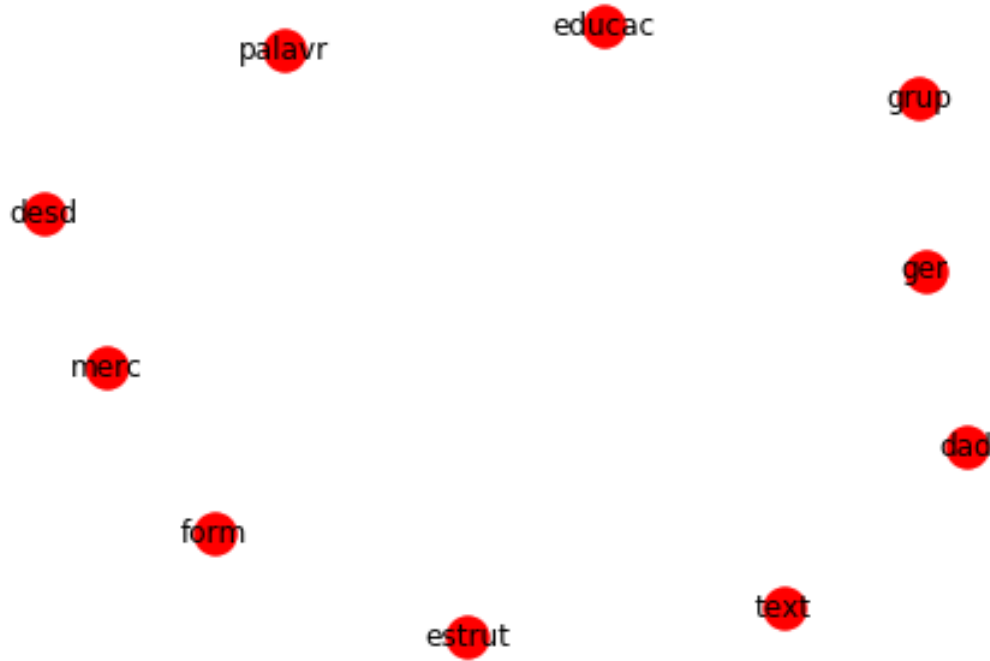


Figura 6.1: Grafo com *Dterms*

6.3 Adicionar Arestas

São adicionadas arestas entre os vértices de G que possuírem uma forte associação, definida como:

$$assoc(w_i, w_j) = \sum_{s \in D} \min(|w_i|_s, |w_j|_s), \quad (6.1)$$

a quantidade de vezes que o termo w_i ocorre em uma determinada sentença s , é representado por $|w_i|_s$.

Feito isso, são selecionados os $N_{HF}-1$ pares com maior valor de $assoc$ e cria-se uma aresta conectando eles, este é o menor número de arestas necessárias para conectar todo o grafo. Caso o grafo tenha apenas um conceito básico ele deve formar um único componente co-

nexo, caso contrário, a premissa é que teremos um componente conexo para cada conceito básico. Os pares com maiores valores de *assoc* no exemplo em análise foram $(text, dad)$, $(text, palavr)$ e $(dad, estrut)$. A Figura 6.2 contém o grafo já com a adição das arestas.

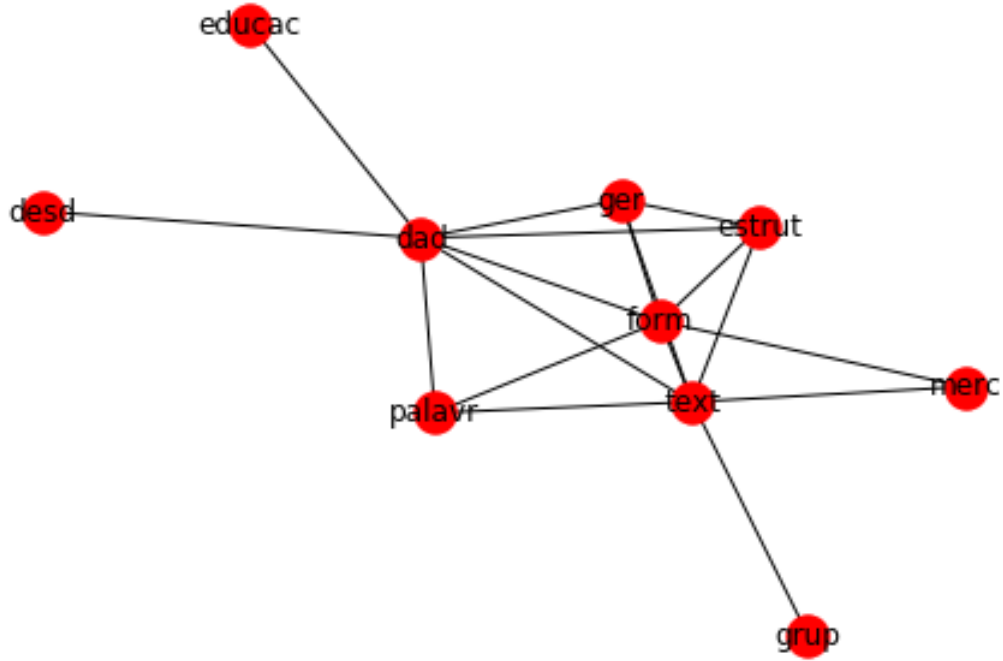


Figura 6.2: Grafo com Arestas

6.4 Calcular Keys

O objetivo é encontrar os termos que conectam os *clusters* do grafo, para isso é atribuído um valor de key_w para todos os termos w em D . Para tanto, serão utilizado duas funções auxiliares, são elas:

$$based(w, g) = \sum_{s \in D} |w|_s |g - w|_s, \quad (6.2)$$

$$neighbors(g) = \sum_{s \in D} \sum_{w \in s} |w|_s |g - w|_s, \quad (6.3)$$

$$|g - w|_s = \begin{cases} |g|_s - |w|_s, & \text{se } w \in g \\ |g|_s, & \text{se } w \notin g \end{cases}$$

based é responsável por contabilizar a quantidade de vezes que os termos em D_{terms} e os termos do *cluster* g ocorrem na mesma sentença no documento. *neighbors* realiza uma contagem similar, porém leva em consideração todos os termos do documento e não somente os contidos em D_{terms} . $|g - w|_s$ são os termos de g que são diferentes de w . Para uma melhor ilustração das definições apresentadas, são listados os 5 termos com maiores *based* e seus respectivos valores (*form*, 35), (*text*, 31), (*dad*, 31), (*estrut*, 28) e (*educac*, 13).

A partir da divisão desses valores, computa-se o key_w , que é a probabilidade do termo w aparecer se todos os conceitos básicos (componentes conexos do grafo) forem considerados pelo autor. A fórmula da key_w é descrita como:

$$key(w) = 1 - \prod_{g \in G} \left(1 - \frac{based(w, g)}{neighbors(g)} \right) \quad (6.4)$$

Feito isso, são considerados os N_{HK} termos com maiores valores de key como HK . O autor do artigo recomenda o valor 12 para este parâmetro. Os termos de HK são adicionados como vértices em G (vide Figura 6.3), caso eles já não se encontrem no mesmo. O cenário ideal seria cada termo de um *cluster* (*foundation*) em G estar conectado com todos os outros vértices do seu *cluster*, sem conexão com outros *clusters*.

O termo que apresentou o maior valor de key foi *dad* com o valor de 0.0955, o que faz todo o sentido, uma vez que ele é de suma importância para a compreensão dos tópicos do documento.

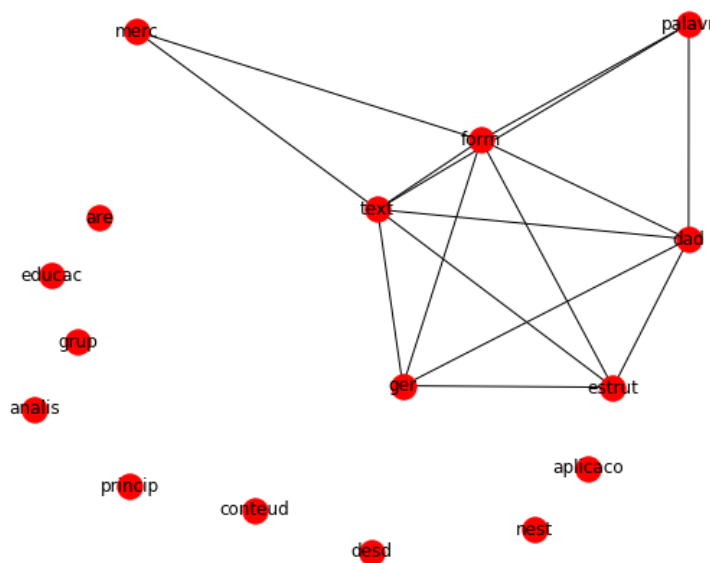
6.5 Calcular Columns

Para computar a força de uma *column* (ligação entre termos), vemos entre cada par de termos tal que w_i está em HK e w_j está em HF o valor de:

$$column(w_i, w_j) = \sum_{s \in D} \min(|w_i|_s, |w_j|_s), \quad (6.5)$$

selecionam-se os maiores valores de *column* conectando $|w_i|_s$ a dois ou mais grupos, e estas arestas são adicionadas ao grafo. Para cada aresta do grafo, é verificado se a mesma é de corte¹ para os vértices em que estão conectadas. Caso sejam de corte, essas arestas são

¹Aresta cuja remoção em um grafo, aumenta o número de componentes conectados deste.

Figura 6.3: Grafo com N_{HK}

removidas do grafo. Os maiores valores de *column* do exemplo foram ('text', 14), ('dad', 9), ('form', 8) e ('estrut', 6).

6.6 Extrair Keywords

Os vértices do grafo são ordenados pela soma de valores de *column* que chegam neles. São selecionados os N_{HK} com os maiores valores de soma, resultando nas palavras-chave. O autor adota N_{HK} com o valor 12 em seu artigo [Ohsawa, Benson e Yachida 1998]. O N_{HK} do exemplo foi definido com o valor 4, isso devido ao tamanho do texto e a quantidade de tokens gerados. Assim, as *keywords* selecionadas foram *text*, *dad*, *estrut* e *analís*.

6.7 Considerações Finais

O diferencial deste método é a extração de palavras-chaves de documentos únicos, sem a necessidade de uma coleção na qual frequências de termos seriam calculados. Sua atribuição de pesos é baseada na importância que os termos possuem para o entendimento dos principais assuntos abordados no documento, por meio de cálculo da probabilidade de um termo conectar dois temas (*clusters* em *g*) e a probabilidade do termo estar no documento

quando todos os temas ocorrem. Assim, as palavras extraídas são aquelas que possuem maior impacto para o entendimento dos assuntos do documento e/ou realizam a conexão entre dois temas abordados no texto.

ANÁLISE DE RESULTADOS

7.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo são descritos e analisados os experimentos realizados na avaliação do método KeyGraph. Este, será aplicado na recomendação de avaliadores para artigos e projetos escritos na língua portuguesa, para tanto, foram selecionados dez docentes, sendo eles: Cristiane Sato, Denis Fantinato, Emilio Francesquini, Fabrício Olivetti, Guilherme Mota, Harlen Bargatelo, João Gois, Maycon Sambinelli, Raphael Camargo e Thiago Covões. Apesar de todos serem da área da Ciência da Computação, possuem linhas de pesquisas distintas. Harlen Bargatelo e João Gois ambos atuam no campo de Computação Gráfica, outro grupo que possui linha de pesquisa em comum são Guilherme Mota, Cristiane Sato e Maycon Sambinelli, voltados para Teoria dos Grafos e Matemática da Computação. Dois docentes que apesar de não trabalharem na mesma área, estão relacionadas são Emilio Francesquini com projetos em Computação Paralela e Sistemas Distribuídos e Raphael Camargo atuando com Neurociência Computacional. Por fim, Thiago Covões possui similaridade com Mineração de Dados enquanto Fabrício Olivetti estuda a área de Inteligência Artificial e Denis Fantinato focado em Processamento de Sinais.

Foi realizado a seleção de 10 artigos que discutissem diferentes áreas de pesquisas da Ciência da Computação. Os mesmos foram escolhidos dentre múltiplas conferências, sendo elas: Anais do Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional (ENIAC), Escola Nacional de Alto Desempenho (ERAD), Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBRT), Anais Estendidos da Conference on Graphics, Patterens and Images (SIBGRAPI) e Anais do Encontro de Teoria da Computação (ETC). Os artigos são apresentados na Tabela 7.1, contendo seus respectivos nomes, conferências da qual foi extraído e docentes que possuem afinidade.

Tabela 7.1: Artigos

ID	Artigo	Conferência	Docentes
1	Sistema de medição e análise de qualidade de redes celulares móveis	SBRT	Denis Fantinato
2	Um método para discriminação entre PSK e FSK utilizando estatísticas de ordem superior	SBRT	Denis Fantinato
3	Avaliação de desempenho de wavelet shrinkage pela esparsidade dos coeficientes	SBRT	Denis Fantinato
4	Análise de Desempenho da Execução Remota de Método Aplicado ao Monitoramento de Animais com VANT	ERAD	Emilio Francesquini Raphael Camargo
5	Primitivas para aplicação de Transactional Boosting no STM Haskell	ERAD	Emilio Francesquini Raphael Camargo
6	Parametrização hierárquica de superfícies poligonais construídas com triangulação de Delaunay restrita	SIBGRAPI	Harlen Bargatelo João Gois
7	Detecção de Desfolha de Soja Utilizando Redes Neurais Convolucionais	SIBGRAPI	Harlen Bargatelo João Gois
8	Aspectos de complexidade parametrizada e problemas análogos em problemas de lista coloração de grafos e suas variações	ETC	Cristiane Sato Guilherme Mota Maycon Sambinelli
9	Um esquema de aproximação para um problema de empacotamento com cenários	ETC	Cristiane Sato Guilherme Mota Maycon Sambinelli
10	Reconhecimento de Grafos Dino de Precedência	ETC	Cristiane Sato Guilherme Mota Maycon Sambinelli

7.2 Metodologia

No decorrer do capítulo é abordado constantemente dois conjuntos de textos. Para facilitar a distinção entre eles, adotou-se os termos *texto-base* e *texto-avaliado*. Sendo o *texto-base*, relativo aos docentes e *texto-avaliado* ao artigo que está sob análise. Vale ressaltar que todos os textos utilizados neste experimento receberam um tratamento, por meio do processo de normalização, remoção de acentos, *stemming* e retirada de *stopwords*.

Com objetivo de comparação e avaliação dos resultados, todos os *texto-avaliado* foram submetidos à duas metodologias: TFIDF e KeyGraph. Inicialmente será discorrido sobre o TFIDF e como são as etapas de tratamento de cada um dos conjuntos de textos. Em seguida, é apresentado o KeyGraph e como é realizado a sua integração com o TFIDF. Por fim, os resultados dos métodos são ranqueados por meio de um cálculo que utilizará a similaridade de cossenos como base, como também dispostos na forma de mapas de calor para uma melhor visualização.

Para a construção do *texto-base*, utilizou-se as dissertações dos docentes, ou seja, cada um possui respectivamente o seu trabalho de mestrado em seu *texto-base*. Feito isso, é computado a Frequência Relativa (TF) de todos os termos do *texto-base*. Em seguida, calcula-se o Inverso da Frequência do Documento (IDF), baseando-se na coleção de todos os textos-base. Por fim, para todos os termos multiplica-se o TF com o seu respectivo IDF, resultando no TFIDF. Da mesma forma o *texto-avaliado* é submetido aos procedimentos descritos, com a diferença que o IDF é o mesmo previamente calculado no *texto-base*. Caso haja um termo no *texto-avaliado* que não se encontra na coleção dos textos-base, é atribuído o valor 0 de IDF ao mesmo. Para um melhor entendimento foi desenvolvido um fluxograma das etapas na Figura 7.1.

O *texto-avaliado* é então submetido ao método do KeyGraph para a extração de suas palavras-chave. Na sequência é aplicado o mesmo procedimento do TFIDF, porém ao invés de utilizar o *texto-avaliado* é considerado os termos extraídos pelo KeyGraph, conforme apresentado na Figura 7.2.

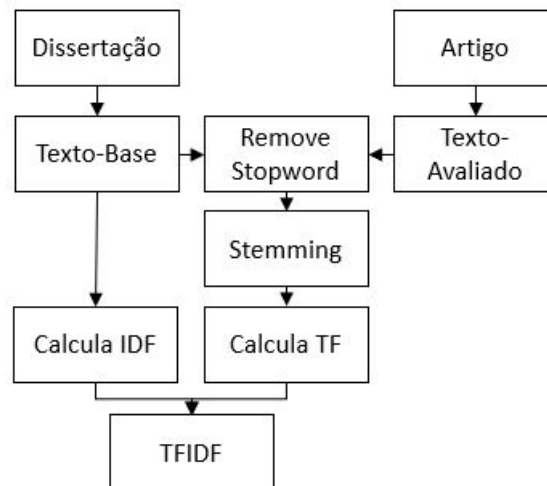


Figura 7.1: Fluxograma TFIDF

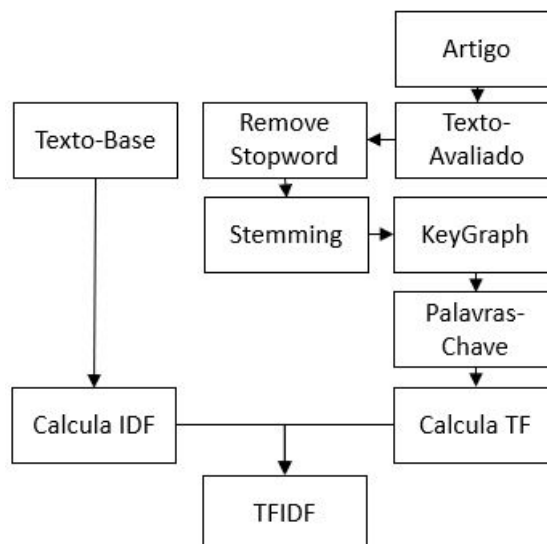


Figura 7.2: Fluxograma KeyGraph

A identificação do docente com maior afinidade ao tema retratado no artigo é dado por meio da função de similaridade de cossenos, no qual o vetor com os TFIDF do *texto-avaliado* é comparado com o vetor de TFIDF do docente. Para finalizar, ordenam-se os resultados, e os docentes que apresentarem maiores similaridade, possuem a maior relação com o assunto abordado no *texto-avaliado*.

Com o intuito de alcançar uma análise apurada, foram utilizados diferentes parâmetros entre as metodologias:

- TFIDFG: TFIDF - considerando todas as palavras do *texto-avaliado*;

- TFIDF15: TFIDF - com as 15 palavras mais frequentes (TF) do *texto-avaliado*;
- TFIDF12: TFIDF - com as 12 palavras mais frequentes (TF) do *texto-avaliado*;
- KeyGraph30: Keygraph parametrizado por: $N_{HF} = 30$, $N_{HK} = 12$ e $N_{KW} = 12$;
- KeyGraph50: Keygraph parametrizado por: $N_{HF} = 50$, $N_{HK} = 15$ e $N_{KW} = 15$.

Para mensurar a eficácia de cada metodologia, utilizou-se de um cálculo que se baseia na posição em que o docente, que de fato possui similaridade com o artigo, foi classificado. Por exemplo, sabe-se que o artigo retirado da conferência SBRT, possui maior similaridade com o Denis Fantinato, uma vez que sua área de atuação é amplamente abordada na conferência. Dito isto, caso a metodologia classifique ele em primeiro nestes artigos, será atribuído o valor 1, caso ele fique na quinta posição, é atribuído o valor 5. Esse processo é realizado para todos os artigos, e os docentes que se relacionam ao mesmo. No final, essa nota é dividida pelo número de artigos. Portanto, quanto mais próxima de 1, melhor o desempenho da metodologia. A Tabela 7.2 contém as notas calculadas para cada uma das metodologias considerando os experimentos realizados com o artigos da Tabela 7.1.

Tabela 7.2: Notas das Metodologias

Metodologia	Nota
TFIDF15	3,7
TFIDFG	4
TFIDF12	4,1
KeyGraph30	7
KeyGraph50	7

Os resultados específicos de cada artigo são apresentados na forma de mapas de calor nas Figuras 7.3,7.4,7.5,7.6 e 7.7. Nestas figuras as linhas representam os docentes e as colunas os artigos. As cores mais escuras representam os docentes que possuem maior similaridade com o artigo em questão. Importante ressaltar que os valores dispostos no mapa de calor são referentes as similaridades de cossenos resultantes de cada uma das metodologias. Os valores da similaridade foram normalizados, melhorando assim a visualização dos dados.

Tanto visualmente por meio dos mapas de calor, quanto pelos cálculos fica evidente a superioridade do TFIDF sobre o KeyGraph. Esse resultado é interessante visto que o TFIDF

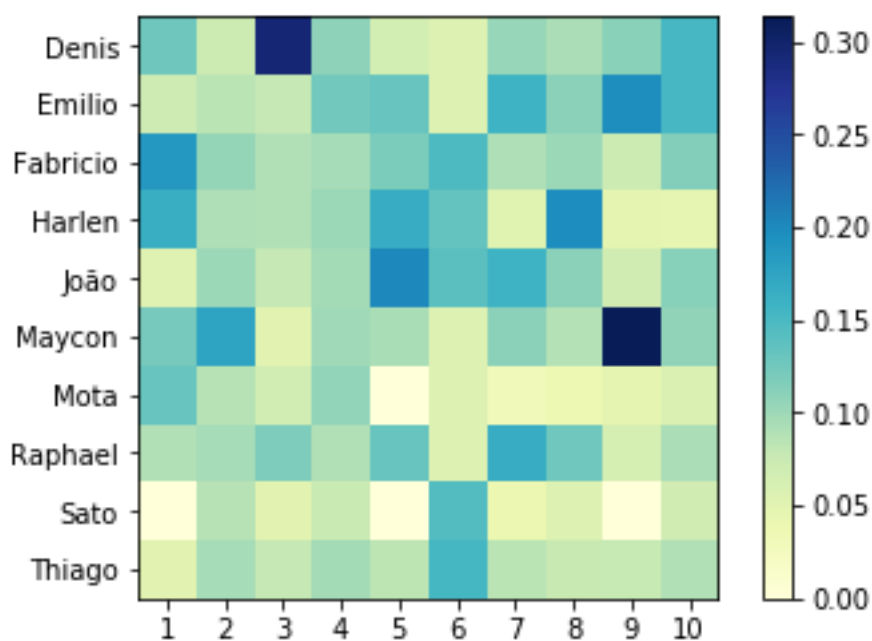


Figura 7.3: Mapa de Calor - Keygraph $N_{HF} = 30$, $N_{HK} = 12$ e $N_{KW} = 12$

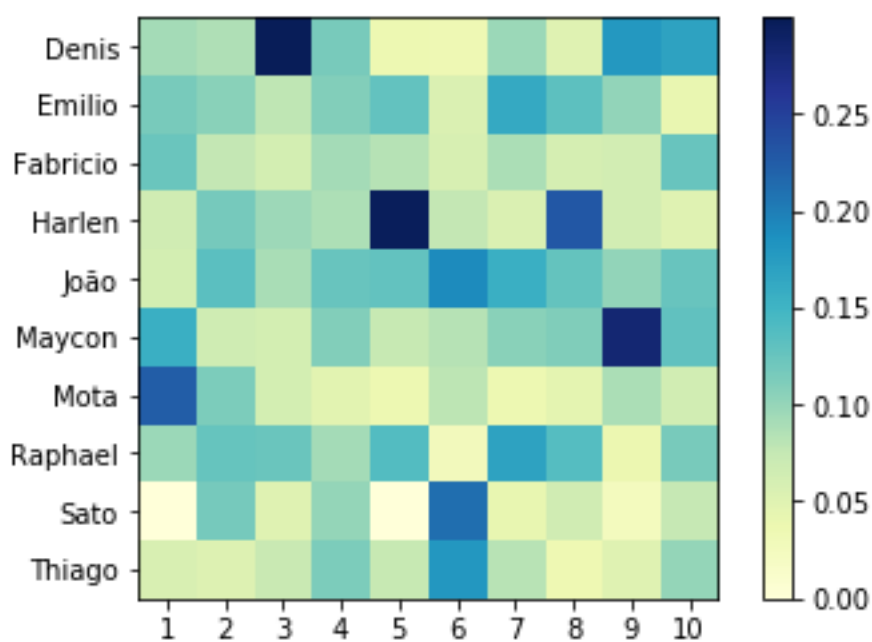


Figura 7.4: Mapa de Calor - Keygraph $N_{HF} = 50$, $N_{HK} = 15$ e $N_{KW} = 15$

é uma uma medida estatística muito popular, devido a sua confiabilidade em identificar a importância de uma palavra dentre uma coleção. Já o KeyGraph possui outra abordagem, que evita a necessidade de uma coleção de documentos para apontar palavras-chave, além de não levar em conta nenhum cálculo de frequência do termo.

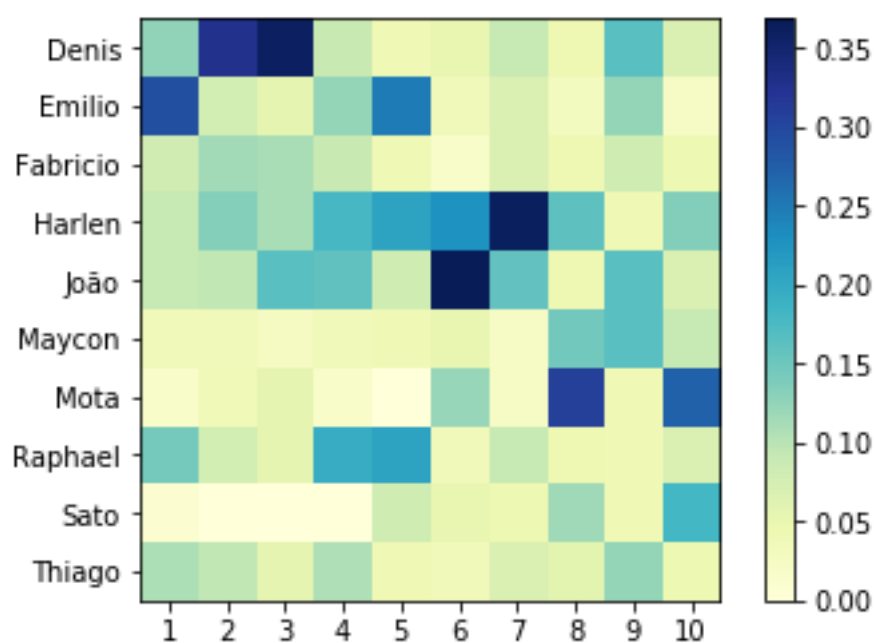


Figura 7.5: Mapa de Calor - TFIDF todas as palavras

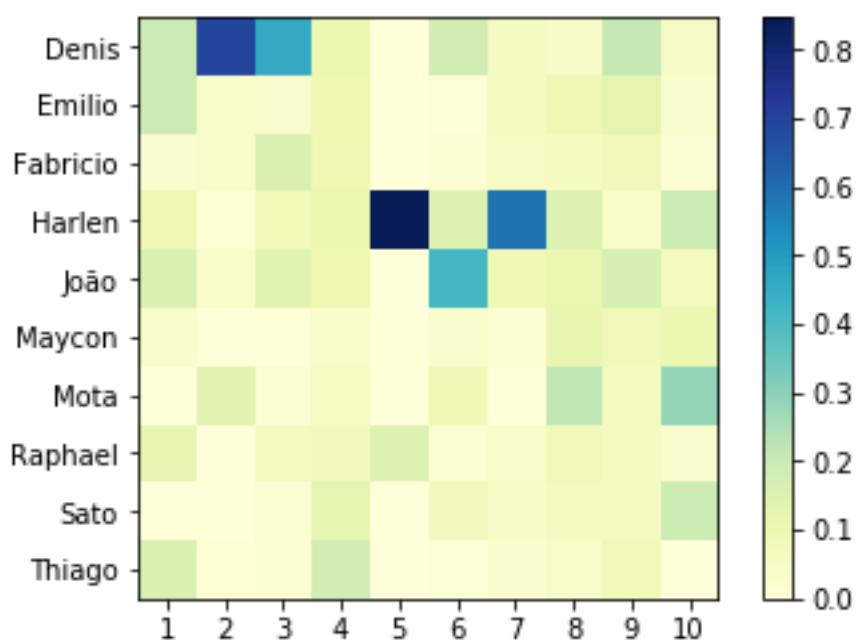


Figura 7.6: Mapa de Calor - TFIDF com 12 termos mais frequentes

Pelo fato do KeyGraph extrair um número pequeno de palavras-chave, a metodologia enfrenta dificuldades em identificar temas específicos. Na grande maioria dos textos, as palavras-chave extraídas eram de âmbito geral da grande área da Ciência da Computação, tais como “dados”, “algoritmo” e “sistema”, ou seja, termos que possuem sempre muita ocor-

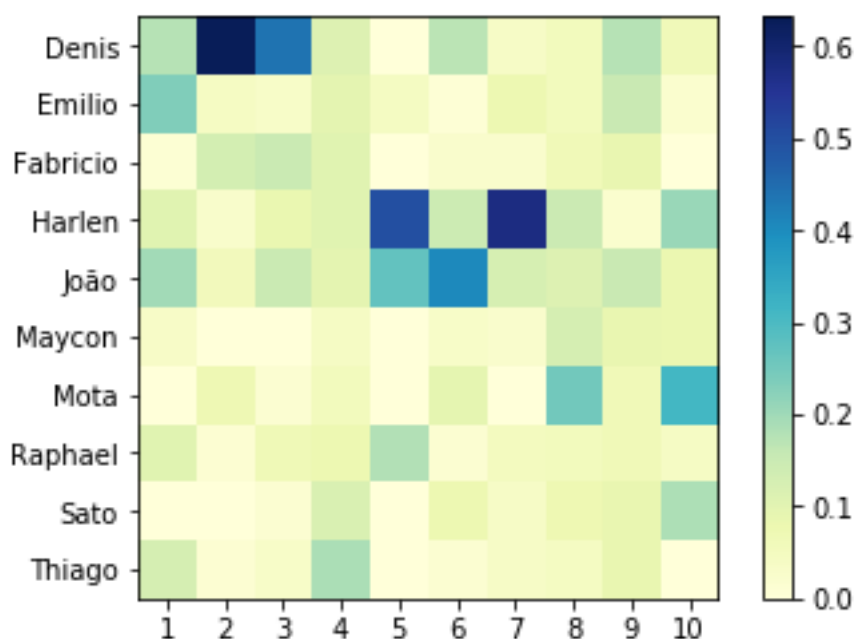


Figura 7.7: Mapa de Calor - TFIDF com 15 termos mais frequentes

rência nos textos referentes a área de tecnologia. Assim, a metodologia não consegue apontar o docente que possui a maior relação com o texto, uma vez as palavras-chave são similares na maioria dos textos-avaliado e textos-base. Isso resulta em similaridades parelhas, impossibilitando diferenciar docentes que possuem destaque em uma linha de pesquisa específica.

Vale ressaltar que os dois cenários no qual o KeyGraph foi exposto, de uma maneira geral, apresentou pequenas diferença de comportamento. Visto que, em um número de artigos seu desempenho foi superior com o KeyGraph30, como no Artigo 4 no qual o docente mais similar foi recomendado na primeira posição enquanto no KeyGraph50 o mesmo caiu para a quinta posição. Por outro lado, no Artigo 6 o KeyGraph50 ranqueou um dos docente relacionado ao artigo em segundo e o mesmo cai para quarto no KeyGraph30. Em suma, a alteração de parâmetros do KeyGraph, fez com que um número de artigos fosse melhor avaliado, mas por outro lado piorou o desempenho do restante, ou seja, não impactando no resultado geral, uma vez que a nota do algoritmo em ambos os casos foi a mesma.

O mesmo vale para o TFIDF que apresentou leves variações com as mudanças nos parâmetros, porém mesmo nos cenários em que foram utilizados a mesma quantidade de termos do KeyGraph, TFIDF12 e TFIDF15, o desempenho se manteve constante e melhor quando

comparado ao KeyGraph30 e KeyGraph50. Ressaltando a superioridade do TFIDF quando comparado a uma quantidade equivalente de termos, o que em teoria deveria representar a mesma adversidade enfrentado pelo KeyGraph em trabalhar com termos muito abrangentes, o TFIDF apresentou resultados estáveis, pois apesar dos diferentes cenários à que foi submetido, manteve notas próximas em todos.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Trabalhar com textos em geral é uma tarefa árdua, no qual os mínimos detalhes impactam diretamente no resultado final. São diversas etapas para tratamento do texto, afim de possibilitar uma análise mais correta. O KeyGraph é um exemplo disso, no qual a simples decisão de como selecionar uma sentença em um texto, reflete diretamente na saída do algoritmo. Uma grande dificuldade encontrada no projeto, foi a leitura dos textos presente nos PDFs, pois além de não ser uma base de dados linear, como um arquivo CSV por exemplo, há diferentes maneiras que um texto é codificado dentro de um PDF.

Além disso, por não haver muita documentação referente ao KeyGraph e não ser código aberto, foi necessário a implementação do método, baseando-se apenas no artigo [Ohsawa, Benson e Yachida 1998]. Muitas definições apresentadas não estavam claras, e foi necessário interpretar algumas delas, de forma que faria sentido para o projeto.

Inicialmente, a ideia era realizar a leitura do currículo Lattes de cada docente para a geração do *texto-base*, e foi realizado uma implementação para tal. Porém, grande parte de dados relevantes presentes nas páginas estavam na língua inglesa, o que impossibilitou a sua utilização porque o *texto-base* e o *texto-avaliado* devem estar na mesma língua.

Mas apesar das dificuldades, o conhecimento adquirido durante o período na Universidade ajudou a sanar grande parte delas. Apesar de todas as matérias cursadas terem o seu

papel, algumas merecem um maior destaque, como Programação Orientada a Objetos, na qual eu tive o primeiro contato com a linguagem Python, utilizada nas implementações de todos os algoritmos aqui presentes, Análise de Algoritmo que foi essencial para a otimização do código, pois diversas comparações são realizadas no KeyGraph e além das matérias, a Iniciação Científica desenvolvida no meu segundo ano, construiu um pequeno conhecimento em escrita de trabalho científico.

Em suma, o TFIDF foi superior ao KeyGraph e manteve constantes resultados, indicando na maioria dos testes, o docente com maior relação ao tema como parte da banca avaliadora. O KeyGraph é uma metodologia interessante, pois evita a dependência de uma coleção de documentos, por outro lado é notório o impacto disso no seu desempenho. Dito isto, o KeyGraph não seria uma escolha viável para a formação das bancas, pois sua taxa de acerto é baixa, o TFIDF por sua vez possui resultados constantes e assertivos, possibilitando utilizá-lo como ferramenta para a recomendação dos docentes. Embora os resultados encontrados não serem o esperado, há possibilidades para aprimorar esta pesquisa. O aumento da coleção dos docentes é um ponto de suma importância, tanto na questão de quantidade de documentos, como para avaliar o uso da ferramenta. Com a adição de artigos publicados, orientações de mestrado/doutorado e projetos de pesquisa à coleção, a linha de pesquisa do docente se manterá sempre atualizada. Possibilitando uma maior eficácia do algoritmo, uma vez que ele estará trabalhando com dados atuais.



REFERÊNCIAS

- [Aggarwal e Zhai 2012]AGGARWAL, C. C.; ZHAI, C. *Mining text data*. [S.l.]: Springer Science Business Media, 2012.
- [Alvares, Garcia e Ferraz 2005]ALVARES, R. V.; GARCIA, A. C. B.; FERRAZ, I. Stembr: a stemming algorithm for the brazilian portuguese language. In: SPRINGER. *Portuguese Conference on Artificial Intelligence*. [S.l.], 2005. p. 693–701.
- [Baker, Isotani e Carvalho 2011]BAKER, R.; ISOTANI, S.; CARVALHO, A. Mineração de dados educacionais: Oportunidades para o brasil. *Brazilian Journal of Computers in Education*, v. 19, n. 02, p. 03, 2011.
- [Camilo e Silva 2009]CAMILO, C. O.; SILVA, J. C. da. *Mineração de Dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas*. [S.l.], 2009.
- [Feldman e Sanger 2006]FELDMAN, R.; SANGER, J. *Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data*. [S.l.: s.n.], 2006.
- [Junior 2007]JUNIOR, J. R. C. Desenvolvimento de uma metodologia para mineração de textos. *Departamento de Engenharia Elétrica, Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro*, 2007.

-
- [Jurafsky e Martin 2000]JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*. 1st. ed. USA: Prentice Hall PTR, 2000. ISBN 0130950696.
- [Morais e Ambrósio 2007]MORAIS, E. A. M.; AMBRÓSIO, A. P. L. *Mineração de Textos*. [S.l.], 2007.
- [Ohsawa, Benson e Yachida 1998]OHSAWA, Y.; BENSON, N. E.; YACHIDA, M. Keygraph: Automatic indexing by co-occurrence graph based on building construction metaphor. In: IEEE. *Proceedings IEEE International Forum on Research and Technology Advances in Digital Libraries-ADL'98-*. [S.l.], 1998. p. 12–18.
- [Orengo e Huyck 2001]ORENGO, V. M.; HUYCK, C. A stemming algorithm for the portuguese language. In: IEEE. *Proceedings Eighth Symposium on String Processing and Information Retrieval*. [S.l.], 2001. p. 186–193.
- [Passini 2012]PASSINI, M. L. C. *MINERAÇÃO DE TEXTOS PARA ORGANIZAÇÃO DE DOCUMENTOS EM CENTRAIS DE ATENDIMENTO*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [Pezzini 2017]PEZZINI, A. Mineração de textos: Conceito, processo e aplicações. *REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí*, v. 5, n. 8, p. 58–61, 2017.
- [Portuguese stemming algorithm]PORTUGUESE stemming algorithm. <http://snowball.tartarus.org/algorithms/portuguese/stemmer.html>. Acessado: 09/05/2019.
- [Rezende, Marcacini e Moura 2011]REZENDE, S. O.; MARCACINI, R. M.; MOURA, M. F. O uso da mineração de textos para extração e organização não supervisionada de conhecimento. *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, v. 7, p. 7–21, 2011.
- [Uber 2004]UBER, J. L. Descoberta de conhecimento com o uso de text mining aplicada ao sac. Universidade Regional de Blumenau, 2004.
- [Wives 1999]WIVES, L. K. Um estudo sobre agrupamento de documentos textuais em processamento de informações não estruturadas usando técnicas de "clustering". 1999.