Guilherme Henrique Santos Andreata

O Uso de Processamento de Linguagem Natural para a Análise de Sentimentos na Rede Social Reddit

Caxias do Sul

2017

Guilherme Henrique Santos Andreata

O Uso de Processamento de Linguagem Natural para a Análise de Sentimentos na Rede Social Reddit

Projeto de Diplomação submetido ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para graduação.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

CENTRO DE COMPUTAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Orientador: André Luis Martinotto

Caxias do Sul

2017

Guilherme Henrique Santos Andreata

O Uso de Processamento de Linguagem Natural para a Análise de Sentimentos na Rede Social Reddit

Projeto de Diplomação submetido ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para graduação.

André Luis Martinotto
Orientador

Daniel Luís Notari
Convidado 1

Helena Graziottin Ribeiro
Convidado 2

Caxias do Sul
2017

Resumo

A sociedade tem cada vez mais se expressado através de Redes Sociais, sendo que entre essas se destaca o Reddit. De fato, essa é uma das maiores redes sociais no mundo, com mais de 17 milhões de usuários. Nesta, os usuários podem postar *links*, bem como comentários sobre estes, gerando um grande volume de dados que muitas vezes são ignorados.

A identificação de padrões de sentimentos expressos por grupos dessa comunidade, se torna útil visto que a partir dessa avaliação é possível construir ferramentas que podem apoiar decisões do ponto de vista político, econômico, etc. Por exemplo, a partir desta análise, é possível identificar a opinião dos usuários em relação a um candidato em uma eleição ou ainda a aceitação dos consumidores em relação a um novo produto.

Assim, neste trabalho será desenvolvido um *software* que permita efetuar a análise de sentimentos na rede social Reddit. Essa será desenvolvida utilizando o método de *Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner* (VADER), que se encontra implementado no *framework Natural Language Toolkit* (NLTK).

Palavras-chaves: Reddit. Processamento de Linguagem Natural. Análise de Sentimentos.

Abstract

The society has been increasingly expressing themselves through social networks, which from among those, the one who stand out is Reddit. Indeed, this is one of the biggest social networks in the world with more than 17 millions of users. At this, users can send links, as well as comment on these, generating a big volume of data, which a lot of times get ignored.

The recognition of sentiment patterns expressed by groups of that community make itself useful because from that evaluation, is possible the build tools that can support decisions from an economic point of views, political point of view, etc. For an example, with that analysis, it is possible to identify the users's opinion regarding an election candidate or the costumers's acceptance of a new product.

Therefore, in this work will be developed a software capable of performing a sentiment analysis on the Reddit social network. This will be developed using the VADER method which is implemented by the NLTK *framework*.

Key-words: Reddit. Natural Language Processing. Sentiment Analysis.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Caminhos possíveis de classificação 22
Figura 2 – Caminhos definidos para a classificação pelo Algoritmo de Viterbi . . . 25
Figura 3 – Resultados obtidos para definição do método. 33
Figura 4 – *Website Reddit*: As flechas demarcadas permitem efetuarmos *upvotes* ou *downvotes*. 35
Figura 5 – Arquitetura do *Crawler* 36

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de Probabilidades de Associação 23
Tabela 2 – Tabela de Probabilidade de Transição 24
Tabela 3 – *Training Set* 27
Tabela 4 – Tabela de Palavras e Probabilidades. 29
Tabela 5 – Tabela de Probabilidades - *Laplace smoothing*. 30
Tabela 6 – Cronograma do TCC I. 42
Tabela 7 – Cronograma do TCC II. 43

Lista de acrônimos

NLP	*Natural Language Processing*
NLTK	*Natural Language Toolkit*
MaxEnt	*Maximum Entropy*
VADER	*Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner*
JSON	*JavaScript Object Notation*
POJO	*Plain Old Java Objects*
SVM	*Support Vector Machines*
API	*Application Programming Interface*

Sumário

1 INTRODUÇÃO 17
1.1 Objetivos do Trabalho 18
1.2 Estrutura do Trabalho 18

2 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL 19
2.1 Linguística 19
2.2 Métodos de Processamento de Linguagem Natural 20
2.2.1 Método Simbólico 20
2.2.2 Método Estatístico 21

3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS E SIMBÓLICOS APLICADOS NA ANÁLISE DE SENTIMENTOS 27
3.1 Método de Naive Bayes 27
3.2 Método de *VADER* 30
3.2.1 Definição de Método para Identificação de Sentimentos 32
3.2.2 NLTK - *Natural Language Toolkit* 33

4 CRIAÇÃO DE BASE DE DADOS 35
4.1 Rede Social Reddit 35
4.2 Extração de Dados 36
4.3 Tópicos Selecionados 37

5 CONCLUSÃO PARCIAL 41
5.1 Atividades e Cronograma 42

6 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO VADER 45
6.1 Expansão do Dicionário através do Método de Propagação Dupla . 45

REFERÊNCIAS 49

1 Introdução

A linguagem é a forma com que nós nos comunicamos, seja ela escrita ou falada. De fato, a linguagem é a forma como expressamos nossas idéias, sentimentos e experiências. O Processamento de Linguagem Natural é o termo que é utilizado para descrever um software ou componente de hardware que tem como função analisar a linguagem escrita ou falada (JACKSON; MOULINIER, 2007).

Existem duas abordagens para o Processamento de Linguagem Natural, sendo que a primeira delas é chamada de simbólica (ou racionalista) e a outra de empírica (ou estatística). A primeira abordagem consiste em uma série de regras para a manipulação de símbolos, como as regras gramaticais, que permitem identificar se uma frase está malformada ou não. A abordagem empírica está centrada na análise estatística da linguagem através de uma grande quantidade de texto, como por exemplo, a utilização de modelos de Markov para reconhecer padrões na escrita (JACKSON; MOULINIER, 2007).

Existem diversos *frameworks open source* que facilitam o desenvolvimento de *softwares* para o Processamento de Linguagem Natural, sendo que dentre esses destacam-se o *Stanford's Core NLP Suite* (Stanford CoreNLP, 2017), *Natural Language Toolkit* (Natural Language Toolkit, 2017), *Apache OpenNLP* (Apache OpenNLP, 2017) e *Spacy* (Spacy, 2017). Esses *frameworks* nos permitem, entre outras coisas, efetuar análise de sentimentos, identificar tópicos e conteúdos.

A rede social Reddit é o vigésimo terceiro *website* mais acessado na Internet e o sétimo mais acessado nos Estados Unidos da América (Alexa, 2017). Através deste *website*, seus usuários podem criar ou se inscrever em comunidades, também conhecidas como *subreddits*. Uma vez que as comunidades são criadas pelos próprios usuários, podemos encontrar comunidades sobre todos os assuntos, sejam notícias do mundo, comunidades partidárias ou de pessoas de uma mesma localidade, etc.

Nestas comunidades é possível visualizar e comentar *links* enviados por outros usuários. Além disso, o usuário pode efetuar um voto de forma positiva, caso acredite que aquele *link* é útil para a comunidade, ou um voto negativo em caso contrário. Uma vez que os próprios usuários podem submeter *links*, os eventos e as notícias de todo o mundo são reportados no *website*, como exemplo, pode-se citar as eleições ocorridas no ano de 2016 nos Estados Unidos e o tiroteio ocorrido em Paris em 15 de Novembro de 2015.

Dentro deste contexto, neste trabalho será desenvolvido um software que permita realizar a análise de comentários do *website* Reddit. Mais especificamente, os comentários do Reddit serão analisados com o objetivo de identificar padrões de sentimentos dos usuários, ou seja, determinar se a opinião expressada com relação a um determinado tópico

é neutra, positiva ou negativa.

1.1 Objetivos do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo a análise dos comentários disponíveis no *website* Reddit, identificando padrões de sentimentos entre os usuários de suas comunidades. De forma a atingir o objetivo principal desse trabalho, os seguintes objetivos específicos devem ser realizados:

- Construção de uma base de dados a partir do *website* Reddit.
- Desenvolver uma ferramenta para o Processamento Natural de Linguagem através de *frameworks* já existentes.
- Efetuar o processamento da base de dados criada utilizando-se a ferramenta desenvolvida.

1.2 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

- No Capítulo 2 é apresentada uma introdução ao Processamento de Linguagem Natural. Além disso, são apresentados exemplos de métodos estatísticos e simbólicos para o processamento de linguagem natural em geral.
- No Capítulo 3 é apresentada a análise de sentimentos e feita uma breve descrição de métodos estatísticos e simbólicos que podem ser aplicados para a análise de sentimentos. Após, é apresentado o método VADER, que é o método que será utilizado neste trabalho. Por fim, é apresentada a biblioteca NLTK que implementa o método de VADER e que foi a biblioteca escolhida para o desenvolvimento do trabalho.
- O Capítulo 4 tem o objetivo de descrever a base de dados criada para o desenvolvimento do trabalho. Neste Capítulo é descrita a rede Reddit e os tópicos selecionados para a criação da base. Além disso, é descrita a implementação desenvolvida para a extração dos comentários destes tópicos.
- No Capítulo 5 temos as considerações parciais do trabalho, bem como o cronograma de andamento do mesmo.

2 Processamento de Linguagem Natural

O objetivo da área de Processamento de Linguagem Natural é analisar a linguagem natural, ou seja, a linguagem utilizada pelo seres humanos seja ela escrita ou falada (MANNING; SCHüTZE, 1999).

O Processamento de Linguagem Natural é uma área antiga, sendo anterior a invenção dos computadores modernos. De fato, sua primeira grande aplicação foi um dicionário desenvolvido no Birkbeck College em Londres no ano de 1948. Por ser uma área complexa, seus primeiros trabalhos foram notavelmente falhos, o que causou uma certa hostilidade por parte das agências fomentadoras de pesquisas.

Os primeiros pesquisadores eram muitas vezes bilíngues, como por exemplo, nativos alemães que imigraram para os Estados Unidos. Acreditava-se que pelo fato desses terem conhecimento de ambas as linguas, Ingles e Alemão, eles teriam capacidade de desenvolver programas de computadores que efetuariam a tradução de modo satisfatório. Uma vez que esses encontraram muitas dificuldades, ficou claro que o maior problema não era o conhecimento das línguas, e sim como expressar esse conhecimento na forma de um programa de computador (HANCOX, 2017).

Para que um computador seja capaz de interpretar uma língua, primariamente, necessitamos compreender como nós efetuamos essa interpretação. Por isso, uma parte considerável do Processamento de Linguagem Natural está apoiado na área de Linguística.

2.1 Linguística

O objetivo da Linguística é compreender como os seres humanos adquirem, produzem e entendem as diversas línguas, ou seja, a forma como conversamos, a nossa escrita e outras mídias de comunicação (MANNING; SCHüTZE, 1999).

Na linguagem tanto escrita, como na falada, existem regras que são utilizadas para estruturar as expressões. Uma série de dificuldades no Processamento de Linguagem Natural são ocasionadas pelo fato de que as pessoas constantemente mudam as regras para satisfazerem suas necessidades de comunicação (MANNING; SCHüTZE, 1999). Uma vez que as regras são constantemente modificadas pelo locutor, torna-se extremamente difícil a criação de um software ou hardware que efetue a interpretação de uma língua.

2.2 Métodos de Processamento de Linguagem Natural

O *Natural Language Processing* (NLP) tem como objetivo a execução de diferentes tarefas, como por exemplo, a categorização de documentos, a tradução e a geração de textos a partir de um banco de dados, etc. Podemos citar duas classes de métodos para a execução deste tipo de tarefas, que são os métodos simbólicos e os métodos estatísticos.

Nos final dos anos 50 e 60, existiam excelentes métodos estatísticos, que foram desenvolvidos durante a segunda guerra mundial, para a solução de problemas Linguísticos (SHANNON; WEAVER, 1948). Porém, no ano de 1957, Chomsky publicou o trabalho intitulado de *"Syntactic Structures"* onde descreve a teoria da gramática gerativa, que é uma teoria que considera a gramática como um conjunto de regras. Essa abordagem através de um conjunto de regras, ao invés de um modelo estatístico, entra em conflito com os trabalhos anteriores, criando duas comunidades no campo da Linguística. Como reflexo dessas duas comunidades, a área de NLP que crescia em paralelo, também foi dividida em duas áreas. A primeira dessas áreas que fazia uso de métodos baseados em regras (simbólica) e a segunda que fazia o uso de métodos quantitativos (estatística).

Nesta seção será apresentado um exemplo de um método simbólico e de um método estatístico. Destaca-se que a descrição realizada nesta seção apresenta como objetivo, apenas diferenciar ambas as classes de métodos, através de seus requisitos e forma de execução. Destaca-se ainda que os métodos apresentados nesta seção não são utilizados na análise de sentimentos, sendo que os métodos específicos para essa identificação serão descritos no Capítulo 3.

2.2.1 Método Simbólico

O método simbólico ou racionalista está baseado no campo da Linguística e faz o uso da manipulação dos símbolos, significados e das regras de um texto. Um exemplo simples de um método simbólico é o método de Brill (BRILL, 1992) utilizado para a análise léxica, ou seja, identificar a classe de uma palavra de um texto. Por exemplo, no método de Brill a frase "João pintou a casa de branco", será separada em palavras que serão classificadas através de um dicionário pré-definido, como:

Palavra	João	pintou	a	casa	de	branco
Classificação:		Verbo	Artigo	Substantivo	Preposição	Adjetivo

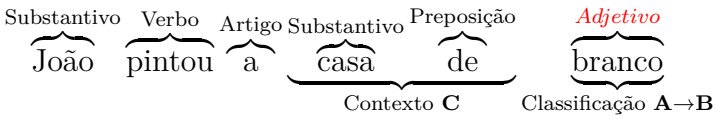
Observa-se que algumas palavras não foram identificadas, como "João", ou classificadas de forma incorreta, como "branco". Desta forma, o método de Brill utiliza-se de outras duas regras para a classificação. A primeira dessas regras classifica todas as palavras desconhecidas que iniciam com uma letra em maiúscula como substantivos, por exemplo, a palavra "João". Já a segunda regra, atribui para a palavra desconhecida a

mesma classificação de outras palavras que terminam com as mesmas três letras. Por exemplo, supondo que a palavra "pintou" não fosse encontrada no dicionário, essa seria associada a outras palavras terminadas com o sufixo "tou", ou seja, essa seria classificada como verbo.

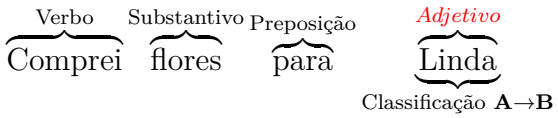
Palavra	João	pintou	a	casa	de	branco
Classificação:	**Substantivo**	Verbo	Artigo	Substantivo	Preposição	Adjetivo

Após essa classificação inicial, o método executa o seguinte conjunto de regras, ou ainda, regras derivadas dessas:

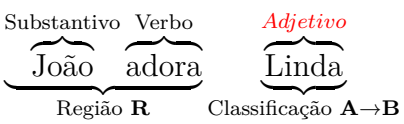
- Se uma palavra tem a classificação **A** e está no contexto **C** então a sua classificação deverá ser mudada para **B**. Por exemplo, se uma palavra **A** (branco no exemplo) é um adjetivo e uma das duas palavras anteriores é uma preposição ("de" no contexto **C**), mude a sua classificação para um substantivo (classificação **B**).



- Se uma palavra tem a classificação **A** e tem uma propriedade **P** então a sua classificação deverá ser alterada para **B**. Por exemplo, se uma palavra **A** ("Linda") foi classificada como um adjetivo e é iniciada com uma letra maiúscula (propriedade **P**), sua classificação deverá ser alterada para substantivo (classificação **B**).



- Se uma palavra tem a classificação **A** e uma palavra com a propriedade **P** está na região **R**, sua classificação deverá ser **B**. Por exemplo, se uma das duas palavras anteriores à palavra "Linda" ("João adora"na região **R**) iniciam com letra maiúscula (propriedade **P**), sua classificação deverá ser alterada para substantivo (classificação **B**).



2.2.2 Método Estatístico

Um método estatístico utiliza-se de uma grande quantidade de texto, procurando por padrões e associações a modelos, sendo que esses padrões podem ou não estar relacionados com regras sintáticas ou semânticas.

Os métodos estatísticos baseia-se na utilização de um sistema de aprendizado supervisionado, ou seja, a classificação é feita a partir de um conjunto de dados já classificado, que é chamado de *training set*. Um exemplo de método estatístico é a utilização de Modelos de Markov com a aplicação do algoritmo de Viterbi (MANNING; SCHüTZE, 1999).

Em um Modelo de Markov, a classificação da frase "João comprou um carro" é feita a partir de um *training set* que pode, por exemplo, ser composto por textos retirados de *web-sites*, sendo que as palavras destes textos já devem estar classificadas. A partir deste *training set*, as palavras "João", "comprou" e "carro" seriam classificadas como substantivo, verbo e substantivo, respectivamente. Já a palavra "um" apresenta uma ambiguidade uma vez que pode ser classificada como um artigo (ART), ou um substantivo (SM) ou um pronome (PRO). A Figura 1 ilustra o conjunto de possibilidades criadas pelo classificador para a classificação completa da frase.

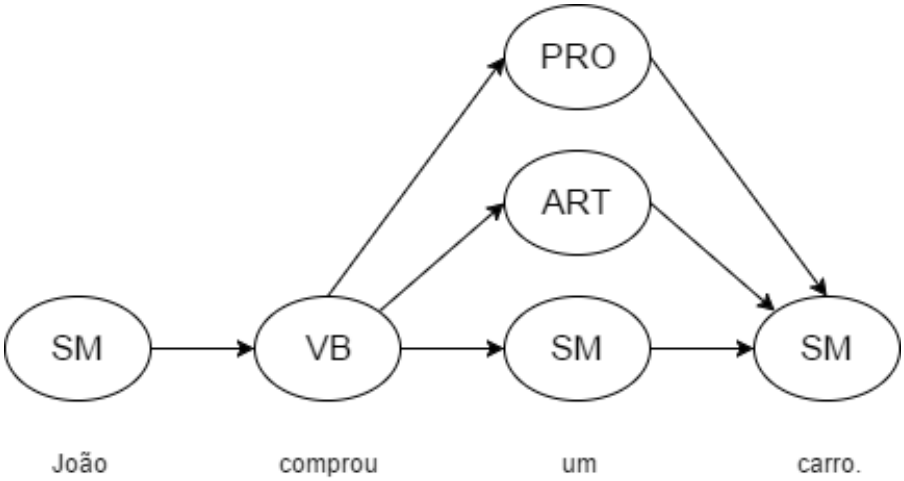


Figura 1 – Caminhos possíveis de classificação

A idéia central da utilização de Modelos de Markov é escolher, entre os caminhos possíveis (Figura 1), o caminho de maior probabilidade. Para tanto, se faz necessário calcular a probabilidade de todos os caminhos através de um Modelo de Markov. Após, utiliza-se o Algoritmo de Viterbi para definir qual o caminho com maior probabilidade (MANNING; SCHüTZE, 1999).

O Modelo de Markov irá utilizar-se do *training set* para inferir a classificação da palavra "um". Por exemplo, considerando-se um *training set* hipotético com as seguintes características: 10000 substantivos aonde 150 são a palavra "um"; 10 são a palavra "João"; 50 são a palavra "carro"; 20000 artigos aonde 500 são a palavra "um"; 12000 verbos aonde 50 são a palavra "comprou"; 15000 pronomes aonde 50 são a palavra "um". Neste caso, a probabilidade da palavra "um" ser um substantivo é dada pela Equação 2.1, uma vez que no *training set* temos 150 instâncias da palavra "um" classificadas como substantivo e um total de 10000 substantivos. Ou seja, a probabilidade de "um" ser um substantivo é

de 0,015. A Equação 2.1 também é aplicada para as demais possíveis classes da palavra "um", neste caso, pronome ou artigo. Por exemplo, a probabilidade da palavra "um" ser um pronome seria 0,0033 e a probabilidade da palavra "um" ser um artigo seria 0,025.

$$\begin{aligned} P(palavra|classe) &= \frac{C(classe, palavra)}{C(classe)} \\ P(um|SM) &= \frac{C(SM, um)}{C(SM)} = \frac{150}{10000} = 0,015. \end{aligned} \tag{2.1}$$

O cálculo de probabilidade é realizado para todas as palavras da frase que está sendo classificada. Na Tabela 1 tem-se os resultados obtidos para todas as palavras da frame "João comprou um carro".

	João	comprou	um	carro
Substantivo	0.001	0	0.015	0.005
Verbo	0	0.0042	0	0
Artigo	0	0	0.025	0
Pronome	0	0	0.0033	0

Tabela 1 – Tabela de Probabilidades de Associação

Além da probabilidade de associação a uma determinada classe, é calculada a probabilidade de transição de uma classe para a outra. Neste caso, vamos considerar que o nosso *training set* hipotético apresenta as seguintes características:

- De 20000 frases, 2500 iniciam com um substantivo, 5000 iniciam com um verbo, 5000 iniciam com um artigo e 5000 iniciam com um pronome.
- De 10000 substantivos, os 10000 são seguidos por verbos.
- De 12000 verbos, 3000 são seguidos por um substantivo, 2000 são seguidos por um outro verbo, 5000 são seguidos por um artigo e 2000 são seguidos por um pronome.
- De 20000 artigos, os 20000 são seguidos por um substantivo.
- De 15000 pronomes, 10000 são seguidos por um substantivo e 5000 são seguidos por um verbo.

A probabilidade de transição de um verbo para um substantivo é dada pela Equação 2.2, uma vez que no *training set* tem-se 12000 verbos, os quais 3000 são seguidos por um

substantivo.

$$P(transicao|classe) = \frac{C(classe, transicao)}{C(classe)}$$
$$P(SM|VB) = \frac{C(VB, SM)}{C(VB)} = \frac{3000}{12000} = 0,25 \tag{2.2}$$

Da mesma forma, a probabilidade de transição é cálculada para todas as demais classes. Por exemplo, a probabilidade de transição de um verbo para outro verbo é de 0,17, de um verbo para um artigo é de 0,42 e de um verbo para um pronome é de 0,17. A Equação 2.2 é utilizada também para o cálculo da probabilidade da frase iniciar com determinada classe. A Tabela 2 tem-se a probabilidade de transição para todas as classes do *training set* de exemplo.

	Substantivo	Verbo	Artigo	Pronome
Início	0.125	0.25	0.25	0.25
Substantivo	0.0	1.0	0.0	0.0
Verbo	0.25	0.17	0.42	0.17
Artigo	1.0	0.0	0.0	0.0
Pronome	0.67	0.33	0.0	0.0

Tabela 2 – Tabela de Probabilidade de Transição

A partir das probabilidades calculadas através do Modelo de Markov, é utilizado o algoritmo de Viterbi para determinar o caminho mais provável. O caminho mais provável é obtido através da Equação 2.3, sendo que essa é aplicada a todas as palavras da frase. Na Equação 2.3, os termos v_t, v_{t-1}, a_{ij} e $b_j(o_t)$ correspondem, respectivamente, o caminho mais provável atual, o caminho mais provável anterior, a probabilidade de transição e a probabilidade de associação. Por exemplo, para a palavra "João", tem-se que v_{t-1} é igual a 1 (visto que essa é a primeira palavra da frase); a_{ij} (probabilidade de transição entre "Início" e um substantivo) é igual a 0,125 (Tabela 2); e $b_j(o_t)$ (probabilidade de associação da palavra João com um substantivo) é igual a 0,001 (Tabela 1). Desta forma, tem-se que o valor de v_t para a palavra João é:

$$v_t(j) = v_{t-1} a_{ij} b_j(o_t) \tag{2.3}$$

$$v_t(j) = 1 * 0,125 * 0,001 = 0,000125. \tag{2.4}$$

Já para a palavra “comprou” tem-se 0,000125 que é o caminho mais provável anterior (Equação 2.3). Já os valores 1 e 0,0042 são as probabilidades de transição (Tabela 2) e associação (Tabela 1) respectivamente.

$$v_t(j) = 0,000125 * 1 * 0,0042 = 0,000000525. \tag{2.5}$$

Após efetuar o cálculo de probabilidade de todos os caminhos, é escolhido o caminho que tem a maior probabilidade, sendo que neste caso o caminho que apresenta a maior probabilidade é o que possui a palavra “um” como artigo. De fato, esse possui uma probabilidade de 0,0000000055125 ($0,000000525 * 0,42 * 0,025$), já o que apresenta a palavra “um” como pronome possui uma probabilidade de 0,000000000294525 ($0,000000525 * 0,17 * 0,0033$), enquanto o que apresenta a palavra “um” como substantivo possui uma probabilidade de 0,00000000196875 ($0,000000525 * 0,25 * 0,015$).

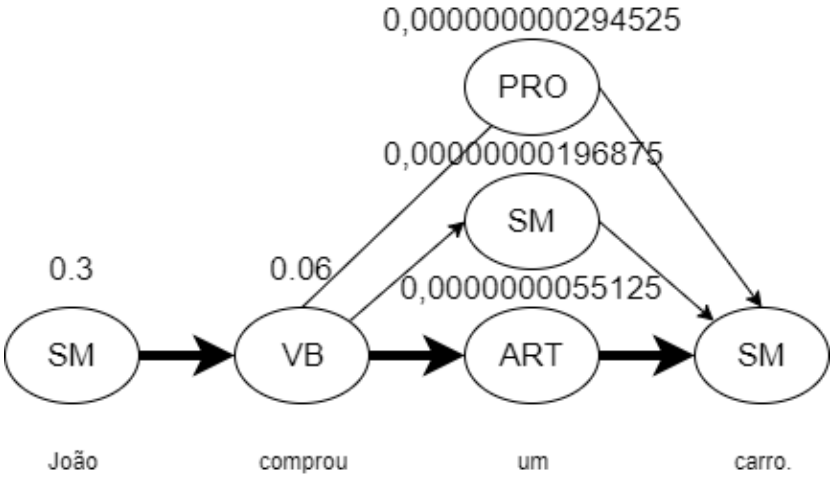


Figura 2 – Caminhos definidos para a classificação pelo Algoritmo de Viterbi

3 Métodos estatísticos e simbólicos aplicados na análise de sentimentos

Antigamente, para sabermos a opinião de outras pessoas sobre um determinado produto, tinhamos que perguntar diretamente a essas pessoas. Com a popularização da Internet e também de redes sociais, milhares de pessoas compartilham as suas opinões sobre produtos, política, serviços e demais assuntos. Porém, muitas vezes essas opiniões acabam por ser esquecidas devido a dificuldade em analisar uma grande quantidade de textos. De fato, uma das maiores dificuldades reside em como obter a opinião geral das pessoas sobre determinado produto em uma seção de comentários com mais de 1000 opiniões diferentes. Dentro dessa contexto, a análise de sentimentos, tem como função identificar e quantificar os sentimentos expressos através de textos.

Neste capítulo serão descritos um método estatístico (Naive Bayes) e um método simbólico (VADER), que podem ser aplicados na análise de sentimentos. Outros possíveis métodos estatísticos para a análise de sentimentos são *Support Vector Machines* (SVM) (HEARST, 1998) e *Maximum Entropy* (MaxEnt) (BERGER; PIETRA; PIETRA, 1996), os quais possuem performance similar ao Naive Bayes (PANG; LEE; VAITHYANATHAN, 2002). Ambos métodos serão descritos para o uso da língua Inglesa, visto que o *Website* analisado (Reddit) possui a maioria de seus comentários em língua Inglesa. Além disso, não foram encontrados métodos que façam uso da língua Portuguesa com similar precisão.

3.1 Método de Naive Bayes

O Naive Bayes é um método estatístico para a classificação e que pode ser utilizado para a análise de sentimento. Esse faz o uso do teorema de Bayes e um *training set* para inferir a classificação de uma frase. Por exemplo, considerando que se quer determinar se a frase *"This place is great."* demonstra um sentimento negativo ou positivo.

Texto	Categoria
The food was great	Positiva
They are horrible!	Negativa
I love the food here	Positiva
This place is wonderful	Positiva
Forgettable experience	Negativa

Tabela 3 – *Training Set*

A partir do *training set* hipotético (Tabela 3) será calculada a probabilidade da frase *"This place is great"* ser positiva e também de ser negativa sendo que a partir dessas

duas possibilidades, será escolhida a de maior probabilidade.

Para cálcular a probabilidade da frase *"This place is great"* pertencer a cada categoria é utilizado o teorema de Bayes (MANNING; SCHüTZE, 1999), através da Equação 3.1. Na Equação 3.1, o termo P(c|d) corresponde a probabilidade da frase **d** pertencer a classe **c**, ou seja, a probabilidade de *"This place is great"* ser uma frase positiva ou negativa. O Termo P(d|c) é a probabilidade da classe **c** ser a frase **d**, ou seja, dentre todas as frases negativas ou positivas, a probabilidade de uma das frases ser *"This place is great"*. Já P(c) é a probabilidade de frases negativas ou positivas aparecerem em nosso *training set*. E, por fim, P(d) é a probabilidade da frase *"This place is great"* aparecer em nosso *training set*.

$$P(c|d) = \frac{P(d|c) \times P(c)}{P(d)} \tag{3.1}$$

$$P(Negativa|\,This\ place\ is\ great) = \frac{P(\,This\ place\ is\ great|Negativa) \times P(Negativa)}{This\ place\ is\ great} \tag{3.2}$$

$$P(Positiva|\,This\ place\ is\ great) = \frac{P(\,This\ place\ is\ great|Positiva) \times P(Positiva)}{This\ place\ is\ great} \tag{3.3}$$

Uma vez que as Equações 3.2 e 3.3 apresentam P(d) como divisor (*"This place is great"*), essas podem ser simplificadas resultando nas Equações 3.4 e 3.5.

$$P(Negativa|\,This\ place\ is\ great) = P(\,This\ place\ is\ great|Negativa) \times P(Negativa) \tag{3.4}$$

$$P(Positiva|\,This\ place\ is\ great) = P(\,This\ place\ is\ great|Positiva) \times P(Positiva) \tag{3.5}$$

Nas Equações 3.4 e 3.5, os termos P(Positiva) e P(Negativa) são definidos pela frequência que frases positivas e negativas aparecem no *training set*, sendo determinados através das Equações 3.6 e 3.7. Como pode ser observado, os valores de P(positiva) e P(negativa) correspondem a 0,6 e 0,4 respectivamente, uma vez que em nosso *training set* tem-se um total de 5 frases onde 3 dessas são positivas (Equação 3.6) e as outras 2 são negativas (Equação 3.7).

$$P(Positiva) = \frac{3}{5} = 0,6 \tag{3.6}$$

$$P(Negativa) = \frac{2}{5} = 0,4 \tag{3.7}$$

Uma vez que a frase *"This place is great"* não existe por completo no *training set*, tem-se que o termo P(d|c) da Equação 3.4 e 3.5 é igual a zero (0), impossibilitando o cálculo de probabilidade para essa frase. Neste caso, se faz o uso do *Naive Bayes*, o qual passa a considerar todas as palavras ao invés da frase completa. O uso do Naive Bayes elimina o problema com frases que não se encontram no *training sets*. Neste caso, é considerado somente a frequência que cada palavra aparece em uma frase positiva e em uma negativa. Portanto, o termo $P(\textit{This place is great}|\textit{Positiva})$ da Equação 3.5 é dado pela Equação 3.8.

$$\begin{aligned} P(\textit{This place is great}|\textit{Positiva}) = P(\textit{This}|\textit{Positiva}) \times P(\textit{place}|\textit{Positiva}) \\ \times P(\textit{is}|\textit{Positiva}) \times P(\textit{great}|\textit{Positiva}) \end{aligned} \tag{3.8}$$

A partir da Equação 3.8 é necessário calcular os termos P(*This*|Positiva), P(*place*|Positiva), P(*is*|Positiva), P(*great*|Positiva). O termo P(*This*|Positiva) é calculado pela razão entre a quantidade de vezes que a palavra *This* encontra-se em uma frase classificada como positiva no *training set*, e o total de palavras que se encontram em frases classificadas como positiva (Equação 3.9).

$$P(\textit{This}|\textit{Positiva}) = \frac{1}{13} \tag{3.9}$$

Da mesma forma, a Equação 3.9 deve ser aplicada para as demais palavras da frase *"This place is great"*, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 4.

Palavra	Positiva	Negativa
This	$\frac{1}{13}$	$\frac{0}{5}$
place	$\frac{1}{13}$	$\frac{0}{5}$
is	$\frac{1}{13}$	$\frac{0}{5}$
great	$\frac{1}{13}$	$\frac{0}{5}$

Tabela 4 – Tabela de Palavras e Probabilidades.

Uma vez que algumas palavras não encontram-se no *training set* essas acabam zerando o resultado final da multiplicação das probabilidades (Equação 3.8). De modo, a evitar que uma única palavra invalide a frase por completo é utilizado o método *Laplace smoothing* (MANNING; RAGHAVAN; SCHüTZE, 2008). Neste, é somado 1 a cada palavra da frase. Já ao total de palavras positivas é somada a quantidade de palavras distintas do *training set* (16). Aplicando o *Laplace smoothing* para os valores apresentados na Tabela 4 são obtidos os valores que são apresentados na Tabela 5.

Palavra	Positiva	Negativa
This	$\frac{1+1}{13+16}$	$\frac{0+1}{5+16}$
place	$\frac{1+1}{13+16}$	$\frac{0+1}{5+16}$
is	$\frac{1+1}{13+16}$	$\frac{0+1}{5+16}$
great	$\frac{1+1}{13+16}$	$\frac{0+1}{5+16}$

Tabela 5 – Tabela de Probabilidades - *Laplace smoothing*.

Utilizando as probabilidades que são apresentadas na Tabela 5 na Equação 3.8 tem-se:

$$P(Positiva|\,This\ place\ is\ great) = \frac{1+1}{13+16} \times \frac{1+1}{13+16} \times \frac{1+1}{13+16} \times \frac{1+1}{13+16} = 0,000023. \tag{3.10}$$

Uma vez que o termo P(Positiva | *This place is great*) encontra-se definido, esse pode ser utilizado na Equação 3.4, onde o termo P(Positiva) é igual a 0,6 (Equação 3.6). Neste caso, tem-se que a probabilidade da frase *"This place is great"* ser classificada como positiva é

$$P(Positiva|\,This\ place\ is\ great) = 0,000023 \times 0,6 = 0,0000138. \tag{3.11}$$

Efetuando o mesmo processo para a probabilidade da frase ser negativa, tem-se:

$$P(Negativa|\,This\ place\ is\ great) = 0,0000049 \times 0,4 = 0,00000196. \tag{3.12}$$

Portanto, tem-se que a frase "This place is great" é positiva, uma vez que a probabilidade de ser positiva (0,0000138) é maior que a probabilidade dessa frase ser negativa (0,00000196).

3.2 Método de *VADER*

O método de VADER é um dicionário e classificador de sentimentos que se baseia em regras, portanto, um método de classificação simbólico. Esse foi desenvolvido especificamente para ser utilizado em redes sociais, onde se tem um contexto vago, pouca quantidade de texto, gírias e *emoticons* (HUTTO; GILBERT, 2014).

A classificação do sentimento é feita através da separação da frase em palavras, sendo que para cada palavra da frase é atribuída uma pontuação de intensidade em uma escala de -4 (sentimento negativo) até +4 (sentimento positivo). Como por exemplo, a palavra *great* tem a intensidade de 3.1 e *horrible* -2.5. Essa pontuação é obtida através de

um dicionário que é construído utilizando o método de *"wisdom of the crowd"*, onde um grupo de pessoas é responsável por atribuir os valores de intensidade para cada palavra. Por exemplo, a frase *"This place is great"* seria classificada com

Palavra	*This*	*place*	*is*	*great*
Intensidade:				3,1

As palavras *"This"*, *"place"* e *"is"* são desconsideradas uma vez que não existem no dicionário e não expressam sentimentos. Após, essa fase inicial, utiliza-se o seguinte conjunto de regras, os quais utilizam valores empiricamente derivados para inferir a intensidade do sentimento (HUTTO; GILBERT, 2014):

- É verificado quando uma palavra que expressa sentimentos é escrita em letras maiúsculas. Neste caso, é aumentada a magnitude da intensidade do sentimento sem modificar a orientação semântica. Isso é feito somando 0,733 na intensidade do sentimento caso este tenha intensidade positiva ou subtraindo 0,733 caso este tenha uma intensidade negativa.

Palavra	*This*	*place*	*is*	*GREAT*
Intensidade:				3,1 →3,833

- É verificado se alguma das três palavras anteriores é um advérbio intensificador. Neste caso, a intensidade do sentimento é aumentada ou diminuida em 0,293.

Palavra	*This*	*place*	*is*	*incredibly*	*great*
Intensidade:				Advérbio	3,1 →3,393

Palavra	*This*	*place*	*is*	*somewhat*	*great*
Intensidade:				Advérbio	3,1 →2,807

- É verificado se a frase contém a palavra *"but"*. Essa palavra indica uma troca do sentimento da frase, uma vez que o texto seguinte a palavra *"but"* expressa um sentimento dominante. Neste caso, o método multiplica a intensidade dos sentimentos expressos até a palavra *"but"* por 0,5 e os sentimentos expressos após a palavra *"but"* por 1,5.

Palavra	*Great*	*place*	***but***	*today*	*the*	*food*	*was*	*horrible*
Intensidade:	3,1 →1,55							-2,5 →-3,75

- É verificado se a frase possui pontos de exclamação (!). Este tipo de pontuação aumenta a magnitude da intensidade sem modificar a orientação semântica. Neste caso, é adicionado um valor de 0,292 a cada ponto de exclamação, considerando um máximo de 4 pontos de exclamação.

Palavra	*This*	*place*	*is*	*great!*
Intensidade:				3,1 →3,392

- São examinadas as três palavras anteriores, procurando a existência de uma negação que inverta a polaridade do texto. Quando é encontrada uma negação na frase, a intensidade de cada palavra de sentimento é multiplicada por -0,74.

Palavra	*This*	*place*	*wasn't*	*great*
Intensidade:			Negação	3,1 →-2,294

Após o cálculo de intensidade, é feita a normalização dessa pontuação, a partir da Equação 3.13. Neste caso, 15 é um valor fixo para aproximar o resultado final do valor máximo esperado (-1 para palavras negativas e +1 para palavras positivas).

$$\text{Pontuação Normalizada} = \frac{\text{Pontuação}}{\sqrt{\text{Pontuação}^2 + 15}} \tag{3.13}$$

$$\text{Pontuação Normalizada} = \frac{3{,}1}{\sqrt{3{,}1^2 + 15}} = 0,6249 \tag{3.14}$$

Neste caso para a frase *"This place is great"*, será atribuída uma pontuação final de 0,6249. Caso a pontuação da frase fosse menor que -1 ou maior que 1, essa seria limitada aos valores de -1 ou 1, respectivamente. Para o VADER, são consideradas frases negativas aquelas que apresentam uma pontuação de -1 até -0,5, frases neutras aquelas que apresentam uma pontuação de -0,5 até 0,5 e frases positivas aquelas que apresentam uma pontuação 0,5 até 1. Portanto, a frase *"This place is great"* com pontuação de 0,6249 seria classificada como positiva.

3.2.1 Definição de Método para Identificação de Sentimentos

Para o desenvolvimento deste trabalho optou-se pelo uso do método de VADER, uma vez que este, segundo a literatura, apresenta resultados superiores ao Método de Naive Bayes. De fato, segundo Pålsson e Szerszen (PåLSSON; SZERSZEN, 2016), para a análise de *Tweets*[1], o método de VADER apresentou uma assertividade de 72,3% enquanto o Naive Bayes apresentou uma assertividade de apenas 58,2%.

Na análise conduzida por Hutto (HUTTO; GILBERT, 2014), considerando-se a análise de *tweets*, avaliações de produtos da Amazon e editoriais do New York Times, o método de VADER apresentou uma assertividade de 96%, 63% e 55%, respectivamente, contra 56%, 49%, 44% do método de Naive Bayes. A Figura 3 ilustra os resultados obtidos através da literatura.

[1] *Tweets* é o termo utilizado para designar as publicações realizadas na rede social Twitter.

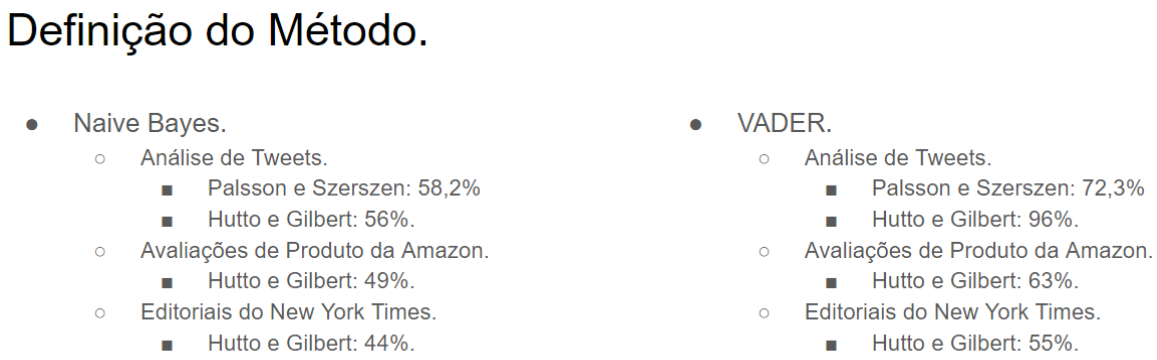


Figura 3 – Resultados obtidos para definição do método.

Destaca-se ainda que o método de VADER possui uma maior adaptabilidade, uma vez que esse não necessita do desenvolvimento de um *training set* específico para o tema que está sendo analisado. Desta forma, sendo o mais adequado para a análise de sentimentos na rede social Reddit, visto que os tópicos que foram selecionados neste trabalho abrangem uma quantidade diversificada de assuntos, o que inviabiliza a especialização de um *training set* para cada um dos tópicos.

3.2.2 NLTK - *Natural Language Toolkit*

A implementação de um software de análise de sentimentos pode ser feita através do desenvolvimento de um *software* por completo, ou através da utilização de *frameworks* já disponíveis. Métodos estatísticos, como o Naive Bayes, podem ser encontrados tanto em *frameworks* de aprendizado de máquina, quanto em *frameworks* voltados para o NLP. Já os métodos simbólicos, por suas implementações serem específicas para o NLP ou análise de sentimentos, somente são encontrados em *frameworks* de NLP.

O método de VADER, que será utilizado nesse trabalho, encontra-se disponível como um *package* Python (ROSSUM, 1995), ou ainda, através do *framework* NLTK (LOPER; BIRD, 2002), o qual implementa diversos métodos de NLP, incluindo métodos para análise de sentimentos. Neste trabalho, optou-se pelo uso do *framework* NLTK, devido a uma possibilidade futura de utilização de outros métodos de NLP análise de sentimentos.

O NLTK é um *framework open source* para Python que foi criado em 2001 na Universidade de Pensilvânia e, atualmente, utilizado por mais de 30 universidades em diversos países (Natural Language Toolkit, 2017). Esse apresenta tanto métodos estatísticos como, MaxEnt e Naive Bayes, como métodos simbólicos, contendo mais de 50 dicionários e modelos já treinados. Como exemplo, pode-se citar além do método de VADER, o *Sentiment Polarity Dataset Version 2.0* que é um conjunto de dados já classificados que contém mais de 1000 filmes avaliados de forma positiva e 1000 filmes avaliados de forma negativa (PANG; LEE; VAITHYANATHAN, 2002); Além disso, destaca-se o *SentiWordNet*

que é um dicionário com as palavras extraídas do WordNet já classificadas em positividade, negatividade e objetividade (ESULI; SEBASTIANI, 2006).

4 Criação de Base de Dados

Este capítulo tem como objetivo descrever a rede social Reddit. Após, são apresentados os tópicos que foram selecionados para a análise de sentimentos. Por fim, é apresentada a ferramenta desenvolvida para a extração dos comentários destes tópicos e para a criação da base.

4.1 Rede Social Reddit

O *website* Reddit foi criado por Alexis Ohanian e Steve Huffman e teve seu início em 2005 como um agregador de conteúdo e, atualmente, é o vigésimo terceiro *website* mais acessado na internet e o sétimo mais acessado nos Estados Unidos da América (Alexa, 2017). Os usuários do Reddit podem enviar *links* com conteúdos externos ao Reddit ou ainda mensagens de texto. A partir desse conteúdo, os seus usuários podem votar para cima (*upvote*) ou para baixo *downvote*, influenciando na posição do conteúdo no *website*. Além de votar no conteúdo, seus usuários podem enviar comentários como forma de expressar sua opinião (Figura 4).

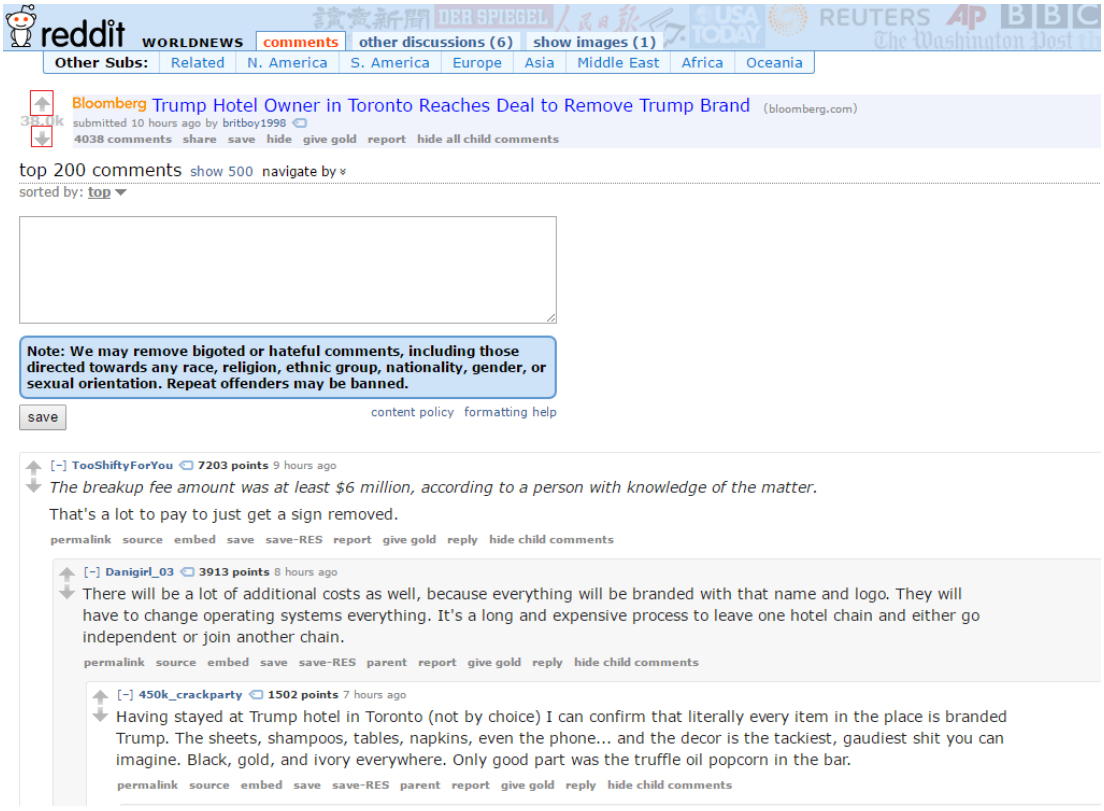


Figura 4 – *Website Reddit*: As flechas demarcadas permitem efetuarmos *upvotes* ou *downvotes*.

O conteúdo do Reddit é distribuído em *subreddits* que funcionam como comunidades. Os usuários podem se inscrever nesses *subreddits*, recebendo as atualizações na sua página inicial, sendo que dentre esses *subreddits*, destacam-se:

- */r/AskReddit*: esse *subreddit* é utilizado para fazer perguntas gerais para outros usuários do Reddit. Esse *subreddit* possui aproximadamente 16.941.540 inscritos.
- */r/worldnews*: esse *subreddit* possui as notícias de todo o mundo, contando com aproximadamente 16.570.600 inscritos.
- */r/IAmA*: IAmA é um estilização de 'I am a' ('Eu sou um'): a partir desse *subreddit* os usuários podem fazer perguntas ao criador de um determinado tópico. Esse *subreddit* possui aproximadamente 16.990.160 inscritos.

4.2 Extração de Dados

Para a extração comentários do *website* Reddit e para a criação da base foi desenvolvido um *crawler* ou robô de navegação. Esse robô foi implementado na linguagem Java e tem como objetivo a navegação automática no conteúdo do *website* Reddit, extraindo os dados e comentários referentes a um determinado tópico. Após, os dados são armazenados em banco de dados MySQL (WIDENIUS; AXMARK, 2002). Na Figura 5 tem-se a arquitetura do *software* desenvolvido. O código deste encontra-se no CD em anexo.

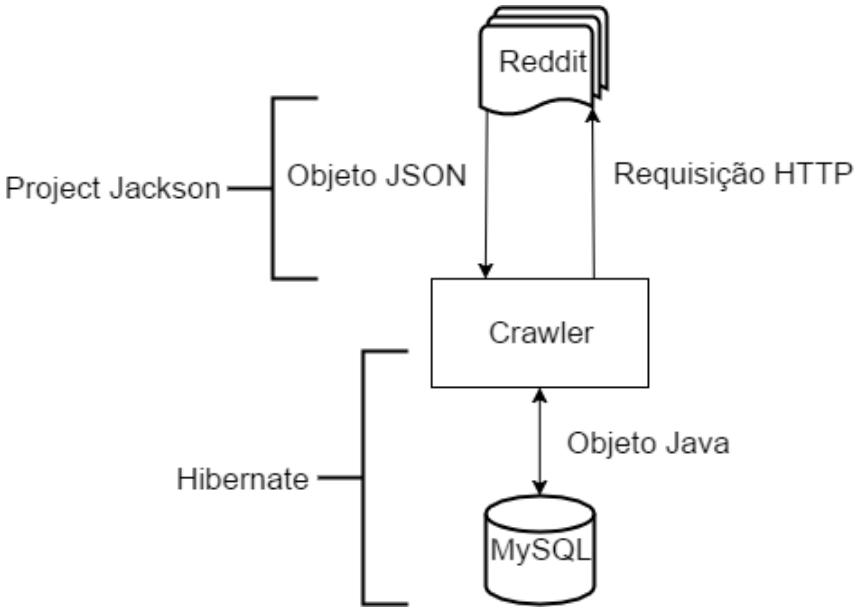


Figura 5 – Arquitetura do *Crawler*

A partir de um *link* para um tópico, o robô efetua uma busca e a extração dos dados relacionados a esse tópico. Para tanto, foi utilizada a *Application Programming*

Interface (API) do Reddit, onde, inicialmente envia-se uma requisição utilizando o sufixo ".json" (Por exemplo: *<https://www.reddit.com/r/iama.json>*) e, a partir dessa requisição, o *website* retorna um objeto *JavaScript Object Notation* (JSON). Uma vez que o JSON retornado pelo *website* possui 68 campos e que esses não se encontram documentados, utilizou-se o *website* jsonschema2pojo[1] para converter o JSON retornado em um *Plain Old Java Objects* (POJO).

Após, foi utilizado o *framework* Hibernate (IVERSON, 2004) para a criação do banco de dados e para a persistência dos dados. O Hibernate é um *framework* de mapeamento objeto-relacional que tem como objetivo representar tabelas do banco de dados através de classes, ou seja, esse *framework* tem como principal característica a transformação das classes em Java para tabelas em um banco de dados relacional. No caso deste trabalho, ele é responsável pela criação das tabelas *RedditPost* e *RedditThread*, relacionadas, respectivamente, com os comentários e o tópico em questão.

4.3 Tópicos Selecionados

Para análise de sentimentos e para comparação dos resultados obtidos, foram selecionados 15 tópicos, sendo que esses tópicos são os que apresentam o maior número de comentários no último ano. Destaca-se que os 15 tópicos encontram-se distribuídos em diferentes assuntos, que são: cenário político nacional, cenário político internacional e tópicos diversos:

No que diz respeito a tópicos relacionados com ao cenário político nacional, os tópicos escolhidos foram:

- *Brazil Seeks To Copy U.S. Gun Culture "to allow embattled citizens the right to defend themselves from criminals"*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/36ny58/brazil_blogger_known_for_reporting_on_corruption/> e refere-se a intenção do Brasil em adotar a cultura de porte de armas dos Estados Unidos da América.

- *Brazil descends into chaos as Olympics looms*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/4bqcc3/brazil_descends_into_chaos_as_olympics_looms/> e refere-se ao caos ocorrido nas Olímpiadas de 2016 que foram realizadas no Brasil.

- *Plane carrying Brazil Supreme Court judge crashes into sea*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5oyz3b/plane_

[1] http://www.jsonschema2pojo.org/ - O *website* jsonschema2pojo tem como objetivo a conversão de um esquema JSON em *Plain Old Java ObjectsPlain Old Java Objects* (POJO), permitindo o *download* da classe para a utilização.

carrying_brazil_supreme_court_judge_crashes/> e refere-se a queda do avião no qual o ministro Teori Zavascki estava abordo.

- *Brazil passes Internet governance Bill: Brazil has made history with the approval of a post-Snowden Bill which sets out principles, rights and guarantees for Internet users.*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/21f3as/brazil_passes_internet_governance_bill_brazil_has/> e refere-se a aprovação do Marco Civil da Internet.

- *FIFA generated more than $4 billion in sales from the 2014 World Cup, and is Giving Brazil $100 Million After The Country Spent $15 Billion On The World Cup*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/2t65ql/fifa_generated_more_than_4_billion_in_sales_from/> e refere-se a diferença entre o que foi gasto e o que foi arrecadado pelo Brasil na Copa do Mundo de 2014.

Já os tópicos escolhidos que se referem a política internacional são:

- *2.6 terabyte leak of Panamanian shell company data reveals "how a global industry led by major banks, legal firms, and asset management companies secretly manages the estates of politicians, Fifa officials, fraudsters and drug smugglers, celebrities and professional athletes."*.: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/4d75i7/26_terabyte_leak_of_panamanian_shell_company_data/> e se refere ao vazamento dos documentos confidenciais de uma sociedade de advogados panamenha. Esses documentos apresentam informações detalhadas de empresas localizadas em paraísos fiscais.

- *Fidel Castro is dead at 90.*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5exz2e/fidel_castro_is_dead_at_90/> e se refere a morte do presidente de Cuba, Fidel Castro.

- *Donald Trump to strip all funding from State Dept team promoting women's rights around the world - Leaked plan comes as First Daughter Ivanka defends her father's record with women*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/67ivae/donald_trump_to_strip_all_funding_from_state_dept/> e refere-se a decisão do presidente dos Estados Unidos da América, Donald Trump, em remover fundos de promoção ao direito das mulheres.

- *Manchester Arena 'explosions': Two loud bangs heard at MEN Arena*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/6cqdye/manchester_arena_explosions_two_loud_bangs_heard/> e refere-se ao

atentado terrorista ocorrido na Manchester Arena (Inglaterra) em 23 de Maio de 2017.

- *Sweden asks the U.S. to explain Trump comment on Sweden*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5uzetf/sweden_asks_the_us_to_explain_trump_comment_on/> e se refere aos comentários feitos do presidente dos Estados Unidos da América, Donald Trump, sobre a Suécia.

- *"Canada will welcome you," Trudeau invites refugees as Trump bans them*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5qqa51/canada_will_welcome_you_trudeau_invites_refugees/> e refere-se a declaração do primeiro ministro canadense sobre decisão de receber refugiados. Neste declaração, o primeiro ministro canadense afirma que os refugiados serão bem-vindos no Canadá.

Por fim, os tópicos selecionados que abordam assuntos diversos foram:

- *I'm Bill Gates, co-chair of the Bill & Melinda Gates Foundation. Ask Me Anything.*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/5whpqs/im_bill_gates_cochair_of_the_bill_melinda_gates/> e apresenta as respostas de perguntas que foram feitas ao fundador da Microsoft, Bill Gates.

- *Hey, it's Lars from Metallica. AMA*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/1wl9ic/hey_its_lars_from_metallica_ama/>. Esse tópico apresenta as respostas de perguntas que foram realizadas ao vocalista da banda de rock Metallica, James Hetfield.

- *I'm the CEO of Renault and Nissan and we're making autonomous driving vehicles happen by 2020. Ask me anything!*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/2s7obx/im_the_ceo_of_renault_and_nissan_and_were_making/> e refere-se as respostas às perguntas realizadas ao diretor executivo da Renault e Nissan, Carlos Ghosn.

- *I am Julian Assange founder of WikiLeaks – Ask Me Anything*: esse tópico encontra-se disponível em <https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/5n58sm/i_am_julian_assange_founder_of_wikileaks_ask_me/> e refere-se as respostas às perguntas realizadas ao Julian Assange, fundador do *WikiLeaks*.

Destaca-se que para a criação da base de dados, somente foram extraídos comentários em resposta ao tópico em questão, comentários em resposta a outros comentários foram desconsiderados, uma vez que esses podem não estar diretamente relacionados ao tópico em questão, tornando inválida ou prejudicando a análise de sentimento.

5 Conclusão Parcial

A NLP tem como objetivo a análise de linguagem natural, seja essa escrita ou falada. Dentre diversas tarefas que ela executa, tem-se a análise de sentimentos, a qual recebeu destaque nos últimos anos devido ao fato das pessoas cada vez se comunicarem através de redes sociais, gerando um grande volume de dados. A análise e quantificação da opinião expressa por esses dados, seja por fins políticos, comerciais ou quaisquer outros, se torna díficil devido a essa grande quantidade de dados.

Observou-se que os métodos mais utilizados para análise de sentimentos são o Método de Naive Bayes (estatístico) e o Método de VADER (simbólico). Dentre estes, optou-se pela utilização do método de VADER, uma vez que de acordo com a literatura, esse apresenta um desempenho superior ao método de Naive Bayes. De fato, esse mostrou-se superior na análise de sentimentos nas avaliações de produtos da Amazon, editoriais do New York Times e mais importante, na análise de *Tweets* da rede social Twitter (PåLSSON; SZERSZEN, 2016). A justificativa para isso, se dá ao fato de métodos estatísticos necessitarem de um *training set* especializado para obter resultados similares ou superiores aos métodos simbólicos.

Além disso, optou-se pela utilização do método de VADER, devido ao fato deste não necessitar da criação de um *training set* específico para a análise de sentimentos. A necessidade da criação de um *training set* específico para cada tema inviabilizaria o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que neste serão analisados 15 tópicos com temas distintos. Para implementação do método VADER optou-se pela biblioteca NLTK. A utilização da biblioteca NLTK permitirá a utilização futura de outros métodos de NLP, bem como um estudo da performance do Método de VADER e esses outros métodos.

Por fim, se fez necessária a criação de uma base de dados para armazenar os tópicos e os comentários disponibilizados pela rede social Reddit. Para isso, foi desenvolvido um *crawler* (robô) que é responsável por extrair os comentários relacionados a um tópico na rede social Reddit e armazenar em um banco de dados MySQL. Esse robô foi desenvolvido na linguagem Java e utiliza a API da rede social Reddit para extrair as informações de um tópico. Após, ele utiliza o *framework* Hibernate para armazenar os dados extraídos na base de dados MySQL.

Na segunda etapa deste trabalho, será utilizado o *framework* NLTK para efetuar a análise de sentimento sobre a base de dados criada. Essa análise tem como principal objetivo identificar padrões de sentimentos entre usuários e comunidades da rede Reddit.

5.1 Atividades e Cronograma

Na Tabela 6 tem-se o cronongrama das atividades realizadas durante o TCC I. Como pode ser observado, todas as tarefas programadas foram realizadas.

1. Estudo de algoritmos para o processamento de texto e também análise de sentimentos.
2. Análise das ferramentas já existentes.
3. Análise da API do Reddit.
4. Construção de um software para extração dos dados da API.
5. Extração e criação da base de dados.
6. Redação da monografia TCC I.
7. Apresentação TCC I.

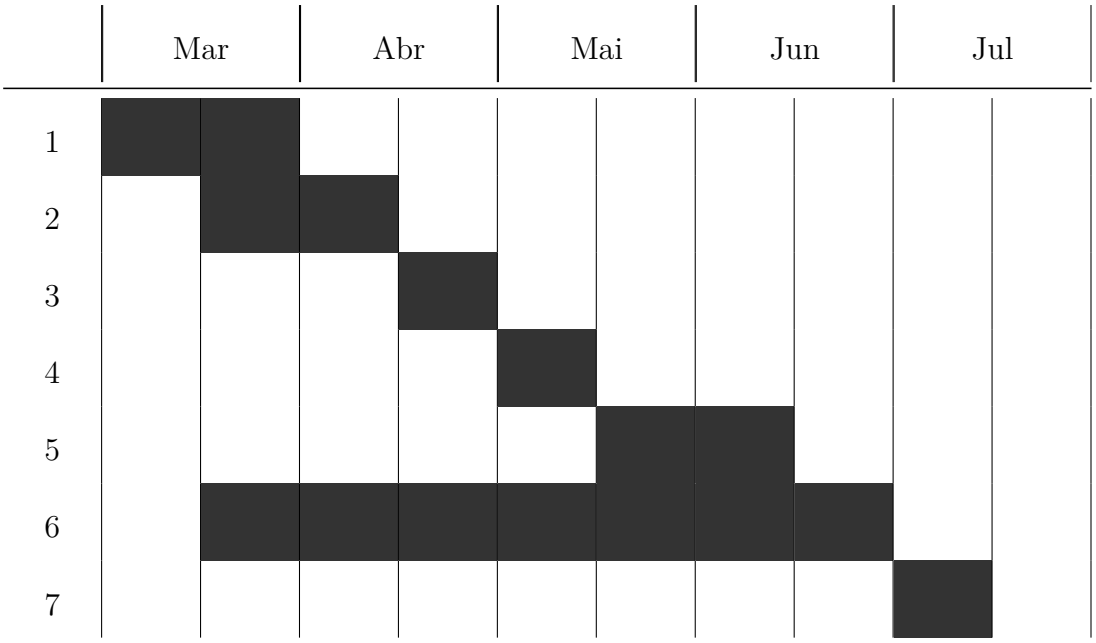


Tabela 6 – Cronograma do TCC I.

Já na Tabela 7 tem-se as atividades a serem desenvolvidas no TCC II:

1. Implementação do software de Processamento de Linguagem Natural para a análise de sentimentos na base de dados criada.
2. Análise dos resultados obtidos.
3. Redação da monografia TCC II.
4. Apresentação do TCC II.

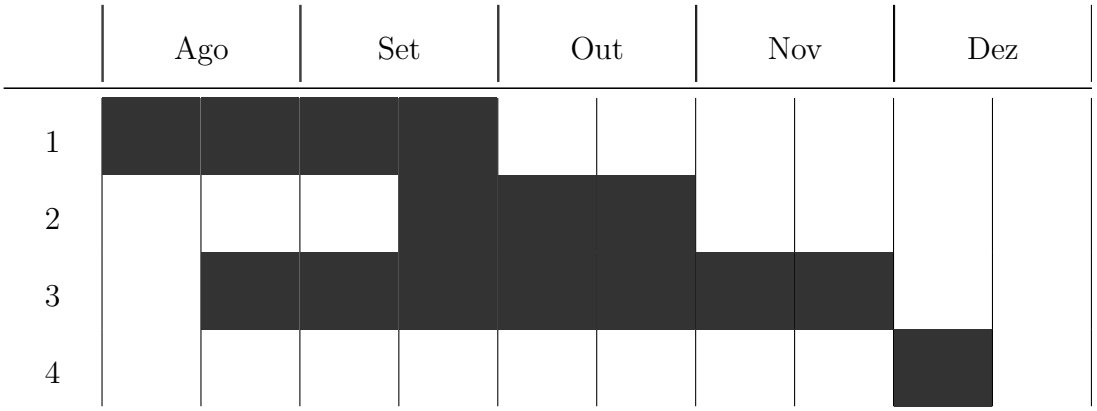


Tabela 7 – Cronograma do TCC II.

6 Implementação do Método VADER

Como forma de avaliar a implementação realizada para uma posterior avaliação dos resultados, foi selecionado o tópico: “Canada will welcome you, Trudeau invites refugees as Trump bans them”. A partir desse tópico, foram extraídos os comentários armazenados anteriormente através do Capítulo 4.2 e estes foram processados através da ferramenta NLTK. A utilização do VADER através do NLTK disponibiliza como resultado um objeto contendo a pontuação positiva //TODO(colocar exemplo), neutra, negativa e composta.

A partir da pontuação composta, foram avaliados de forma manual os comentários com o objetivo de se determinar se a classificação estava sendo feita de forma correta, obtendo-se 58% de assertividade.

Parte dos comentários que foram identificados de forma incorreta apresentam seu sentimento de forma irônica
TODO EXEMPLO. A identificação de irônia através da leitura textual se faz difícil mesmo para um ser-humano visto que muitas vezes este texto pode não apresentar sinais de humor. Ferramentas que fazem uso de dicionários de palavras utilizam-se do princípio que o sentimento expresso é o qual é apresentado na maior parte do texto análisado. No caso de comentários irônicos como *“Good luck with that.”* a metologia de análise de sentimentos se apresenta falha, sem possilibidade de classificação correta sem se apoiar em outros métodos. Também, que a ironia para a análise de sentimentos é considerado um tópico problemático sendo alvo de diversos estudos (STRANISCI et al., 2016).

Outros comentários que foram identificados de forma incorreta determinou-se que o sentimento expresso não se encontrava em dicionário de sentimentos padrão do VADER. Como solução para este problema, foi utilizado o método de Propagação Dupla para adicionar novas palavras ao dicionário (QIU et al., 2011).

6.1 Expansão do Dicionário através do Método de Propagação Dupla

O método de Propagação Dupla, proposto por Qiu (QIU et al., 2011) tem como objetivo solução de dois problemas do NLP, a expansão de dicionário e também a extração dos alvos destas opiniões. Para este problema é proposta uma solução na qual novas palavras e alvos são adicionados ao dicionário de forma recursiva a partir de palavras já conhecidas (dicionário padrão do VADER) e também alvos já conhecidos (palavras relacionadas com as que constam no dicionário do VADER).

Essa implementação é feita a partir de quatro sub-tarefas, as quais contém duas regras cada uma destas. A primeira sub-tarefa é a extração de alvos a partir de palavras que expressam sentimento já conhecidas. Na primeira regra dessa dessa sub-tarefa são verificadas as palavras na qual a palavra que expressa sentimento depende e caso essa seja um substantivo, ela será extraída. Como por exemplo na frase *"We have a great president"* a palavra *"great"* depende de *"president"* e essa é um substantivo.

$$\textit{We have a } \underbrace{\textit{great president.}}_{\text{president} \rightarrow \text{great}}$$

Neste caso, a palavra *"president"* será adicionada a lista de palavras que são alvos de sentimentos. A segunda regra da primeira sub-tarefa verifica se uma palavra que expressa sentimentos depende de uma determinada palavra, que depende de um substantivo. Como por exemplo na frase *"Trump is a great president."* a palavra *"great"* depende de *"is"* que por sua vez depende de *"president"* e essa é um substantivo.

$$\textit{Trump } \underbrace{\textit{is a great president.}}_{\text{president} \rightarrow \text{is} \rightarrow \text{great}}$$

A segunda sub-tarefa é a extração de novas palavras que expressam sentimentos a partir dos alvos extraídos anteriormente. Para isso, são utilizadas duas regras. Na primeira regra dessa sub-tarefa, é verificada se a frase possui uma palavra existente na lista de alvos de sentimentos, e a partir dessa palavra, é verificado ela possui algum dependente que seja um adjetivo.

$$\textit{We have a } \underbrace{\textit{witty president.}}_{\text{president} \rightarrow \text{witty}}$$

A palavra *"president"* foi extraída na sub-tarefa anterior, porém, a palavra *"witty"* não existe no dicionário de sentimentos. Ao processar a segunda sub-tarefa, a palavra *"witty"* será acrescida ao dicionário de sentimentos pois essa é um adjetivo que não existe ainda no nosso conjunto de palavras. A segunda regra dessa sub-tarefa verifica se uma palavra alvo possui um dependente que por sua vez possua um adjetivo como dependente. Como por exemplo na frase *"Trump is a witty president."* a palavra *"witty"*, que é um adjetivo, depende de *"is"* que por sua vez depende de *"president"*.

$$\textit{Trump } \underbrace{\textit{is a witty president.}}_{\text{president} \rightarrow \text{is} \rightarrow \text{witty}}$$

A terceira sub-tarefa é a extração de palavras alvo a partir de palavras alvo já extraídas anteriormente. A sua primeira regra verifica se a frase possui uma palavra da

lista de alvos e verifica se essa possuí alguma conjunção. Caso sim, essa última palavra é adicionada a lista de alvos.

$$\textit{We have a great}\underbrace{\textit{president and leader.}}_{\text{president} \rightarrow \text{and} \rightarrow \text{leader}}$$

Neste caso, a palavra *"president"* que foi extraída através da primeira sub-tarefa possui a conjunção *"and"* que a relaciona com a palavra *"leader"*, a qual não consta na lista de palavras alvo e portanto será adicionada. A segunda regra dessa sub-tarefa verifica se dois substantivos possuem uma palavra dependente em comum, e caso um desses substantivos seja uma palavra alvo, o outro também é adicionado na lista.

$$\underbrace{\textit{Trump is a great president.}}_{\text{Trump} \rightarrow \text{is} \leftarrow \text{president}}$$

A palavra *"president"* que foi extraída através da primeira sub-tarefa possui a palavra *"is"* como dependente, assim como a palavra *"Trump"*. Neste caso, a palavra *"Trump"* será adicionada a lista de alvos.

A última sub-tarefa tem como objetivo a extração de opiniões a partir das opiniões já extraídas. A sua primeira regra, assim como a primeira regra da terceira sub-tarefa, efetua a extração através das conjunções presentes no texto.

$$\textit{Trump}\underbrace{\textit{is witty and clever.}}_{\text{witty} \leftarrow \text{and} \rightarrow \text{clever}}$$

Neste caso aonde a palavra *"witty"* foi extraída anteriormente, é verificada se essa possuí uma conjunção, no caso, a palavra *"and"*, e extraída a palavra relacionada com essa conjunção. Extraindo a palavra *"clever"* para o dicionário de sentimentos.

A última regra verifica se dois adjetivos possuem dependência com a mesma palavra, e caso um desses pertence ao dicionário de sentimentos, o outro também é adicionado na lista.

$$\textit{Trump}\ \underbrace{\textit{is witty, clever.}}_{\text{witty} \leftarrow \text{Trump} \rightarrow \text{clever}}$$

Por fim, é verificado se o número de palavras da lista de alvos ou sentimentos aumentou desde a última execução das quatro sub-tarefas. Caso sim, o conjunto de sub-tarefas será executado novamente até que nenhuma palavra seja acrescentada a uma das listas.

A pontuação das novas palavras do dicionário de sentimentos é realizada da seguinte forma. Para palavras extraídas através da quarta sub-tarefa, é utilizada a mesma pontuação

da palavra relacionada a essa nova palavra. Para palavras extraídas através da segunda sub-tarefa é utilizada a mesma pontuação da palavra utilizada para a extração do alvo a qual essa palavra utiliza. Como por exemplo, na primeira regra foi extraída a palavra *"president"* a partir de *"great"*. Na segunda sub-tarefa, ao extrair a palavra *"witty"* através de *"president"*, ela irá receber a mesma pontução de *"great"*.

Referências

Alexa. *Alexa Top 500 Global Sites*. 2017. <Disponível em: <http://www.alexa.com/topsites/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 35.

Apache OpenNLP. *Apache OpenNLP*. 2017. <Disponível em: <https://opennlp.apache.org/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017. Citado na página 17.

BERGER, A. L.; PIETRA, V. J. D.; PIETRA, S. A. D. A maximum entropy approach to natural language processing. *Comput. Linguist.*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, v. 22, n. 1, p. 39–71, mar. 1996. ISSN 0891-2017. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=234285.234289>. Citado na página 27.

BRILL, E. A simple rule-based part of speech tagger. In: *Proceedings of the Third Conference on Applied Natural Language Processing*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, 1992. (ANLC '92), p. 152–155. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3115/974499.974526>. Citado na página 20.

ESULI, A.; SEBASTIANI, F. Sentiwordnet: A publicly available lexical resource for opinion mining. In: *In Proceedings of the 5th Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'06*. [s.n.], 2006. p. 417–422. Disponível em: <SENTIWORDNET:Apubliclyavailablelexicalresourceforopinionmining>. Citado na página 34.

HANCOX, P. J. *A brief history of Natural Language Processing*. 2017. <Disponível em: <http://www.cs.bham.ac.uk/~pjh/sem1a5/pt1/pt1_history.html/>>. Acesso em: 02 de Abril de 2017. Citado na página 19.

HEARST, M. A. Support vector machines. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE Educational Activities Department, Piscataway, NJ, USA, v. 13, n. 4, p. 18–28, jul. 1998. ISSN 1541-1672. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/5254.708428>. Citado na página 27.

HUTTO, C. J.; GILBERT, E. Vader: A parsimonious rule-based model for sentiment analysis of social media text. In: ADAR, E. et al. (Ed.). *ICWSM*. The AAAI Press, 2014. ISBN 978-1-57735-659-2. Disponível em: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/icwsm/icwsm2014.html#HuttoG14>. Citado 3 vezes nas páginas 30, 31 e 32.

IVERSON, W. *Hibernate: A J2EE(TM) Developer's Guide*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2004. ISBN 0321268199. Citado na página 37.

JACKSON, P.; MOULINIER, I. *Natural Language Processing for Online Applications: Text retrieval, extraction and categorization*. [S.l.]: John Benjamins Publishing Company, 2007. Citado na página 17.

LOPER, E.; BIRD, S. Nltk: The natural language toolkit. In: *Proceedings of the ACL-02 Workshop on Effective Tools and Methodologies for Teaching Natural Language Processing and Computational Linguistics - Volume 1*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, 2002. (ETMTNLP '02), p. 63–70. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3115/1118108.1118117>. Citado na página 33.

MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHüTZE, H. *Introduction to Information Retrieval*. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2008. ISBN 0521865719, 9780521865715. Citado na página 29.

MANNING, C. D.; SCHüTZE, H. *Foundations of Statistical Natural Language Processing*. [S.l.]: MIT Press, 1999. Citado 3 vezes nas páginas 19, 22 e 28.

Natural Language Toolkit. *Natural Language Toolkit*. 2017. <Disponível em: <http://www.nltk.org/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 33.

PANG, B.; LEE, L.; VAITHYANATHAN, S. Thumbs up?: Sentiment classification using machine learning techniques. In: *Proceedings of the ACL-02 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing - Volume 10*. Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics, 2002. (EMNLP '02), p. 79–86. Disponível em: <https://doi.org/10.3115/1118693.1118704>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 33.

PåLSSON, A.; SZERSZEN, D. *Sentiment Classification in Social Media: An Analysis of Methods and the Impact of Emoticon Removal (Dissertation)*. 2016. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 41.

QIU, G. et al. Opinion word expansion and target extraction through double propagation. *Comput. Linguist.*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, v. 37, n. 1, p. 9–27, mar. 2011. ISSN 0891-2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1162/coli_a_00034>. Citado na página 45.

ROSSUM, G. *Python Reference Manual*. Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, 1995. Citado na página 33.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, v. 27, p. 379–423,623–656, July, October 1948. Citado na página 20.

Spacy. *Spacy*. 2017. <Disponível em: <https://spacy.io/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017. Citado na página 17.

Stanford CoreNLP. *Stanford CoreNLP*. 2017. <Disponível em: <http://stanfordnlp.github.io/CoreNLP/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017. Citado na página 17.

STRANISCI, M. et al. Annotating sentiment and irony in the online italian political debate on #labuonascuola. In: *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation LREC 2016, Portorož, Slovenia, May 23-28, 2016*. [s.n.], 2016. Disponível em: <http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2016/summaries/1063.html>. Citado na página 45.

WIDENIUS, M.; AXMARK, D. *Mysql Reference Manual*. 1st. ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly & Associates, Inc., 2002. ISBN 0596002653. Citado na página 36.