

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DE CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

GUILHERME HENRIQUE SANTOS ANDREATA

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

André Luis Martinotto
Orientador

Caxias do Sul, Junho de 2017

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

por

Guilherme Henrique Santos Andreato

Projeto de Diplomação submetido ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da área de conhecimento de ciências exatas e engenharia, como requisito obrigatório para graduação.

Projeto de Diplomação

Orientador: André Luis Martinotto

Banca examinadora:

André Gustavo Adami

CCTI/UCS

Carlos Eduardo Nery

CCTI/UCS

Projeto de Diplomação apresentado em
5 de Dezembro de 2013

Daniel Luís Notari
Coordenador

SUMÁRIO

LISTA DE ACRÔNIMOS	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	5
RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos do Trabalho	8
1.2 Estrutura do Trabalho	8
2 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL	9
2.1 Linguística	9
2.2 Métodos de Processamento de Linguagem Natural	10
2.2.1 Método Simbólico	10
2.2.2 Método Estatístico	12
3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS E SIMBÓLICOS APLICADOS NA ANÁLISE DE SENTIMENTOS	16
3.1 Naive Bayes	16
3.2 <i>VADER</i>	19
3.2.1 Seleção de Método	21
3.2.2 Implementação do Método	22
4 REDE SOCIAL REDDIT	23
4.1 Extração de Dados	24
4.2 Tópicos Seleccionados	26
REFERÊNCIAS	29

LISTA DE ACRÔNIMOS

NLP	<i>Natural Language Processing</i>
NLTK	<i>Natural Language Toolkit</i>
MaxEnt	<i>Maximum Entropy</i>
VADER	<i>Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
POJO	<i>Plain Old Java Objects</i>
SVM	<i>Support Vector Machines</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Caminhos possíveis de classificação	12
Figura 2.2: Caminhos definidos para a classificação pelo Algoritmo de Viterbi	15
Figura 4.1: Arquitetura do <i>Crawler</i>	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Tabela de Probabilidades de Associação	13
Tabela 2.2: Tabela de Probabilidade de Transição	14
Tabela 3.1: <i>Training Set</i>	17
Tabela 3.2: Tabela de Palavras e Probabilidades.	18
Tabela 3.3: Tabela de Probabilidades - <i>Laplace smoothing</i>	19

RESUMO

Palavras-chave: Kinect, Blender, Animação 3D.

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 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 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 dos 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 será apresentada uma introdução ao Processamento de Linguagem Natural, assim como uma introdução a métodos estatísticos e simbólicos a fim de demonstrar a diferença entre ambos. No Capítulo 3 será apresentada uma descrição da análise de sentimentos, e métodos estatísticos e simbólicos aplicados nessa análise a fim de se determinar o método de análise de sentimentos a ser utilizado. Por fim, o Capítulo apresenta a forma de implementação do método selecionado. O Capítulo 4 tem o objetivo de descrever a forma que foi criado e populado o banco de dados para a análise de sentimentos, descrevendo a rede social em questão, os tópicos selecionados para a criação da base e a implementação para extração dos comentários para criação da base.

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, Inglês 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 precisamos 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, se torna 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 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 cada palavra. 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:

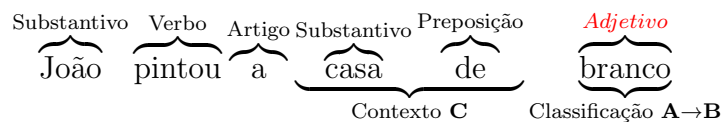
Palavra	João	pintou	a	casa	de	branco
Classificação:		Verbo	Artigo	Substantivo	Preposição	Adjetivo

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 regra 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.

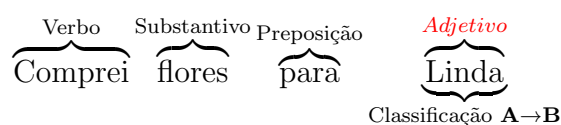
Palavra	João	pintou	a	casa	de	branco
Classificação:	Substantivo	Verbo	Artigo	Substantivo	Preposição	Adjetivo

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 2.1 ilustra o conjunto de possibilidades criadas pelo classificador para a classificação completa da frase.

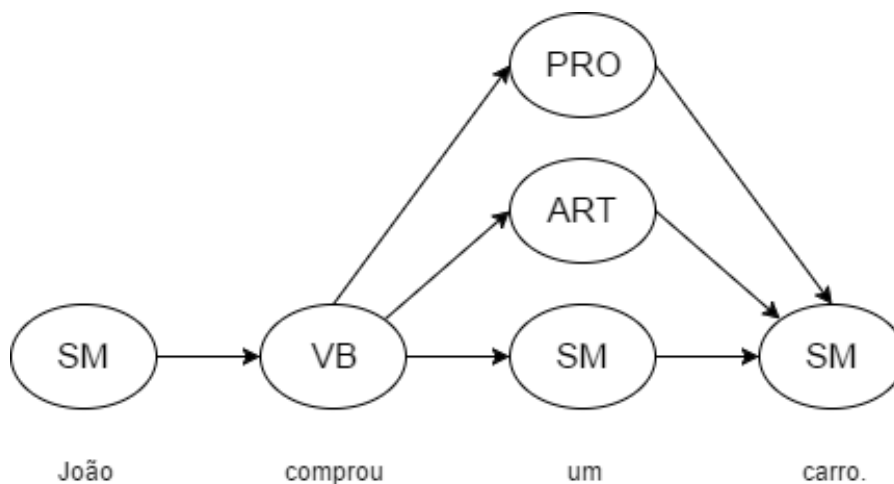


Figura 2.1: Caminhos possíveis de classificação

A idéia central da utilização de Modelos de Markov é escolher, entre os caminhos possíveis (Figura 2.1), 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.

$$P(\text{palavra}|\text{classe}) = \frac{C(\text{classe}, \text{palavra})}{C(\text{classe})} \quad (2.1)$$

$$P(\text{um}|SM) = \frac{C(SM, \text{um})}{C(SM)} = \frac{150}{10000} = 0,015.$$

O cálculo de probabilidade é realizado para todas as palavras da frase que está sendo classificada. Na Tabela 2.1 tem-se os resultados obtidos para todas as palavras da frase “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 2.1: 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, o *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.

Neste caso, 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.

$$P(transicao|classe) = \frac{C(classe, transicao)}{C(classe)} \quad (2.2)$$

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

Da mesma forma, a probabilidade de transição é calculada 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 2.2 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 2.2: 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} que é a probabilidade de transição entre “Início” e um substantivo, é igual a 0,125 (Tabela 2.2); e $b_j(o_t)$ que é a probabilidade de associação da palavra João com substantivo é igual a 0,0001 (Tabela 2.1). Desta forma, tem-se que v_t para a palavra João é:

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

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

Já para a palavra “comprou” tem-se:

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

Onde 0,000125 é o caminho mais provável anterior (Equação 2.3). Já os valores 1 e 0,0042 são as probabilidades de transição (Tabela 2.2) e associação (Tabela 2.1). 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 $(0,000000525 * 0,42 * 0,025)$ que é igual a 0,0000000055125, já o que apresenta a palavra “um” como pronome possui uma probabilidade de $(0,000000525 * 0,17 * 0,0033)$ igual a 0,000000000294525, enquanto o que apresenta a palavra “um” como substantivo possui uma probabilidade de $(0,000000525 * 0,25 * 0,015)$ igual a 0,00000000196875.

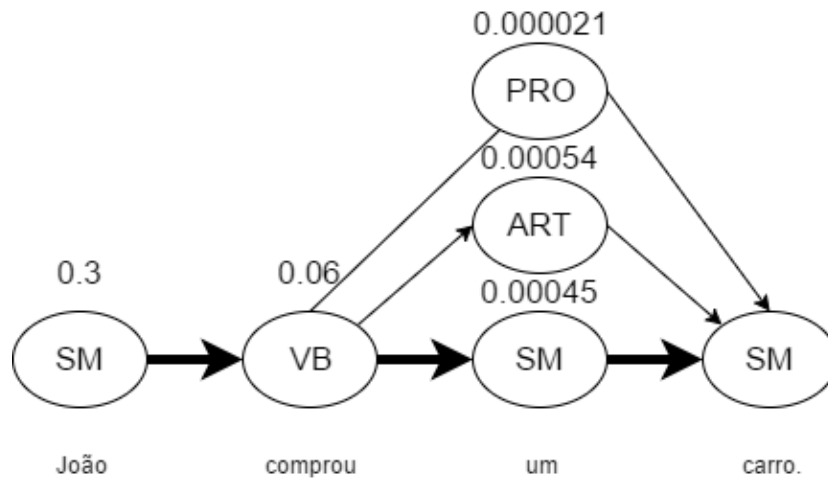


Figura 2.2: Caminhos definidos para a classificação pelo Algoritmo de Viterbi

3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS E SIMBÓLICOS APLICADOS NA ANÁLISE DE SENTIMENTOS

Antigamente, para sabermos a opinião de outras pessoas sobre um determinado produto, tínhamos que perguntar diretamente a essas pessoas. Com a popularização da Internet e também de redes sociais, milhares de pessoas compartilham as suas opiniões sobre produtos, política, serviços e demais assuntos. Porém, muitas vezes essas opiniões acabam por ser esquecidas devido a dificuldade de se 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 desse contexto, a análise de sentimentos, tem como função identificar e quantificar esses sentimentos expressos através de textos.

Neste capítulo serão descritos um método estatístico (Naive Bayes) e um método simbólico (*Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner* (VADER)), que podem ser aplicados na análise de sentimentos. Outros possíveis métodos estatísticos para a análise de sentimentos são *Support Vector Machines* (SVM) e *Maximum Entropy* (MaxEnt), os quais possuem performance similar ao Naive Bayes (PANG; LEE; VAITHYANATHAN, 2002). O método simbólico VADER foi selecionado pois este, segundo seus criadores, apresenta performance superior aos métodos já existentes (HUTTO; GILBERT, 2014). 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 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, precisamos 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 3.1: *Training Set*

A partir do *training set* hipotético (Tabela 3.1) o método irá calcular 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 calcular 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, onde o termo $P(c|d)$ é 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 frase ser “*This place is great*”. Já $P(c)$ é a probabilidade da classe **c**, que é a frequência que frases negativas ou positivas aparecem em nosso *training set*. E, por fim, $P(d)$ é a probabilidade de **d**, que é a frequência que a frase “*This place is great*” aparece em nosso *training set*.

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

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

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

$$P(Negativa|This\ place\ is\ great) = P(This\ place\ is\ great|Negativa) \times P(Negativa) \quad (3.4)$$

$$P(Positiva|This\ place\ is\ great) = P(This\ place\ is\ great|Positiva) \times P(Positiva) \quad (3.5)$$

Uma vez que as Equações 3.2 e 3.3 apresentam $P(d)$ como divisor (“*This place is great*”), este pode ser simplificado resultando 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.

Tem-se um total de 5 frases onde 3 dessas são positivas (Equação 3.6) e as outras 2 são negativas (Equação 3.7).

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

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

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 $P(This\ place\ is\ great|Positiva)$ da Equação 3.5 é dado pela Equação 3.8.

$$P(This\ place\ is\ great|Positiva) = P(This|Positiva) \times P(place|Positiva) \times P(is|Positiva) \times P(great|Positiva) \quad (3.8)$$

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* foi classificada como positiva no *training set*, e o total de palavras classificadas como positiva (Equação 3.9).

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

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 3.2.

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 3.2: 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 uma frase 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 3.2 são obtidos os valores que são apresentados na Tabela 3.3.

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 3.3: Tabela de Probabilidades - *Laplace smoothing*.

Utilizando as probabilidades obtidas na Tabela 3.3 na Equação 3.8 tem-se:

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

Uma vez que o termo $P(\text{Positiva} | \text{This place is great})$ encontra-se definido, pode-se utilizar a Equação 3.4, onde o termo $P(\text{Positiva})$ 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.

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

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

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

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 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 especificadamente 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 até +4. 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 atribuiu os valores de intensidade para cada palavra. Por exemplo, a frase “*This place is great*” seria classificada com:

Palavra	<i>This</i>	<i>place</i>	<i>is</i>	<i>great</i>
Intensidade:				3,1

As palavras “*This*”, “*place*” e “*is*” são desconsideradas uma vez que não existem no dicionário e não expressam sentimentos. Após, ele faz uso do seguinte conjunto de regras para inferir a intensidade do sentimento:

- Verificar quando uma palavra com pontuação atribuída (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. Neste caso, é somado 0,733 a intensidade do sentimento caso este tenha intensidade positiva ou subtraído 0,733 caso este tenha intensidade negativa.

Palavra	<i>This</i>	<i>place</i>	<i>is</i>	<i>GREAT</i>
Intensidade:				3,1 → 3,833

- Verificar se alguma das três palavras anteriores é um advérbio intensificador. Neste caso, estes impactam a intensidade do sentimento aumentando ou diminuindo em 0,293 o valor deste.

Palavra	<i>This</i>	<i>place</i>	<i>is</i>	<i>incredibly</i>	<i>great</i>
Intensidade:				Advérbio	3,1 → 3,393

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

Palavra	<i>This</i>	<i>place</i>	<i>is</i>	<i>somewhat</i>	<i>great</i>	
Intensidade:				Advérbio	3,1 → 2,807	

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

Palavra	<i>This</i>	<i>place</i>	<i>is</i>	<i>great!</i>	
Intensidade:				3,1 → 3,392	

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

Palavra	<i>This</i>	<i>place</i>	<i>wasn't</i>	<i>great</i>
Intensidade:			Negação	3,1 → -2,294

Após o cálculo de intensidade, é feita a normalização dessa pontuação, totalizando-se a Equação 3.13. Neste caso, 15 é um valor fixo para aproximar o resultado final do valor máximo esperado.

$$\text{Pontuação Normalizada} = \frac{\text{Pontuação}}{\sqrt{\text{Pontuação}^2 + 15}} \quad (3.13)$$

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

Neste caso para a frase “*This place is great*” (aonde somente a palavra *great* possui pontuação e essa tem o valor de 3,1) será atribuída 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 com pontuação de -1 até -0,5, frases neutras aquelas com pontuação de -0,5 até 0,5 e frases positivas aquelas com pontuação 0,5 até 1. Portanto a frase “*This place is great*” com pontuação 0,6249 seria classificada como positiva.

3.2.1 Seleção de Método

Para o desenvolvimento deste trabalho optou-se pelo VADER, uma vez que este apresentou melhores resultados segundo a literatura, em casos de usos similares. Segundo Pålsson e Szerszen (PÅLSSON; SZERSZEN, 2016), para a análise de *Tweets* a utilização do VADER apresenta o F_1 Score de 72,3% nos mesmos cenários. Já na análise conduzida por Hutto (HUTTO; GILBERT, 2014), nos cenários de análise de *tweets*, avaliações de produtos da Amazon e editoriais do New York Times, o VADER apresentou melhor performance com o F_1 Score de 96%, 63% e 55% respectivamente, contra 56%, 49%, 44% apresentados pelo Naive Bayes.

Destaca-se que por não necessitar de um *training set* adequado especificadamente ao tema que está sendo analisado, o VADER apresenta melhor performance e também adaptabilidade. Por isso, foi selecionado o VADER para a utilização na análise de sentimentos na rede social Reddit, visto que os temas selecionados para análise abrangem uma quantidade diversificada de tópicos, não sendo necessário especializar o *training set* para determinado assunto.

3.2.2 Implementação do Método

A implementação de um software de análise de sentimentos pode ser feita através de um software escrito a partir de seu início, utilizando como base os métodos já existentes ou também pode ser feito utilizando *frameworks* já disponíveis. Métodos estatísticos como o Naive Bayes analisado no Capítulo 3 podem ser encontrados tanto em implementações de aprendizado de máquina, quanto implementações para voltadas para o NLP. Já métodos simbólicos, por suas implementações serem específicas para a o NLP ou análise de sentimentos, somente encontramos implementações destes em *frameworks* de NLP.

O método selecionado para a análise de sentimentos, VADER, é disponibilizado como um *package* Python e também através do *framework* *Natural Language Toolkit* (NLTK), o qual é considerado um *kit* de ferramentas não só para análise de sentimentos mas como o NLP como um todo.

Por trazer diversas outras implementações que possam a vir facilitar a identificação de padrões de sentimentos, foi escolhido utilizar o NLTK para acessar o VADER ao invés de somente a utilização do próprio *package* desse.

O NLTK é um *framework open source* para Python criado em 2001 na Universidade de Pensilvânia atualmente utilizado por mais de 30 universidades em diversos países¹. Esse apresenta tanto métodos estatísticos, como MaxEnt e Naive Bayes como métodos simbólicos, contendo mais de 50 dicionários e modelos já treinados como *Sentiment Polarity Dataset Version 2.0*, conjunto de dados já classificados que contém mais de 1000 filmes avaliados de forma positiva e 1000 filmes avaliados de forma negativa, *SentiWordNet*, um dicionário com as palavras extraídas do WordNet já classificadas em positividade, negatividade e objetividade e VADER o qual foi selecionado para aplicação da análise de sentimentos.

Além da execução de análise de sentimentos, o *framework* executa outras tarefas pertencentes ao NLP como o reconhecimento de entidade mencionada e análise léxica.

¹<https://docs.google.com/document/d/1eYubSwLkpB7ZgfQVxxAwgsmAqS...BRfbMyP9qV6ngD8/edit>

4 REDE SOCIAL REDDIT

O *website* Reddit 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). Seus usuários podem enviar links para conteúdos externos ao Reddit ou também mensagens de texto. A partir desse conteúdo enviado, seja ele uma mensagem de texto no próprio Reddit quanto um link a um *website* externo, seus usuários podem votar para cima (*upvote*) ou para baixo *downvote*, influenciando a sua posição no *website*. Esse algoritmo de ordenação de conteúdo é fechado portanto não está disponível para consulta. Além de votar no conteúdo, seus usuários podem enviar comentários como forma de expressar sua opinião.

Esse conteúdo é distribuído em *subreddits* que funcionam como comunidades que abordam certos assuntos. Os usuários podem se inscrever nesses *subreddits* para que seu conteúdo apareça na página inicial. Dentre os *subreddits* mais notáveis se encontram:

- */r/AskReddit* - Local para fazer perguntas gerais para outros usuários. Atualmente com 16.941.544 de inscritos.
- */r/worldnews* - Notícias do mundo. Atualmente com 16.570.606 de inscritos.
- */r/IAmA* - IAmA é um estilização de 'I am a' ou 'Eu sou um'. Local aonde os usuários podem fazer perguntas e respostas ao criador do tópico que se identifica por algo notável, como uma profissão ou algum feito. Atualmente com 16.941.544 de inscritos.

Dentre esses *subreddits* podemos destacar alguns dos tópicos mais acessados no ano de 2016:

- */r/IAmA - We're NASA scientists & exoplanet experts. Ask us anything about today's announcement of seven Earth-size planets orbiting TRAPPIST-1!* - Tópico de perguntas e respostas com cientistas da NASA após a descoberta dos planetas que orbitavam a estrela TRAPPIST-1.

- */r/IAmA - I'm Bill Gates, co-chair of the Bill & Melinda Gates Foundation. Ask Me Anything.* - Tópico de perguntas e respostas com Bill Gates.
- */r/worldnews - Fidel Castro is dead at 90.* - Link para anúncio da morte de Fidel Castro.
- */r/AskReddit - [Serious]South Koreans of Reddit, how did they teach you about the existence of North Korea in School when you were young?serious replies only* - Tópico perguntando para os usuários sul coreanos como que foi ensinado para eles sobre a existência da Coreia do Norte.

A identificação de padrões de sentimentos expressos por determinados grupos dessa comunidade, se faz útil visto que a partir dessa avaliação é possível construir ferramentas que apoiam decisões tanto de um ponto de vista político, como por exemplo, entender qual é a opinião sobre um determinado assunto de um conjunto de eleitores, tanto quanto um ponto de vista de negócios, para entender qual a opinião dos consumidores de um produto, ou de seu competidor, a respeito de um determinado assunto.

4.1 Extração de Dados

Para a extração dos dados para a análise de sentimentos foi criado um *crawler* ou robô de navegação. Esse robô tem como objetivo a navegação automática no conteúdo web do Reddit, extraindo os dados referentes a tópicos e a comentários e persistindo esses em um banco de dados.

O *Crawler* foi escrito na linguagem Java por se tratar de uma linguagem com uma grande quantidade de bibliotecas disponíveis e também sua facilidade de implementação. A Figura 4.1 representa a arquitetura utilizada para desenvolvimento deste software.

A partir de um *link* para um tópico, o software tem como tarefa, a extração e pesquisa de dados relacionados com o tópico em questão. Isso se faz da seguinte forma, primeiramente, é enviada uma requisição para o *link* utilizando o sufixo “.json” (Exemplo: <https://www.reddit.com/r/iamajson>), a partir dessa requisição, o *website* retorna um objeto *JavaScript Object Notation* (JSON).

Como o JSON possui 68 campos que assim como seus tipos de dados, não se encontram em nenhuma documentação, foi utilizado o *website* [jsonschema2pojo](http://www.jsonschema2pojo.org/)¹ para mapear o JSON retornado em um objeto Java. Esse *website* tem como objetivo a conversão de um esquema JSON ou o próprio JSON para um *Plain Old Java Objects* (POJO) ou Os Singelos Clássicos Objetos Java, permitindo o *download* da classe para utilização, já com as anotações “@JsonProperty” utilizadas na biblio-

¹<http://www.jsonschema2pojo.org/>

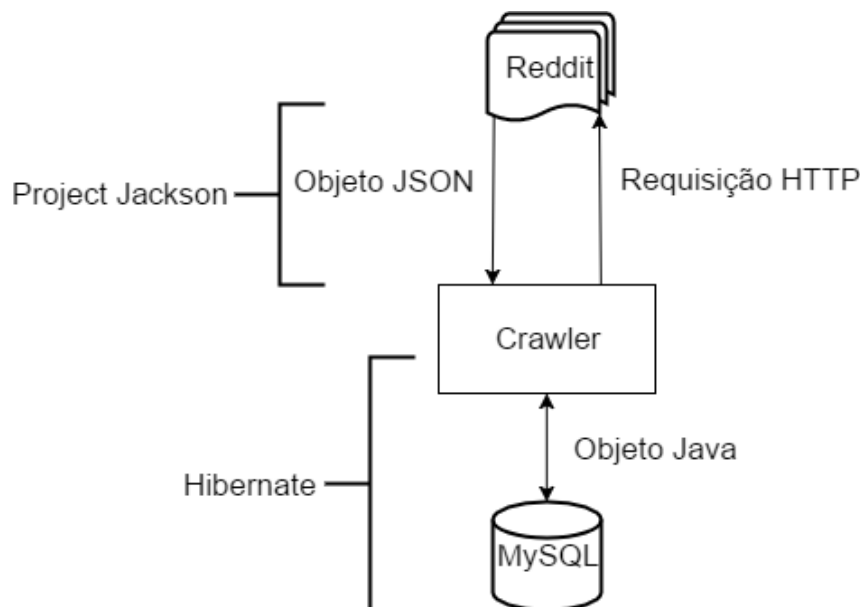


Figura 4.1: Arquitetura do *Crawler*

teca Jackson. Este objeto disponibilizado a partir do *website* foi renomeado para *RedditPost* e adicionado ao código fonte da aplicação.

A anotação “`@JsonProperty`” é relativa ao mapeamento do objeto Java com relação ao JSON e nos permite com intermédio da classe *Object Mapper* instanciar o objeto *RedditPost* a partir de um objeto *String* em formato JSON.

```
RedditPost post =
    objectMapper.readValue(iteratorPost.get("data").toString(),
RedditPost.class);
```

Utilizando o método *readValue* que tem como retorno um *Object*, é informado um objeto *String*, neste caso “*iteratorPost.get("data").toString()*” e uma classe mapeada, neste caso *RedditPost*.

Porém, para o correto funcionamento, deve ser feita a seguinte mudança: O campo *edited* representando se foi editado o comentário, retornado no JSON apresenta um tipo de dado ambíguo aonde que caso o comentário não tenha sido editado, ele apresenta o valor *booleano* de *false*, porém, ao ter sido editado, ele apresenta seu valor em um formato decimal. Este e demais objetos que apresentavam o tipo de dado de forma ambígua foram transformados em objetos *String*.

A partir deste objeto Java, foi utilizado o *framework* Hibernate para a criação do banco de dados, assim como persistência destes. Através da anotação “`@Entity`”, adicionada também na classe *RedditPost*. O Hibernate mapeia essa entidade junto ao banco de dados, neste caso, MySQL.

Para criação das tabelas do banco de dados, foi utilizada a propriedade *hibernate.hbm2ddl.auto* do Hibernate. Essa propriedade quando instanciada uma nova

sessão do *framework* no Java executa as seguintes ações dependendo de seus valores informados:

- *validate*: Não efetua mudanças no banco de dados, somente valida.
- *update*: Atualiza o esquema do banco de dados conforme os objetos mapeados na camada Java.
- *create*: Cria o esquema contendo tabelas e campos a partir dos objetos Java, destruindo dados anteriores.
- *create-drop*: Cria o esquema da mesma que o *create*, porém, ao termino da sessão, remove o esquema criado.

No primeiro momento, a propriedade obteve o valor *create*, para fins de criação e validação do esquema criado e após isso, foi informado *update* como seu valor para tornar reflexo as alterações feitas na camada Java.

Portanto, a execução do *Crawler* funciona da seguinte forma, é enviada uma requisição para o *website* através da URL do tópico em questão com o sufixo “*.json*” no final. O *website* retorna um *JSON* com os dados referentes ao tópico solicitado e aos comentários deste tópico. Este objeto *JSON* é convertido em um *POJO* através da biblioteca Jackson e persistida no banco de dados através do *framework* Hibernate. Como o Reddit possui uma restrição do número de comentários disponibilizados, são efetuadas novas requisições para a seção “*more*” disponível no *JSON* de retorno.

4.2 Tópicos Selecionados

Para análise de sentimentos e comparação dos resultados obtidos, foram selecionados 16 tópicos controversos, selecionados com o objetivo de encontrar padrões de opinião entre seus comentários, distribuídos da seguinte forma:

Tópicos relacionados com o cenário político nacional:

- *Brazil Seeks To Copy U.S. Gun Culture “to allow embattled citizens the right to defend themselves from criminals”* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/36ny58/brazil_blogger_known_for_reporting_on_corruption/.
- *Brazil descends into chaos as Olympics looms* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/4bqcc3/brazil_descends_into_chaos_as_olympics_looms/.
- *Plane carrying Brazil Supreme Court judge crashes into sea* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5oyz3b/plane_carrying_brazil_supreme_court_judge_crashes/.
- *Brazil passes Internet governance Bill: Brazil has made history with the approval of a post-Snowden Bill which sets out principles, rights and guaran-*

- tees for Internet users.* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/21f3as/brazil_passes_internet_governance_bill_brazil_has/.
- *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* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/2t65ql/fifa_generated_more_than_4_billion_in_sales_from/.
 - *Brazil Seeks To Copy U.S. Gun Culture "to allow embattled citizens the right to defend themselves from criminals"* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/3skpe7/brazil_seeks_to_copy_us_gun_culture_to_allow/.

Tópicos relacionados sobre política internacional.

- *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."* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/4d75i7/26_terabyte_leak_of_panamanian_shell_company_data/.
- *Fidel Castro is dead at 90.* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5exz2e/fidel_castro_is_dead_at_90/.
- *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* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/67ivae/donald_trump_to_strip_all_funding_from_state_dept/.
- *Manchester Arena 'explosions': Two loud bangs heard at MEN Arena* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/6cqdye/manchester_arena_explosions_two_loud_bangs_heard/.
- *Sweden asks the U.S. to explain Trump comment on Sweden* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5uzetf/sweden_asks_the_us_to_explain_trump_comment_on/.
- *"Canada will welcome you," Trudeau invites refugees as Trump bans them* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/worldnews/comments/5qqa51/canada_will_welcome_you_trudeau_invites_refugees/.

Tópicos diversos.

- *I'm Bill Gates, co-chair of the Bill & Melinda Gates Foundation. Ask Me Anything.* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/5whpq5/im_bill_gates_cochair_of_the_bill_melinda_gates/.
- *Hey, it's Lars from Metallica. AMA* - Disponível em: <https://www.reddit.com/>

r/IAmA/comments/1wl9ic/hey_its_lars_from_metallica_ama/.

- *I'm the CEO of Renault and Nissan and we're making autonomous driving vehicles happen by 2020. Ask me anything!* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/2s7obx/im_the_ceo_of_renault_and_nissan_and_were_making/.
- *I am Julian Assange founder of WikiLeaks – Ask Me Anything* - Disponível em: https://www.reddit.com/r/IAmA/comments/5n58sm/i_am_julian_assange_founder_of_wikileaks_ask_me/.

A partir destes tópicos selecionados, foram extraídos seus dados, como conteúdo, usuário de criação e número de *upvotes*. Somente foram extraídos comentários em resposta ao tópico em questão, comentários em resposta a outros comentários foram desconsiderados pois estes podem não estar relacionados com o tópico em questão, o que torna a sua análise de sentimento inaproveitável. Além de não existirem *softwares* ou *frameworks* preparados para a análise de sentimentos de uma conversa sobre um determinado tópico.

REFERÊNCIAS

Alexa. **Alexa Top 500 Global Sites**. <Disponível em: <http://www.alexa.com/topsites/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017.

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

BRILL, E. A Simple Rule-based Part of Speech Tagger. In: THIRD CONFERENCE ON APPLIED NATURAL LANGUAGE PROCESSING, Stroudsburg, PA, USA. **Proceedings...** Association for Computational Linguistics, 1992. p.152–155. (ANLC '92).

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

HUTTO, C. J.; GILBERT, E. VADER: a parsimonious rule-based model for sentiment analysis of social media text. In: ICWSM. **Anais...** The AAAI Press, 2014.

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

MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHÜTZE, H. **Introduction to Information Retrieval**. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2008.

MANNING, C. D.; SCHÜTZE, H. **Foundations of Statistical Natural Language Processing**. [S.l.]: MIT Press, 1999.

Natural Language Toolkit. **Natural Language Toolkit**. <Disponível em: <http://www.nltk.org/>>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017.

PANG, B.; LEE, L.; VAITHYANATHAN, S. Thumbs Up?: sentiment classification using machine learning techniques. In: ACL-02 CONFERENCE ON EMPIRICAL

METHODS IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING - VOLUME 10, Stroudsburg, PA, USA. **Proceedings...** Association for Computational Linguistics, 2002. p.79–86. (EMNLP '02).

PÅLSSON, A.; SZERSZEN, D. **Sentiment Classification in Social Media:** an analysis of methods and the impact of emoticon removal (dissertation). 2016.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal**, [S.l.], v.27, p.379–423,623–656, July, October 1948.

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

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