

**I CONGRESSO DE
TECNOLOGIA
DA INFORMAÇÃO
DO IFSUL - PASSO FUNDO**

DE 15 A 17 DE OUTUBRO DE 2018



I Congresso de Tecnologia da Informação do IFSUL Passo Fundo

Passo Fundo - RS - Brasil

ANAIS

Organização Editorial

Anubis Graciela de Moraes Rossetto - IFSUL Passo Fundo

João Mário Lopes Brezolin - IFSUL Passo Fundo

Coordenação

Alexandre Tagliari Lazzaretti - IFSUL Passo Fundo

Realização

Instituto Federal Sul-Riograndense - Câmpus Passo Fundo

Apoio

Sociedade Brasileira de Computação - SBC

Prefácio

Seja bem-vindo a primeira edição do Congresso de Tecnologia da Informação do IFSUL Câmpus Passo Fundo, ocorrido nos dias 15, 16 e 17 de outubro de 2018. O congresso é um evento realizado por discentes e docentes dos cursos de Ciência da Computação, Tecnologia em Sistemas para Internet e Técnico em Informática.

O evento busca fomentar a atividade científica e tecnológica proporcionando um espaço de construção dialética do conhecimento com foco da área de informática. Nesse sentido, o evento busca divulgar os trabalhos científicos realizados por pesquisadores de diversas instituições além de proporcionar juntamente uma diversificada programação, com palestras e oficinas.

Observando as características regionais, o tema do congresso este ano é " computação aplicada", enfatizando o aspecto prático das contribuições que a informática pode proporcionar nas áreas diferentes áreas do conhecimento.

Em relação aos trabalhos submetidos, foram totalizados 37 trabalhos. Sendo aceitos os 22 trabalhos com melhor média resultante das avaliações dos pares. Dentre os trabalhos os 5 primeiros colocados receberam uma premiação no evento de encerramento.

A realização do simpósio não seria possível sem o trabalho incessante da comissão organizadora do evento, principalmente ao Prof. Alexandre Tagliari Lazzaretti, e do auxílio de todos os professores do Instituto Federal Sul-Riograndense Câmpus Passo Fundo.

Também um agradecimento especial a direção do Câmpus Passo Fundo que apoiou o evento, auxiliando sempre que requisitada pelos membros do comitê de coordenação.

Cabe um agradecimento aos alunos, alunos bolsistas e técnicos administrativos que auxiliaram na realização das tarefas demandadas pelo simpósio. Além disto, um agradecimento especial aos membros do comitê de avaliação dos trabalhos científicos e a todos que participaram do evento, muito obrigado!

Um ótimo evento a todos!

Anubis Graciela de Moraes Rossetto
João Mário Lopes Brezolin
Comissão de Trabalhos Científicos

Coordenação

Coordenação geral:

Prof. Dr. Alexandre Tagliari Lazzaretti

Comissão de trabalhos científicos:

Prof. Dr. Anubis Graciela de Moraes Rossetto (coordenadora)

Prof. Dr. João Mário Lopes Brezolin (coordenador)

Comissão das palestras e minicursos:

Prof. Me. Carlos Alexandre Silva dos Santos

Prof. Me. Jorge Luis Boeira Bavaresco

Prof. Me. Lisandro Lemos Machado

Prof. Esp. Telmo de César Junior

Suporte Técnico:

Alex Sebben da Cunha

Aluno bolsista:

Elisama M. Fernandes

Comitê de Programa

Alexandre Tagliari Lazzaretti	IFSUL - Campus Passo Fundo
Alexandre Zamberlan	Centro Universitário Franciscano
Alexandre Lazzaretti Zanatta	UPF - Universidade de Passo Fundo
Anderson de Fortes	UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa
André Rollwagen	IFSUL - Passo Fundo
André Schaeffer	UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul
Anubis Graciela de Moraes Rossetto	IFSUL - Campus Passo Fundo
Carlos A. Petry	IFSUL - Campus Passo Fundo
Carlos Alexandre Silva dos Santos	IFSUL - Campus Passo Fundo
Carlos Oberdan Rolim	URI – Campus Santo Ângelo
Carmen Vera Scorsatto Brezolin	IFSUL – Campus Passo Fundo
Diego Lusa	IFRS - Campus Sertão
Dionatrã Kirchoff	PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do RS
Edimar Manica	IFRS - Campus Ibirubá
Élder Francisco Fontana Bernardi	IFSUL – Campus Passo Fundo
Emerson Oliveira Jr.	IFRS - Campus Sertão
Evandro Kuszera	UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Gabriel Santin	IFSUL – Campus Passo Fundo
Guilherme Antonio Borges	IFSUL - Campus Charqueadas
Joao Mário Lopes Brezolin	IFSUL – Campus Passo Fundo
Jorge Luis Boeira Bavaresco	IFSUL - Campus Passo Fundo
José de Figueiredo	IFSUL - Campus Passo Fundo
José Maurício Cunha Fernandes	Embrapa Trigo – Passo Fundo
Josue Toebe	IFSUL - Campus Passo Fundo
Juliano Weber	IFF - Campus Santo Ângelo
Lis Ângela De Bortoli	IFRS – Campus Sertão
Lisandro Lemos Machado	IFSUL – Campus Passo Fundo
Maikon Santos	IFSUL – Campus Passo Fundo
Marco Trentin	UPF - Universidade de Passo Fundo
Patrícia Nascimento da Silva	IFRS - Campus Sertão
Rafael Bertei	IFSUL - Passo Fundo
Ricardo Schmidt	UPF - Universidade de Passo Fundo
Ricardo Dallasen	IFSUL – Campus Passo Fundo
Rômulo de Oliveira	PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do RS
Roberto Wiest	IFSUL – Campus Passo Fundo
Roberto Rabello	UPF - Universidade de Passo Fundo
Telmo De Cesaro Júnior	IFSUL – Campus Passo Fundo
Valderi Leithardt	Univali - Universidade do Vale do Itajaí
Vanessa Lago Machado	IFSUL – Campus Passo Fundo
Willingthon Pavan	UPF - Universidade de Passo Fundo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749c Congresso de Tecnologia da Informação do IFSUL Passo Fundo

Anais do I Congresso de Tecnologia da Informação do IFSUL Passo Fundo: Computação Aplicada (1: 2018 : Passo Fundo, RS) / Coordenadores : Alexandre Tagliari Lazzaretti, Anubis Graciela de Moraes Rossetto, João Mário Lopes Brezolin . -- Passo Fundo: IFSUL, 2018.

01 Livro digital

Disponível em: <https://conginf.passofundo.ifsul.edu.br>

ISBN:

1. Tecnologia da Informação - Congresso. 2. Computação Aplicada - Congresso. I. Título. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo. III. Lazzaretti, Alexandre Tagliari (Coord.). IV. Rossetto, Anubis Graciela de Moraes (Coord.). V. Brezolin, João Mário Lopes (Coord.).

CDU: 004

Catalogação: Maria Cristina de Siqueira Santos – Bibliotecária CRB 10/1811

Sumário

An Evaluation of an Adapted Extreme Learning Machine (ELM) Neural Network applied to Hand gesture recognition from two channels sEMG 9

Alter Diego do Nascimento Santos (Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Serra),
Rodrigo Capucho (Instituto Federal do Espírito Santo),
Francisco de Assis Boldt (Universidade Federal do Espírito Santo),
Richard Godinez Tello (Instituto Federal do Espírito Santo)

Ferramenta para Identificação e Classificação de Afídeos Utilizando Momentos Invariantes de Hu e Redes Neurais Artificiais 19

Bruno Belloni (IFSUL – Passo Fundo),
Vinicius Schneider (IFSUL – Passo Fundo),
Carlos Santos (IFSUL – Passo Fundo),
Alexandre Tagliari Lazzaletti (IFSUL - Passo Fundo),
Maikon Santos (IFSUL – Passo Fundo),
Telmo De Cesaro Júnior (IFSUL - Passo Fundo),
Jorge Luis Boeira Bavaresco (IFSUL - Passo Fundo),
Joao Mário Brezolin (IFSUL – Passo Fundo),
Douglas Lau (EMBRAPA – Passo Fundo)
José Maurício C. Fernandes (EMBRAPA – Passo Fundo)

Integração de CLP's industriais com aplicações desenvolvidas na linguagem Java por meio do protocolo MODBUS 29

José de Figueiredo (IFSUL – Passo Fundo),
Robson Anversa (IFSUL – Passo Fundo),
Vanessa Lago Machado (IFSUL – Passo Fundo)

Sistema de aquisição de dados térmicos utilizando a placa Arduino UNO 39

Vanessa Dal Mago (IFSUL – Passo Fundo),
Alexsander Carneiro (IFSUL – Passo Fundo),
Albino Guterres (IFSUL – Passo Fundo)

Reconhecimento de Sequência de Movimentos de uma Mão a partir de Sensores Inerciais para o Controle de uma Cadeira de Rodas Robotizada 48

Rodrigo Capucho (Instituto Federal do Espírito Santo),
Francisco de Assis Boldt (Universidade Federal do Espírito Santo),
Richard Godinez Tello (Instituto Federal do Espírito Santo)

Offline-first Multidatabase Progressive Web Apps com PouchDB/CouchDB 58

Matheus Dal'Pizzol (IFSUL – Passo Fundo),
Anubis Rossetto (IFSUL – Passo Fundo)

Redes de Petri Estocásticas Aplicadas ao Planejamento e Capacidade de um Sistema de Geração de Energia Solar Fotovoltaica 68

Dierli Maschio (Universidade Tecnológica Federal do Paraná),
Ana Caroline Tondo Bonafin (Universidade Tecnológica Federal do Paraná),
Marcelo Teixeira (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Configuração dinâmica de geradores distribuídos de energia utilizando Redes de Petri Estocásticas	78
Ana Caroline Tondo Bonafin (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), Dierli Maschio (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), Marcelo Teixeira (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)	
Classificação de Absenteísmo de Agendamento de Exames de um Clínica de Vitória-ES com Balanceamento da Base de Dados via Subamostragem	88
Lucas Darós (Universidade Federal do Espírito Santo), Leandro Resendo (IFES - Instituto Federal do Estado do Espírito Santo), Karin Komati (IFES - Campus Serra)	
PROVAS ELETRÔNICAS PRODUZIDAS NA INTERNET: O Marco Civil da Internet e as consequências nas ações judiciais de reparação de danos civis	98
Lisandro Machado (IFSUL – Passo Fundo), Aline Kuns (UFSM)	
GABY - TERMINAL DE CONSULTA DE PREÇO	108
Vanessa Lago Machado (IFSUL – Passo Fundo), José de Figueiredo (IFSUL – Passo Fundo), Vitor Teixeira (IFSUL – Passo Fundo)	
한 글 : Aplicativo multiplataforma para aprendizado de Hangul utilizando Flashcards	116
Suelen Camargo (IFSUL – Passo Fundo), Anubis Rossetto (IFSUL – Passo Fundo), Lisandro Machado (IFSUL – Passo Fundo)	
Desenvolvimento de um aplicativo móvel para auxiliar no descarte consciente de lixo eletrônico	126
Vitor Grenzel (IFRS - Ibirubá), Edimar Manica (IFRS - Ibirubá)	
Sistema de Gestão de Cooperativas de Reciclagem de Resíduos Sólidos	135
André Rollwagen (IFSUL - Passo Fundo), Anderson Valter Garcia (IFSUL - Passo Fundo), Telmo De Cesaro Júnior (IFSUL - Passo Fundo)	
Uma Ferramenta de Validação e Visualização de Restrições de Integridade	145
Alexandre Lazzaretti (IFSUL - Passo Fundo), Fabiano Schaefer (COMPASSO), Roberto Wiest (IFSUL - Passo Fundo)	
As Redes Sociais para Educação no contexto do SBIE: uma revisão sistemática de Literatura no período 2007-2017	155
Wendel Marcos dos Santos (Universidade Federal do ABC)	

- A Computação Desplugada Aliada à Educação Matemática: Uma Metodologia que Estimula o Pensamento Computacional e a Capacidade de Resolução de Problemas** 165
Élder Bernardi (IFSUL - Passo Fundo)
- O uso do computador para o ensino de Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental** 175
Karoline Nascimento (Instituto Federal do Tocantins (IFTO),
Elielton Santana (IFTO - Campus Araguatins),
Laércio Júnior (Universidade Federal do Amazonas)
- Análise de Ferramentas para Automação de Testes de Software em Sistemas Web** 181
André Rollwagen (IFSUL - Passo Fundo),
Eduardo Rodrigues dos Santos (IFSUL – Passo Fundo)
- Usabilidade de software aplicado à terceira idade: Implementação de um estudo de caso.** 191
Vanessa Lago Machado (IFSUL – Passo Fundo),
Silvana Maschio (IFSUL – Passo Fundo),
José de Figueiredo (IFSUL – Passo Fundo)

An Evaluation of an Adapted Extreme Learning Machine (ELM) Neural Network applied to Hand Gesture Recognition from Two Channels sEMG

**Alter D. N. Santos¹, Rodrigo P. Capucho¹, Francisco de Assis Boldt²,
Richard J .M. G. Tello³**

¹Post-Graduation Program in Control and Automation Engineering - IFES
Federal Institute of Espirito Santo (IFES) – ES – Brazil

²Department of Informatics – Federal Institute of Espirito Santo (IFES)
Campus Serra – ES-010, Km-6,5 - Manguinhos, Serra - ES, 29173-087– ES – Brazil

³Department of Industrial Automation – Federal Institute of Espirito Santo (IFES)
Campus Serra – ES-010, Km-6,5 - Manguinhos, Serra - ES, 29173-087– ES – Brazil

alterdiegu@hotmail.com, {rodrigop, franciscoa, richard}@ifes.edu.br

Abstract. *In this work, we evaluated different classification techniques from seven hand gestures for the implementation of a robotic arm for industrial purposes. A comparative analysis was performed between a proposed adapted Neural Network Extreme Learning Machine (ELM) versus a Linear Discriminant Analysis (LDA), Random Forest Algorithm and a Support Vector Machine (SVM) algorithm's. The signals were obtained through recording the Surface Electromyography (sEMG) of just two channels of forearm muscles from 5 different subjects. The ELM classifier had a similar performance compared to Random Forest and SVM, reaching an average F1-Score of 74,29% and showing good average performance results inter subjects.*

1. Introduction

Robotic arms (manipulators) are tools very used in aerospace, industrial manufacture, medicine and for underwater applications. It performs repeated tasks faster and more accurate than humans, increasing the processes with efficiency. It is also capable of perform different tasks where humans could have certain difficulties, like on underwater and aerospace operations [Jiang et al. 2018, Chen et al. 2017, Khezri and Jahed 2011].

There is a huge variety of Human-Machine Interface (HMI) for controlling manipulators, most of them are non-intuitive, having a complex usability through the handling of joysticks, keyboards or industrial panels. To overcome this issues many researches purposes Human-Machine Interfaces that uses bio-signals which consists in control of machines/tools through electric signals acquired from human body. This method is called the “Human-in-the-loop” (HitL) integration which aims to improve human-machine interaction and make the system more instinctive [Zhou et al. 2017, Ison and Artemiadis 2014, Quitadamo et al. 2017].

Signals from Surface Electromyography (sEMG) are a non-invasive bio-electric signal used for recognition of specific motions by Machine Learning tools and for controlling artificial actuators [Meattini et al. 2018, Tello 2013, Tello et al. 2013]. The EMG

signal can be obtained through surface electrodes attached to the individuals skin. This method of acquisition signal is widely used to operate robotic hands/grips due its flexibility, easy of handling and its non-invasive approach [Geethanjali 2016].

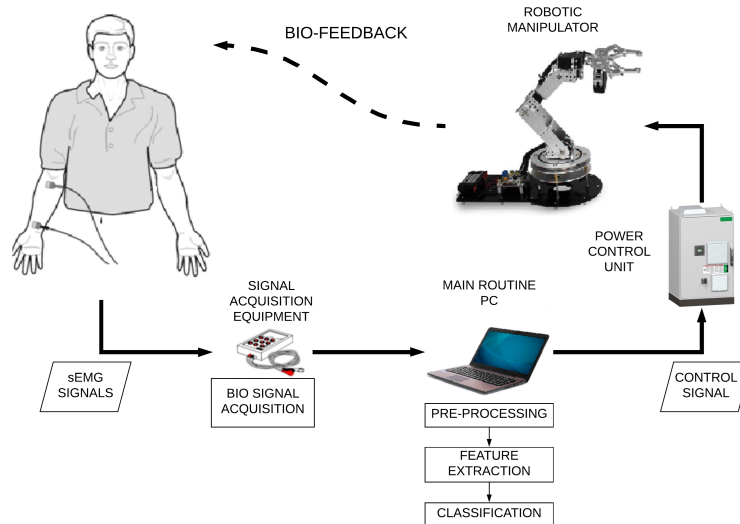


Figure 1. Block Diagram of a real-time sEMG control system

Gesture recognition of motor tasks from surface electromyography (sEMG) signals can be summarized in a model that begins with the extraction of the bio-signals, which are pre-processed, segmented, extracting its features for finally be classified. After of the classification process, the commands are sent to the actuator [Wang et al. 2017, Bastos-Filho et al. 2013]. Search for better solutions to improve this kind of control system is a challenge that could make this kind of technology more accessible and cheaper. It can be done, for example, by reducing the number of sensors, improving the accuracy using different machine learning techniques and reducing the time of response .

In this paper, a hand gesture recognition approach based on ELM Neural Network from just two sEMG channels is proposed. In order to evaluate the system proposed, a comparative analysis was performed with LDA, Random Forest and SVM classifiers. From the results, it was possible identify the classifiers with good performance and which subjects had the bests averages assertiveness.

2. Theoretical Background

Commercially, there are different hand prosthesis that can be operated through of sEMG signals, such as, the i-LIMB ultra hand prosthesis of Touch Bionics company, which was the first product to offer the control of the five fingers independently. Other commercial products are the Bebionic3 of RSLSteeper company, the Michelangelo of Otto Bock Healthcare Product GmbH and the DEKA arm manufactured by Deka Integrated Solutions Corporation [Tello 2013, Osman et al. 2017, Tello et al. 2013].

From the literature, a teleoperated Human-robotic system based on processing signals from 8 sEMG channels was proposed by [Meattini et al. 2018], where electrodes were placed on the forearm skin and signals collected from four subjects. The proposed

model aimed the classification of 5 different motions for the control two different actuators: an anthropomorphic hand and a three-fingered industrial gripper mounted on a robotic manipulator. RMS was selected as the only feature extracted as the input for a Support Vector Machine classifier, reaching a mean success ratio of 96,3%.

In [Zhou et al. 2017], a similar idea was proposed. In this work, stretchable μm thick sEMG patches as sensors were used, which were able to generate 5 sEMG channels for the extraction of Mean absolute Value (MAV) and Variance (VAR) features. An Artificial Neural Network of 20 hidden layers was selected as the classifier, which presented an average accuracy of 98,5% for the classification of 8 gestures.

In the work of [Tello 2013], a comparison of three classifiers was performed: the closest K-Neighbors (K-NN), Linear and Quadratic Bayes, extracting the characteristics of RMS, WL and Variance (VAR), using 4 channels of sEMG. The gestures chosen for classification were separated into 15 classes divided into 4 groups. The Bayesian Quadratic classifier presented the best accuracy reaching values above 98%.

In the work of [Atzori et al. 2016], classification of 50 hand movements from 12 sEMG channels, comparing the performance of the closest K-Neighbors classifier (K-NN), Support Vector Machine (SVM), Random Forests, Linear Discriminant Analysis (LDA) and Convolutional Neural Networks (CNN), from the extraction of Wavelet's Marginal Discrete Transform (mWDT), Histogram (HIST), WL, RMS features and a normalized combination of all of them. Three different databases were used, the first one referring to 27 individuals without physical limitations the second referring to 40 individuals without physical limitations and the third database referring to 11 individuals with amputation in the upper limb. The results showed that a basic architecture of Convolutional Neural Networks (CNN) presented an accuracy similar to the general average results of the other classifiers tested, but on the individual analysis of the results Random Forest classifier obtained the best accuracy for the first two data sets ($75.32\% \pm 5.69\%$ and $75.27\% \pm 7.89\%$ respectively), and the SVM classifier obtained the best result ($46.27\% \pm 7.89\%$) for the third one.

A Robust hand gesture recognition with a two channel sEMG is proposed in [Tavakoli et al. 2018], based on a high dimensional feature-space and a SVM as the classifier. For the five gestures recognition tests, 3 subjects tested the systems, a beginner, an intermediate and an expert user. The average accuracy were 86,67% for the beginner, 93,07% for the intermediate and 96,26% for the expert, achieving an average accuracy of 92%.

The LDA Algorithm is one of the most traditional classifiers, but its still widely used for sEMG pattern recognition, due to the fact that this technique presents confident results with less computing efforts than others classifiers [Liu et al. 2014]. Most of cases LDA is used as an important benchmark to compare the results of different algorithm proposals. SVM have been widely used in HMI Systems, for the pattern recognition of physiological signs, because of its versatility and robustness with non-stationary data. It has been successfully exploited for devices as upper or lower limb prostheses, to drive electric wheelchair's or manipulator systems. Hand gesture recognition is one of the most used applications [Quitadamo et al. 2017]. The classical Random Forest classifier is a supervised learning procedure based on "divide and conquer" principle. It gives

aggregated predictions by randomizing averaging decision trees. This is widely cited as a successful method for pattern recognition [Biau and Scornet 2015].

ELM is not so used for sEMGs pattern recognition of as Random Forest or SVM, but [Shi et al. 2013] reached a 97,28% accuracy, using ELM as classifier, extracting the feature of Cumulative Residual Entropy (CREn) from 4 sEMG Channels of 10 subjects. He classified 6 different hand motions.

The Extreme Learning Machine (ELM) is a hidden single-layer feedforward neural network with a linear activation function at the output. The hidden weights for output are calculated deterministically, usually by multiplying the Moore-Penrose pseudoinverse values of the units of hidden layers of all patterns [Boldt 2017].

In [Anam and Al-Jumaily 2017], a comparison of different kind of ELM techniques was performed with other classifiers, such as LDA, SVM and K-NN, for the classification of 12 finger motions, by 6, 11 and 12 sEMG Channels from the forearm of 9 able-bodied subjects. The variations of ELM were Radial-Basis function (RBF-ELM), Sigmoid-additive (Sig-ELM), Multi-Quadratic (Rad-ELM), linear ELM (Lin-ELM) and Polynomial (Poly-ELM). The best result was performed by RBF-ELM classifier with 6 sEMG Channels, achieving an accuracy of 99,5%. Another author that used ELM for sEMG pattern recognition was [Wu et al. 2017] whose algorithm performed an average accuracy of 94,77% for 4 wrist motions. In this paper, he also recognized other 5 shoulder motions and 3 elbow motions. He used 8 channels to capture sEMG signals and extracted the following features: VAR, the 4thAR, MAV, ZC, IEMG, RMS.

3. Materials and methods

3.1. Data acquisition

sEMG signals were collected using 2 channels arranged in the right forearm of individuals, according to Figure 3. These signals were extracted from database that is available on [Goge and Chan 2004]. In this database, eight channels were collected, but in this work just two channels were used for the classification. Thus, 2 trials from 5 individuals (2 male and 3 female) with perfect limbs were used.

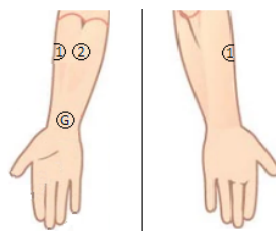


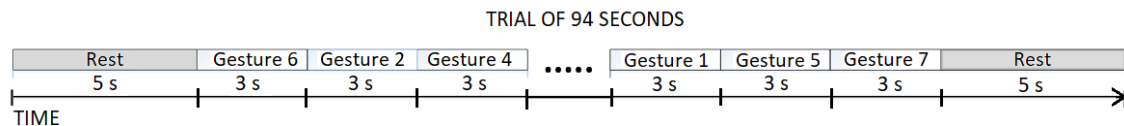
Figure 2. Electrodes position for the experiments (channels of sEMG) . Source: Adapted from [19] and based on [Goge and Chan 2004].

The numbers and characters showed in Figure 2 represents the channel of sEMG signals acquisition corresponding to the position described in Table 2.

Table 1. Muscles vs Electrodes position

Channel	Muscle
G	Ground
1	Brachioradialis
2	Between Brachioradialis and Flexor Carpi Radialis

A trial last 94 seconds and its made of 7 different hand gestures. Every gesture was performed 4 times randomly and each one for a period of 3 seconds. A rest period of 5 seconds was introduced at the beginning and at end of each trial to avoid lost of data during collection. Figure 3 shows the time-line of a trial.

**Figure 3. Protocol time-line example**

3.2. Processing

The original data were obtained by AC amplifiers (Model 15, Grass Telefactor) with a variable gain set at 1000 and bandwidth set at 1 Hz to 1 kHz. Originally signals were sampled at 3 KHz through an analogue-to-digital converter board (National Instruments, PCI-6071E), then down-sampled to 1 KHz frequency processed through Matlab [Goge and Chan 2004]. The frequency were re-scaled to 1 KHz, since the typical frequency range of the sEMG signal is 50 to 500 Hz [Najarian and Splinter 2012].

The experiment was performed using the software MATLAB version 2017a , on a computer equipped with an Intel Core-i7-4510U CPU @ 2.00Ghz 2.60 Ghz processor.





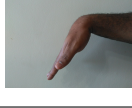


3.3. Feature Extraction

For the feature extraction step, we used a sliding analysis window of 256 ms with an increment of 128 ms for training dataset (50% overlap between windows) and a 32 ms increment for tests dataset (overlap of 87,5%). The features extracted were are Root Mean Square (RMS), 11th order auto-regressive coefficients (11th AR), Integral Absolute Value (IAV), Wavelength Length (WL), Zero-Crossing (ZC), Slope Sign Change (SSC), Mean Absolute Value (MAV).In this work, Principal Analysis Component (PCA) was used for dimensionality reduction.

3.4. Classification

Table 2 illustrate classes with their respective gestures.

Table 2. Classes / Hand gestures

Class	Gesture
Class 1 - Open hand	
Class 2 - Closed hand	
Class 3 - Supination	
Class 4 - Pronation	
Class 5 - Wrist flexion	
Class 6 - Wrist extension	
Class 7 - Rest	

For classification step, the following classifiers were tested: LDA, Random Forest, SVM and a Neural Network Extreme Learning Machine (ELM) adapted by [Boldt 2017]. The ELM implementation (used in this paper) is a variation of the classifier implemented by [Tapson and van Schaik 2013], where the number of neurons of the hidden layer was defined heuristically in 250 times the amount of input neurons. The activation functions used was Sigmoid. The Random Forest algorithm is made of 500 decision trees with the same weight for all of them and the SVM Multiclass classifier used a linear Kernel function.

Two post-processing were used to improve the final results, the first one is "Majority Vote" and the second one is "Transition Removal". "Majority Vote" uses the previous results to define the current class. In this case, 8 previous classification results are used (with an increment of 32 ms each, that corresponds to the previous 256 ms) to define the final result of the current classification. The second post-processing "Transition Removal" consists in remove the results obtained during a change of position, in this case 256 ms before and 256 ms after a change of gesture. This method reduces errors caused during the transition of movements [Chan and Green 2007].

The chosen method for the tests were 10-fold Cross-validation, so the proportion was 10 % used for tests and 90% used for training the algorithm. For Random Forest and ELM adapted [Boldt 2017], each test was performed 10 times to have a good number for

averaging analysis and because of the random nature of this classifiers. For each dataset containing the trial data, the algorithm was tested 10 times. Then the 10 Confusion Matrix, generated as the result of the classification, were add forming a single general Confusion Matrix which gave a global result for the respective Trial dataset.

It was possible to obtain results by classifiers, by subjects and by classes, allowing to compare the performance of the classifiers, the results per subject and which of the pre-defined gesture is easier to be recognized in general.

4. Results

The classification performance is presented by the metric F1-score due the fact of takes into account false positives and false negatives simultaneously, presenting a more assertive result [Boldt 2017]. The average results obtained are very close, with a slight advantage to SVM, which reached a mean value of 75,47% against 72.58% of the Random Forest classifier, 68,80% of LDA and 74,29% of the adapted ELM.

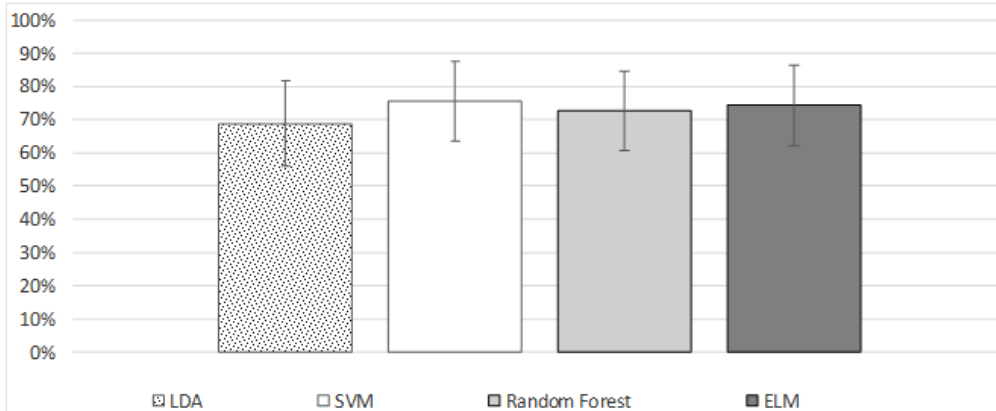


Figure 4. Average F-1 Score results per classifier

The ELM and Random Forest results were consolidated after the repetition of ten trials for every dataset, and then it was possible to get an average result for each one of the five subjects as shown in Figure 6. The dataset from subject 1 gave the best response for all classifiers, with average values of 90,69% with peak value at 93,32% for SVM algorithm. The worst case were from subject 3, which reached average values of 62,11% and minimum value of 51,96% at LDA implementation. For the subjects 2, 3 and 4, SVM presented the best performance, meanwhile for the subjects 2 and 5, was ELM which presented the best performance.

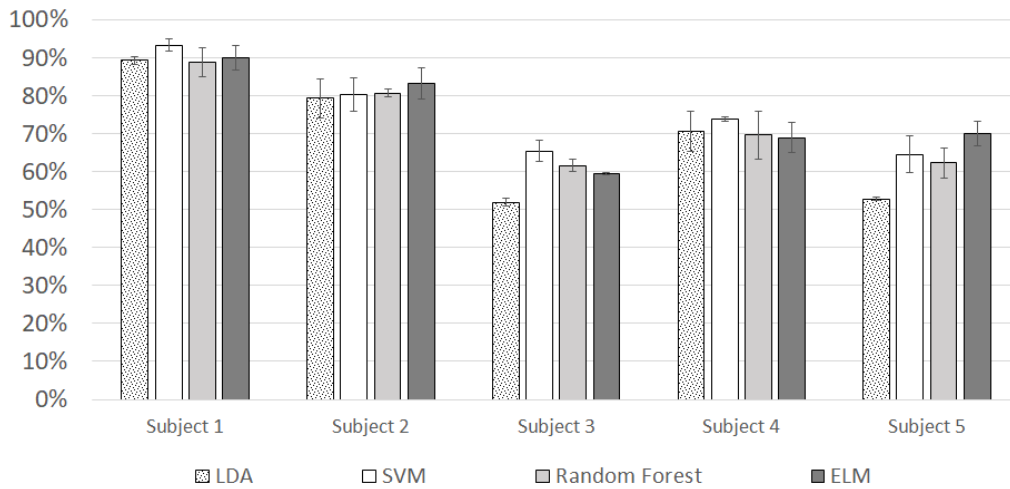


Figure 5. Average F1-Score per subject

When analyzing the results obtained by class (gesture) it was found that “class 4”, referring to the pronation gesture, presents higher mean F1 Score (94,22%), with the maximum result for the SVM classifier reaching 95,94%, followed closely by ELM which performed 95,28% as shown in Fig. 7. On the other hand class 1 (Open hand) presented the worst performance with a minimum average F1-Score of 56,32%, and the minimum individual result was 51,51%, performed by the LDA classifier.

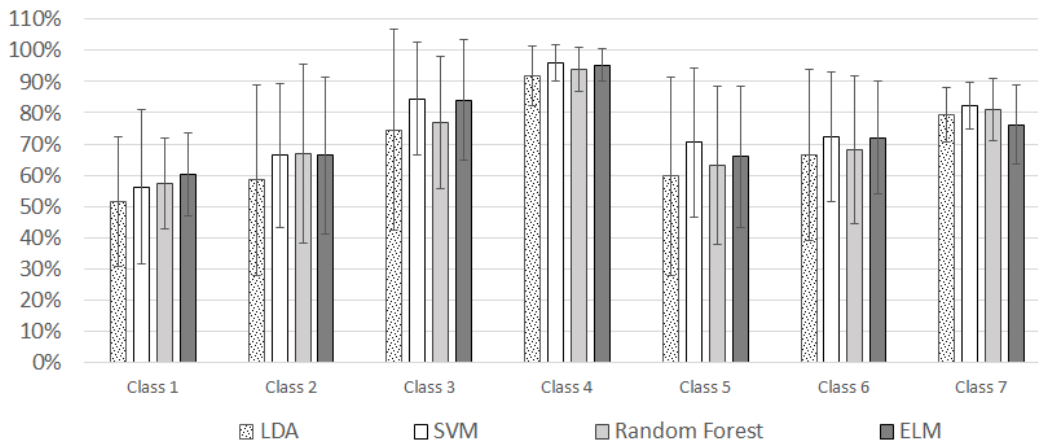


Figure 6. Average F1-Score per Class

The ELM adapted performed the best result for the class 1, SVM performed the best result for the classes 3, 4, 5, 6 and 7, while the best result of the class 2 was performed by Random Forest.

5. Conclusions

After the comparative analysis of the data from the pre-established metrics, its demonstrated that the ELM adapted technique, present results very close to Random Forest and SVM, for both maximum result and general average results. Its not possible to made a

direct comparison with [Tavakoli et al. 2018], because the number of volunteers, gestures to be recognized and the methodology are different, but its possible to infer that average results of 74,29% are promising for experiments that use only two sEMG Channels to recognize 7 gestures, so its possible affirm that ELM classifier adapted have potential to be improved for use in recognition of hand gestures by sEMG analysis, since it had the best average performance for 2 of the 5 subjects (40% of the volunteers) . To the best of our knowledge, no tests with only two sEMG channels were performed with ELM based classifiers. The algorithm is able to be improved and adapted for the control of a robotic manipulator for industrial purposes.

The gesture of pronation (Class 4) got better recognition results compared to other gestures and the gesture of open hand (Class 1) had the worst performance results. For future works, we pretend explores the usability of ELM algorithm in online applications. Of the same way, we will seek increase the number of subjects to analyze the reduction rate in the average assertiveness of the algorithm.

References

- Anam, K. and Al-Jumaily, A. (2017). Evaluation of extreme learning machine for classification of individual and combined finger movements using electromyography on amputees and non-amputees. *Neural Networks*, 85:51 – 68.
- Atzori, M., Cognolato, M., and Müller, H. (2016). Deep learning with convolutional neural networks applied to electromyography data: A resource for the classification of movements for prosthetic hands. *Frontiers in neurorobotics*, 10:9.
- Bastos-Filho, T., Tello, R. M., Arjunan, S., Shimada, H., and Kumar, D. (2013). Real-time control of finger and wrist movements in a virtual hand using traditional features of semg and bayesian classifier. In *Biosignals and Biorobotics Conference (BRC), 2013 ISSNIP*, pages 1–5. IEEE.
- Biau, G. and Scornet, E. (2015). A Random Forest Guided Tour. *ArXiv e-prints*.
- Boldt, F. A. (2017). *Classifier Ensemble Feature Selection for Automatic Fault Diagnosis*. PhD thesis, Federal University of Espírito Santo.
- Chan, A. D. C. and Green, G. C. (2007). Myoelectric control development toolbox. In *30th Conference of the Canadian Medical Biological Engineering Society*.
- Chen, C.-L., Chen, T.-R., Chiu, S.-H., and Urban, P. L. (2017). Dual robotic arm “production line” mass spectrometry assay guided by multiple arduino-type microcontrollers. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 239:608–616.
- Geethanjali, P. (2016). Myoelectric control of prosthetic hands: state-of-the-art review. *Medical Devices (Auckland, NZ)*, 9:247.
- Goge, A. R. and Chan, A. (2004). Investigating classification parameters for continuous myoelectrically controlled prostheses. *CMBES Proceedings*, 28(1).
- Ison, M. and Artemiadis, P. (2014). The role of muscle synergies in myoelectric control: trends and challenges for simultaneous multifunction control. *Journal of neural engineering*, 11(5):051001.
- Jiang, Z., Wang, L., and Jin, J. (2018). A novel robotic arm driven by sandwich piezoelectric transducers. *Ultrasonics*, 84:373–381.

- Khezri, M. and Jahed, M. (2011). A neuro–fuzzy inference system for semg-based identification of hand motion commands. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(5):1952–1960.
- Liu, J., Zhang, D., Sheng, X., and Zhu, X. (2014). Quantification and solutions of arm movements effect on semg pattern recognition. *Biomedical Signal Processing and Control*, 13:189–197.
- Meattini, R., Benatti, S., Scarcia, U., De Gregorio, D., Benini, L., and Melchiorri, C. (2018). An semg-based human-robot interface for robotic hands using machine learning and synergies. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*.
- Najarian, K. and Splinter, R. (2012). *Biomedical Signal and Image Processing*. CRC Press, second edition.
- Osman, O. A., Tatar, Ç., Altun, Z. G., and Mishchenko, Y. (2017). Design of an accessible, powered myoelectrically controlled hand prosthesis. *TEM Journal*, 6(3):479.
- Quitadamo, L., Cavrini, F., Sbernini, L., Riillo, F., Bianchi, L., Seri, S., and Saggio, G. (2017). Support vector machines to detect physiological patterns for eeg and emg-based human–computer interaction: a review. *Journal of neural engineering*, 14(1):011001.
- Shi, J., Cai, Y., Zhu, J., Zhong, J., and Wang, F. (2013). Semg-based hand motion recognition using cumulative residual entropy and extreme learning machine. *Medical & biological engineering & computing*, 51(4):417–427.
- Tapson, J. and van Schaik, A. (2013). Learning the pseudoinverse solution to network weights. *Neural Networks*, 45:94–100.
- Tavakoli, M., Benussi, C., Lopes, P. A., Osorio, L. B., and de Almeida, A. T. (2018). Robust hand gesture recognition with a double channel surface emg wearable armband and svm classifier. *Biomedical Signal Processing and Control*, 46:121 – 130.
- Tello, R. J. M. G. (2013). Extraction of characteristics and classification of semg signals applied to a virtual hand prosthesis. Master’s thesis, Federal University of Espírito Santo.
- Tello, R. M., Bastos-Filho, T., Costa, R. M., Frizera-Neto, A., Arjunan, S., and Kumar, D. (2013). Towards semg classification based on bayesian and k-nn to control a prosthetic hand. In *Biosignals and Biorobotics Conference (BRC), 2013 ISSNIP*, pages 1–6. IEEE.
- Wang, N., Lao, K., and Zhang, X. (2017). Design and myoelectric control of an anthropomorphic prosthetic hand. *Journal of Bionic Engineering*, 14(1):47–59.
- Wu, Q., Shao, J., Wu, X., Zhou, Y., Liu, F., and Xiao, F. (2017). Upper limb motion recognition based on lle-elm method of semg. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 31(06):1750018.
- Zhou, Y., Wang, Y., Liu, R., Xiao, L., Zhang, Q., and Huang, Y. (2017). Multichannel noninvasive human–machine interface via stretchable μm thick semg patches for robot manipulation. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 28(1):014005.

Ferramenta para Identificação e Classificação de Afídeos Utilizando Momentos Invariantes de Hu e Redes Neurais Artificiais

Bruno M. Belloni¹, Vinicius R. Schneider¹, Carlos A. Silva¹, Alexandre T. Lazzaretti¹, Maikon Cismoski¹, Telmo De Cesaro Junior¹, Jorge Bavaresco¹, João Brezolin¹, Douglas Lau², José Maurício Fernandes²

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL) – Passo Fundo – RS – Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) - Passo Fundo - RS - Brasil

bruno.belloni@hotmail.com, vinirafaelsch@gmail.com, {carlos.santos, alexandre.lazzaretti, maikon.santos, telmo.junior, jorge.bavaresco, joao.brezolin}@passofundo.ifsul.edu.br, {douglas.lau, mauricio.fernandes}@embrapa.br

Abstract. *Insects are responsible for generating significant losses in productivity in agricultural cultures, they feed on the sap of the plants causing damage. In this context, computational tools can help the population control of these insects. The aim of this article is to present the results of a computational tool to automate the task of features extraction and recognition of insect images of the nymph, apterous and alar type to assist the human expert, making this process faster and more precise. In the experiments, a tool with an accuracy ranging from 80% to 92%, depending on the type of insect and processing time of 13.09 seconds, was obtained with a set of 6 images of the insects mentioned above.*

Resumo. *Insetos são responsáveis por gerar perdas na produtividade de culturas agrícolas, pois se alimentam da seiva das plantas ocasionando danos. Nesse contexto, ferramentas computacionais podem auxiliar no controle populacional desses insetos. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma ferramenta computacional para automatizar a tarefa de extração de características e reconhecimento de imagens de insetos do tipo ninfa, áptero e alado de forma a auxiliar o especialista humano, tornando este processo mais rápido e preciso. Nos experimentos iniciais a ferramenta apresentou uma acurácia que varia entre 80% e 92% dependendo do tipo de inseto e tempo de processamento de 13,09 segundos com um conjunto de 6 imagens dos insetos supracitados.*

1. Introdução

Os insetos exercem papel fundamental para a manutenção ecológica do planeta: além de serem os responsáveis por grande parte da polinização, contribuem na decomposição de matérias orgânicas, fornecem alimentos para os seres humanos e servem de alimento para outras espécies.

Porém, muitas vezes são responsáveis por gerar aspectos negativos na área da agricultura. Um exemplo, é quando se instalam em lavouras e se alimentam do trigo, milho ou outros grãos e cereais que são cultivados, causando perdas significativas de produção nessa área. A Organização Mundial para Alimentação e Agricultura (FAO) estima que as pragas sejam responsáveis por 42,1% das perdas na produção, sendo que 15,6% deste total é causado por insetos e ácaros [Fabretti & Menten, 2013].

A partir da necessidade do controle dessas pragas pesquisas são realizadas com o objetivo de minimizar o impacto ambiental dos insetos existentes nas lavouras. A captura desses insetos para fins de análise é realizada por meio de armadilhas. Após a coleta ser realizada, um especialista retira os resíduos da amostra coletada para a utilização de um microscópio para realizar a identificação e contagem dos insetos presentes. Essa tarefa demanda grande quantidade de tempo, além de ser suscetível a erros.

O objetivo deste artigo é apresentar uma ferramenta computacional que faça a identificação e contagem de afídeos por meio de imagens estáticas, utilizando os Momentos Invariantes de Hu para extração de características, e Redes Neurais Artificiais (RNA) para classificação e reconhecimento das imagens.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico. A seção 3 contém os materiais e métodos utilizados. Na seção 4 estão os resultados obtidos e, por fim, na seção 5 se encontram as considerações finais.

2. Referencial teórico

2.1 Afídeos

Segundo Stern (2008), os afídeos são insetos pequenos que possuem um corpo mole, se alimentam por meio da inserção de parte do seu intestino delgado na área responsável por conduzir o alimento para demais partes da planta, com o objetivo de usufruir dos nutrientes dispostos pela seiva da planta. Também conhecidos como pulgões, os afídeos são classificados em três categorias durante sua vida: a fase inicial do afídeo intitula-se ninfa; ao entrar na fase adulta, podem variar entre duas classes, desta forma, são classificados como ápteros (adulto sem asas) ou alado (adulto com asas).

Afídeos causam diferentes tipos de danos às plantas, esses danos são classificados em três categorias: direto, indireto e através da transmissão de vírus. O dano direto é o momento em que o afídeo se alimenta da seiva da planta, o que causa o enfraquecimento da mesma. O dano indireto ocorre no evento em que o pulgão se instala em uma planta, eliminando uma substância conhecida como *honeydew*, que é rica em açúcares, geralmente por conta disso desenvolvem-se nesse local fungos que comprometem a respiração das plantas. Por fim, podem transmitir doenças como o Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada (VNAC), que adoce a planta, podendo causar o amarelamento de suas folhas e diminuição no tamanho da planta [Gallo, 2002].

2.2 Processamento Digital de Imagens

O processamento digital de imagens é dividido em seis partes: aquisição das imagens, pré-processamento, segmentação, representação e descrição, e reconhecimento e interpretação de objetos [Pedrini, 2008].

A etapa de aquisição é onde a imagem é capturada por meio de um dispositivo ou sensor para ser convertida em uma representação adequada ao processamento digital de imagens. Posteriormente acontece a etapa de pré-processamento que visa melhorar a imagem por meio de técnicas de atenuação de ruído, correção de contraste ou brilho e suavização. A Segmentação realiza a extração de pontos de interesse na imagem, como por exemplo descontinuidade ou similaridade.

Após a etapa de segmentação, acontece a representação e descrição da imagem, que tem por objetivo a escolha de uma estrutura adequada, que possa armazenar e manipular os objetos extraídos para posteriormente, extrair características ou propriedades dos mesmos. Por fim, a etapa de reconhecimento e interpretação, que procura identificar um objeto para atribuir um significado ao mesmo.

2.3 Rede Neural Artificial (RNA)

Redes Neurais Artificiais (RNAs) podem ser utilizadas para realizar funções complexas em vários campos, incluindo reconhecimento, identificação e classificação de padrões, aplicações envolvendo voz, visão e em sistemas de controle [Hagan et al., 1995].

Uma RNA tem como propósito promover o aprendizado de máquina e o reconhecimento de padrões. O aprendizado da rede neural se dá por meio de treinamento. Por exemplo, para realizar a identificação de padrões em imagens, o treinamento ocorre a partir de centenas ou milhares de imagens de exemplo, onde a própria RNA extrai parâmetros e características que são relevantes para a correta classificação dessas imagens.

3. Materiais e métodos

As imagens utilizadas neste trabalho foram cedidas pelo Instituto de pesquisa científica Embrapa Trigo de Passo Fundo. As imagens foram disponibilizadas no formato *Joint Photographic Experts Group*, com resolução de 8000 x 8000 *pixels*. Foi analisado um conjunto de 6 imagens contendo afídeos da espécie *Rhopalosiphum padi*, o piolho-da-cerejeira-brava, com cerca de 400 insetos em cada amostra. Os insetos estavam distribuídos em seus três estágios de vida: Ninfa (Figura 1a), Áptero (Figura 1b) e Alado (Figura 1c).

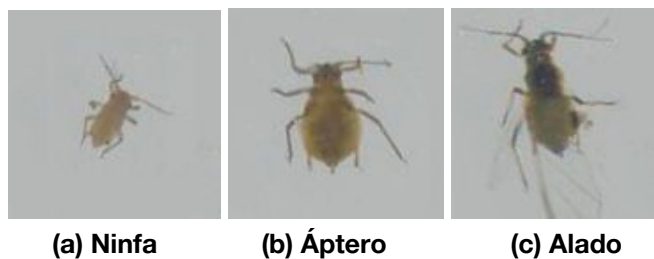


Figura 1: Afídeos

Para implementação da arquitetura proposta, a realização dos experimentos e geração de resultados, foi utilizado um computador com processador Intel Core i5-6500 3.20 GHz, 6 MB L2 cache, com 8 GB de memória DDR3 1600 MHz e sem placa gráfica dedicada.

O método proposto é composto por seis etapas, são elas: Coleta de Imagens; Segmentação; Extração de Atributos (Rotulação); Treinamento da Rede Neural Artificial; Classificação de novas Amostras; e, por fim, a avaliação dos resultados da classificação. A Figura 2 ilustra o fluxograma sumarizado do método proposto.

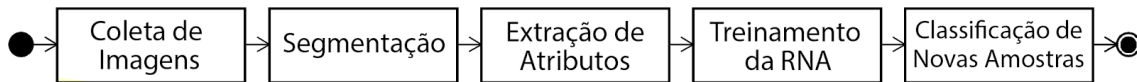


Figura 2. Fluxograma da metodologia proposta.

A. Coleta de imagens

O processo de coleta de imagens foi realizado pela Embrapa Trigo de Passo Fundo e cedida para este trabalho para estudo e análise de caso. Ele é efetuado por pesquisadores de campo, onde são coletados todos os insetos que caem nas armadilhas, tais como: moscas, vespas, afídeos, etc. Por meio deste processo foram disponibilizadas 6 imagens contendo aproximadamente 400 insetos em cada. Desta forma, utilizou-se aproximadamente 2400 amostras de afídeos neste trabalho, em torno de 1400 ninfas, 800 ápteros e 200 alados.

Na sequência, são selecionados os afídeos que estão em diferentes estágios de vida. São introduzidos em tubos de ensaio com álcool líquido para posteriormente expô-los em lâminas. Após esse processo estão prontos para visualização, contagem e classificação em laboratório por meio de microscópios ou escaneamento digital.

Para aplicação deste trabalho foi desenvolvida uma plataforma *web* utilizando o *framework* Django [Django, 2018]. Esta ferramenta possui funções de cadastro de imagens, insetos, traps e variáveis. As variáveis são os atributos extraídos de cada inseto, os momentos invariantes. Ainda possui identificação automática de afídeos (Segmentação) e classificação manual (Rotulação), com objetivo de salvar as características a serem extraídas de cada inseto.

B. Segmentação

Os procedimentos realizados nessa etapa foram efetuados por meio da biblioteca multiplataforma para desenvolvimento de aplicativos na área de Visão (OpenCV, 2018). A imagem é carregada no OpenCV no padrão RGB (Red, Green, Blue). Alguns métodos de processamento de imagens são diretamente aplicáveis a imagens coloridas, outros métodos requerem reformulação para serem compatíveis com as propriedades dos espaços de cores necessários [Gonzalez & Woods, 2009].

O princípio da segmentação mais simples consiste em separar as regiões por meio da escolha de um ponto de corte (T), de uma imagem em fundo e objeto (inseto), ou seja, as outras regiões são classificadas como não interessantes [Neta, 2008]. O método utilizado para segmentação de imagens aplicado neste trabalho foi de limiarização, conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3: Limiarização de um Áptero

Em virtude de suas propriedades intuitivas, a simplicidade de implementação e a velocidade computacional, a limiarização de imagens tem uma posição central nas aplicações de segmentação de imagem [Gonzalez & Woods, 2009].

A limiarização é um processo de segmentação de imagens que se baseia na diferença dos níveis de cinza que compõem diferentes objetos de uma imagem. A partir de um limiar estabelecido de acordo com as características dos objetos que se quer isolar, a imagem pode ser segmentada em dois grupos: o grupo de pixels com níveis de cinza abaixo do limiar e o grupo de pixels com níveis de cinza acima do limiar.

Deve-se utilizar a imagem em tons de cinza para fazer a limiarização. Níveis de preto e branco de cada pixel são escolhidos dependendo do valor da intensidade luminosa do pixel e um valor limite entre os dois níveis [Solomon & Breckon, 2013]. Onde 1, fundo, se o nível de luminosidade do pixel for maior que o ponto de corte (T) ou 0, inseto, se o nível de luminosidade for menor que o ponto de corte (T). Existe a possibilidade de representação dos tons de cinza por meio de histogramas (Figura 4).

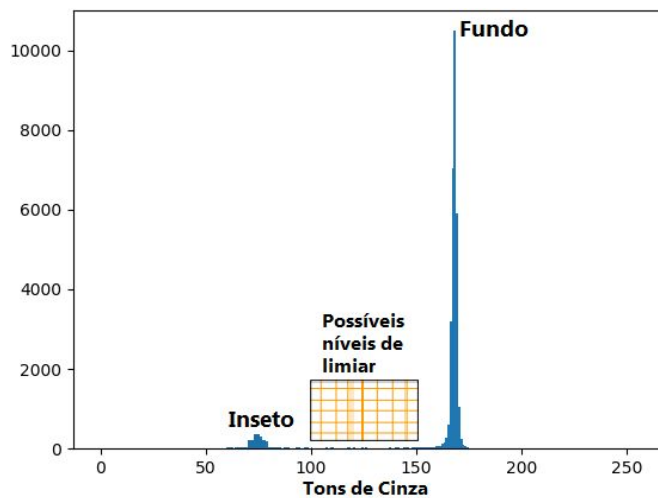


Figura 4: Histograma tons de cinza

Por meio do histograma de níveis de cinza (Figura 4) é possível encontrar o ponto de corte (T). Constata-se que o ponto em que mais se repetiu os níveis de intensidade é certamente o objeto predominante na imagem, ou seja, o fundo. Então, possivelmente, o ponto menos predominante no histograma é o inseto. O ponto médio entre inseto e fundo é chamado de limiar.

C. *Extração de Atributos*

Esta etapa equivale à classificação manual realizada em laboratório por meio de microscópios. A rotulação é importante para inserção das características necessárias para treinamento da RNA, uma vez que essas informações serão utilizadas para o reconhecimento de padrões dos insetos na etapa seguinte.

Para a extração das características das imagens utilizadas nos experimentos foi utilizado Hu Moments, originados dos momentos centrados, que por serem medidos em relação ao centróide da forma, são necessariamente invariantes sob translação, escala e rotação. Consistem em um conjunto de sete atributos que são apresentados como descritores de formas para objetos em imagens [Solomon & Breckon, 2013].

Por meio da plataforma é possível salvar os momentos invariantes e um recorte do inseto no banco de dados, com a segmentação realizada na Etapa B, possibilitando ao usuário rotular o inseto exibido. Foi definido o valor “0” para Ninfas, “1” para Ápteros e “2” para Alados.

Em seguida, é possível gerar um arquivo no formato CSV (*Comma-Separated Values*), que será utilizado pelo TensorFlow (TF) (TensorFlow, 2018). Este arquivo é utilizado para o treinamento do modelo. Com a conclusão dessa etapa todos os dados gerados são registrados no banco de dados *AgroDB* [Lazzaretti, 2013].

D. *Treinamento da Rede Neural Artificial (RNA)*

O TF utiliza o modelo treinado na etapa anterior para reconhecimento dos padrões das imagens. Este modelo é carregado para o algoritmo que realiza novos testes. A rede neural utilizada é do tipo Deep Neural Network (DNN), constituída de 2 camadas, caso a imagem esteja no padrão RGB a mesma é limiarizada. Cada convolução realiza a aplicação da função de ativação não linear ReLu. As últimas camadas são compostas por neurônios totalmente conectados. Para o treinamento da DNN foi utilizada a função Softmax e o algoritmo backpropagation.

Na pesquisa proposta o conjunto de imagens foi separado, aleatoriamente, em duas partes, uma etapa para o treinamento e outra para a etapa de teste. O resultado final é a medição dos resultados obtidos no estágio de teste. A porcentagem usada para o treinamento foi de 70% e 30% das imagens para efetuar os testes.

Por fim, é gerada uma Matriz de Confusão (MC) que apresenta os resultados dos testes realizados pelo classificador. Nessa matriz as linhas representam os casos reais e as colunas as previsões efetuadas pelo modelo (SILVA, 2018). Por meio da MC é possível obter a informação referente ao número de amostras corretamente classificadas e incorretamente classificadas devidamente separados por classes. Esta matriz é do tipo 3x3, pois o número de classes ao qual se aplica o classificador é de 3 classes.

Ao analisar a MC é possível observar informações necessárias para avaliação do desempenho do classificador, tais como: Verdadeiro Positivo (VP), a situação em que o classificador reconhece uma ninfa como uma ninfa; Verdadeiro Negativo (VN), situação em que o classificador reconhece uma ninfa como não sendo um alado ou áptero; Falso Negativo (FN), a situação em que o classificador deveria prever uma

ninfa, porém previu um alado ou áptero; Falso Positivo (FP), quando o classificador não deveria prever uma ninfa como um alado, porém, previu.

E. Classificação de novas Amostras

Após o classificador devidamente treinado é possível prever em qual fase da vida que está o inseto *Rhopalosiphum padi*, bastando apenas enviar à rede neural a nova imagem com seus momentos invariantes.

Dessa forma, a ferramenta realiza o reconhecimento de novas imagens e classificando-as de acordo com a categoria do inseto, retornando a porcentagem do teste de acordo com o padrão encontrado após o treinamento do modelo efetuado na etapa de rotulação.

4. Resultados e Discussões

Diante dos resultados obtidos foi possível avaliar a eficácia e eficiência da ferramenta proposta. A avaliação dos resultados dos experimentos foi realizada com base na MC proveniente da classificação obtida no estágio de teste. Além disso, o tempo total de processamento da ferramenta também foi verificado. Para a matriz de confusão foi utilizado aproximadamente 10% do total de amostras coletadas.

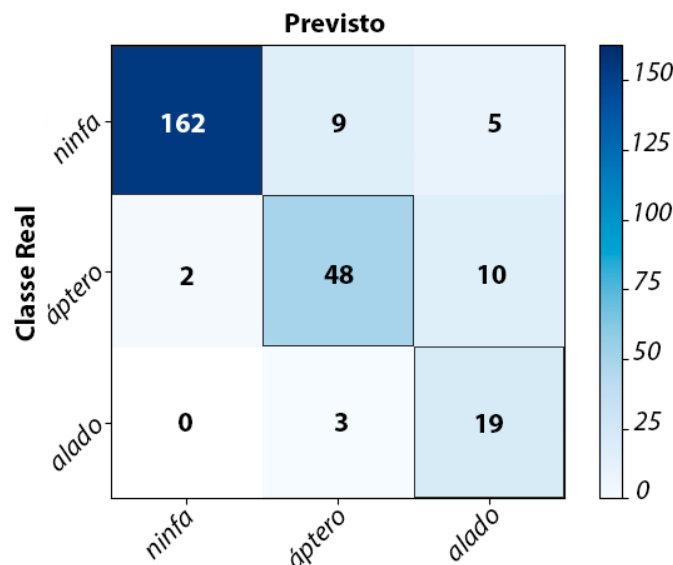


Figura 5: Matriz de Confusão obtida dos experimentos realizados

A Figura 5 ilustra a MC com intuito de apresentar o desempenho do classificador proposto. Por meio das informações geradas na MC é possível mensurar a qualidade do modelo através das métricas de Precisão, Revocação e F1-score. A Equação 1, apresenta a Precisão; a Equação 2, a Revocação; e a Equação 3, a medida F1-score.

$$Precisão = \frac{VP}{VP + FP} \quad (1)$$

$$Revocação = \frac{VP}{VP + FN} \quad (2)$$

$$F1 = 2 \times \frac{\text{precisão} \times \text{revocação}}{\text{precisão} + \text{revocação}} \quad (3)$$

Foi obtido uma acurácia de 92% na classificação de ninfas, 80% na classificação de ápteros e 86% na classificação de alados. A acurácia elevada na classificação de ninfas, em comparação às outras classes avaliadas, deve-se ao fato do número de amostras de ninfas ser maior em comparação às demais.

A Revocação obtida na classificação de ninfas foi de aproximadamente 98%, 80% na classificação de Ápteros e 55% na classificação de Alados. Esta medida expressa o nível baixo de erros na classificação de afídeos, moderado na classificação ápteros e regular na classificação de alados.

O resultado da medida F1-score da categoria das ninfas foi de 95%, aproximadamente; os ápteros, 80%; e os alados, 68%, aproximadamente. A Figura 6 apresenta o gráfico com os resultados obtidos das métricas de Acurácia, Revocação, F1-score. As barras em azul representam as Ninfas, as barras vermelhas representam os Ápteros e as barras amarelas representam os Alados.

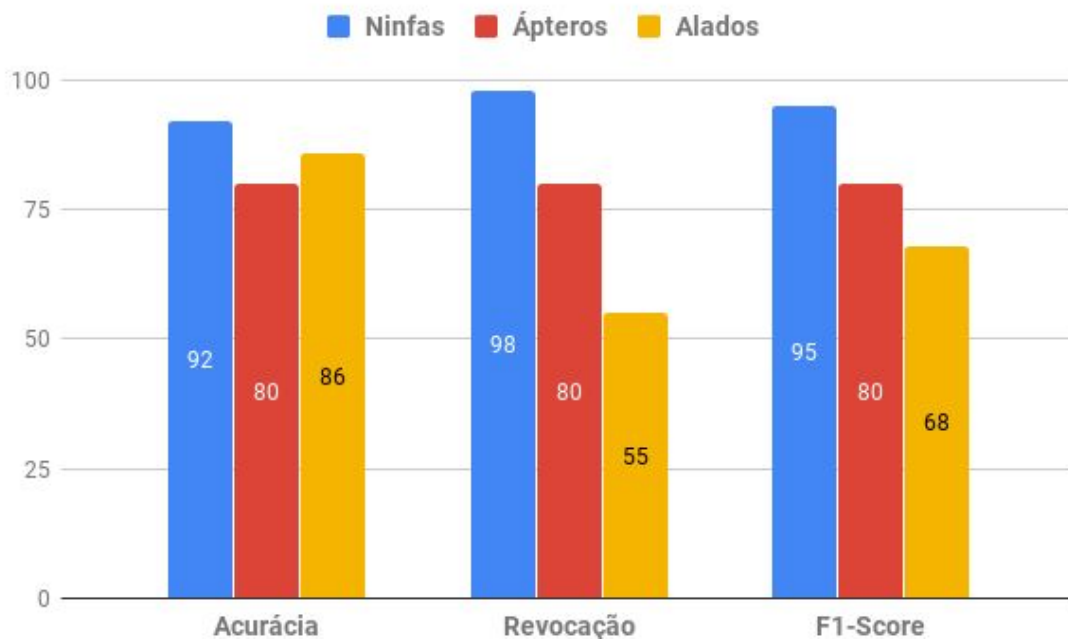


Figura 6: Gráfico comparativo com os resultados obtidos de Acurácia, Revocação e F1-score.

Mediante a análise do gráfico apresentado na Figura 6, é possível verificar que as ninfas obtiveram níveis elevados de acerto nas três métricas aferidas. A razão das demais categorias terem obtido resultados inferiores está no fato do desbalanceamento das classes, ou seja, do menor número de amostras utilizadas para treinamento.

Além disso, na fase adulta do *Rhopalosiphum padi*, Ápteros e Alados são diferenciados pela ausência ou presença de asas, o que aumenta a complexidade da extração de características adequadas para diferenciação do inseto após o processo de limiarização.

Os resultados obtidos pela ferramenta desenvolvida após os experimentos iniciais com três fases de vida do *Rhopalosiphum padi* apresentaram uma acurácia que varia entre 80% e 92% dependendo do tipo de inseto, a taxa de erro de ficou entre 8% e 20% e o tempo de processamento de 13,09 segundos.

5. Considerações finais

A ferramenta proposta demonstrou a capacidade de realizar o reconhecimento automático de imagens de ápteros, alados e ninfas, processo tradicionalmente realizado por profissionais especialistas da área da taxonomia que realizam esse trabalho manualmente, despendendo muito tempo e aumentando substancialmente as chances de erros durante a etapa de classificação desses insetos.

A solução apresentada utiliza a biblioteca OpenCV para reconhecimento e segmentação das imagens e extração dos momentos invariantes de Hu, por meio da detecção de bordas e contornos. Na sequência, é possível carregar novas imagens, segmentá-las para identificação dos insetos, e posteriormente realizar o teste de novas amostras enviando ao TF as informações do inseto para realização da classificação. Nos experimentos iniciais a ferramenta apresentou uma acurácia que varia entre 80% e 92% dependendo do tipo de inseto e tempo de processamento de 13,09 segundos na fase de treinamento e de teste.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de Redes Neurais Convolucionais (CNN, Convolutional Neural Networks), para a tarefa de extração de características e classificação de imagens bidimensionais, uma vez que em trabalhos recentes esse método, aplicado em Redes Profundas (*Deep Learning*), apresenta resultados promissores no que se refere ao reconhecimento de imagens [Silva, 2018].

Referências

- Django. (2018) “The Django framework”, In: djangoproject.com.
- Fabretti, P. K; Menten. J. O. (2013) “Seres indesejáveis”, In: *New Trends in Revista Cultivar*, n. 167, p. 03-10.
- Gallo, D. (2002) “Entomologia Agrícola”, FEALQ, 2002.
- Gonzalez, R. C; Woods, R. E. (2009) “Processamento de imagens digitais 3ª edição”.
- Hagan, M. T. et al. (1995) “Neural Network Design. 2. ed. PWS PUB.”.
- Pedrini, H; Schwartz, W. R. (2008) “Análise de Imagens Digitais”, Thomson Pioneira, 2008.
- OpenCV. (2018) “Open source computer vision and machine learning software library”, In: opencv.org.
- Silva, Carlos; Welfer, Daniel; Dornelles, Claudia. (2018) “Pattern Recognition in Cattle Brand using Bag of Visual Words and Support Vector Machines Multi-Class”, In: *Iberoamerican Journal of Artificial Intelligence*, n. 61, p. 01-13.
- Silva, Carlos; Welfer, Daniel; Gioda, Francisco Paulo; Dornelles, Claudia. (2017) “Clattle Brand Recognition using Convolutional Neural Network and Support Vector Machines”, In: *Revista IEEE América Latina*, v.15, p. 310-316.

- Solomon, C; Breackon, T. (2013) “Fundamentos de Processamento Digital de Imagens Uma Abordagem Prática com Exemplos em Matlab”.
- Stern, David L. (2008) “Aphids”, Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, New Jersey 08540, USA.
- Neta, S. R. A; Dutra, L. V; Erthal, G. J. (2008) “Limiarização Automática em Histogramas Multimodais”, in Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Lazzaretti, Alexandre T. (2013) “Simulação de Culturas Para Estimar o Impacto de Mudanças do Clima no Rendimento de Grãos e na Severidade da Giberela em Trigo”, In Doutorado em Fitopatologia, Universidade de Passo Fundo.
- TensorFlow. (2018) “An open source machine learning library for research and production”, In: www.tensorflow.org.

Integração de CLPs industriais com aplicações desenvolvidas na linguagem Java por meio do protocolo MODBUS.

Robson Anversa, José A. de Figueiredo, Vanessa L. Machado

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense – IFSUL
Câmpus Passo Fundo – RS – Brazil

anversa.robson@gmail.com, jose.figueiredo, vanessa.machado@passofundo.ifsul.edu.br

***Abstract.** This work present a study about integration process of industrial PLCs with Java applications, using MODBUS protocol over EasyModbus library. The main contribution is development of a study case applied into industrial environment, with sucessful communication.*

***Resumo.** O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um estudo sobre a integração de CLP's industriais com aplicações desenvolvidas em linguagem Java, por meio do protocolo MODBUS e com a biblioteca EasyModbus. O trabalho tem como principal contribuição desenvolvimento de um estudo de caso prático, aplicado a um ambiente industrial onde a comunicação é feita com sucesso.*

Introdução

Integrar um Controlador Lógico Programável (CLP) utilizado na indústria com uma aplicação desenvolvida em Java, nos abre muitas possibilidades de trabalho e inovação, dentre elas a obtenção de dados destas máquinas e equipamentos industriais. Dados estes que podem ser armazenados em bancos de dados, e posteriormente processados com o objetivo de extração de informações úteis. Além disso, esta integração pode também nos oportunizar o controle remoto destes equipamentos.

O objetivo deste trabalho é a integração do CLP Industrial com aplicações desenvolvidas em Java. Esta integração pode ser feita por diversos meios, entre eles a comunicação serial e *socket*, entre outros. Neste trabalho, esta integração é feita por meio do protocolo *Modbus*, que roda sobre TCP/IP e que utiliza um mapa de endereços onde os equipamentos manipulam e compartilham as informações armazenadas nesses endereços.

Como estudo de caso, foi desenvolvido um sistema para quantificar as perdas em um frigorífico de aves. Quantificar estas perdas poderá expor em qual ponto da linha de produção está ocorrendo perdas. Ao conhecer estes pontos, a empresa poderá adotar medidas corretivas a fim de minimizá-las.

O restante do trabalho se divide conforme segue: na seção 1, é descrito o desenvolvimento do trabalho, começando pela apresentação dos sensores, CLP com suas características e linguagens de programação, protocolo *Modbus TCP/IP* e a biblioteca de integração *EasyModbus*; Na seção 2, é detalhado o estudo de caso, implementado por módulos com as tecnologias estudadas. Na seção 3 são apresentados os resultados obtidos e por fim, na seção 4 as considerações finais.

1. Desenvolvimento

Nesta seção são apresentadas o protocolo ModBus, a biblioteca EasyModbus, fundamentos sobre CLP e sensores.

1.1. CLP

Conforme [Groover 2011], um Controlador Lógico Programável (CLP) pode ser definido como um equipamento baseado em microcomputador, com memória programável para implementar as instruções do programa. Segundo [Azevedo et al. 2016] CLP surgiu em função das necessidades da indústria automobilística, que na década de 60 utilizava painéis eletromecânicos para controle lógico; tecnologia está que dificultava alterações e ajustes de sua lógica de funcionamento. Desta forma, em 1968, a General Motors¹ desenvolveu o primeiro CLP, um equipamento com grande versatilidade de programação e fácil utilização, o qual vem sendo aperfeiçoado constantemente.

Segundo [Groover 2011], os recursos dos primeiros CLPs eram semelhantes aos dos controles por relés que substituíram, pois eram limitados a controles do tipo ligado/desligado. Nos anos seguintes as melhorias na tecnologia incluíram melhores interfaces de programação, capacidade aritméticas, manipulação de dados e comunicação com computadores. Ainda conforme [Georgini 2000], nos anos 80, os aperfeiçoamentos desenvolvidos fizeram do CLP um dos equipamentos mais atraentes na Automação Industrial. A possibilidade de comunicação em rede (criada em 1981) é hoje uma característica indispensável na indústria.

Para [Groover 2011] são cinco os componentes básicos do CLP: processador, unidade de memória, fonte de energia, módulos de E/S e dispositivo de programação. O processador é a unidade central de processamento (UCP) do CLP, ele executa várias funções lógicas e de sequenciamento por meio da manipulação das entradas do CLP. A UCP consiste de um ou mais microprocessadores semelhantes aos utilizados em PCs e em outros equipamentos de processamentos de dados. A diferença é que possuem sistema operacional em tempo real e são programados de modo a facilitar as transações de E/S e executar a função lógica de ladder. Além disso, são robustos para que a UCP e outros componentes eletrônicos possam operar no ambiente eletricamente ruidoso de uma fábrica.

Os CLPs, [Franchi and Camargo 2008] são programados por meio de dispositivos de programação. Diferentes fabricantes de CLP oferecem diferentes dispositivos, variando de painéis de controle simples a teclados e telas especiais de programação de CLPs. É através da linguagem de programação que o usuário informa as instruções de controle ao CLP. Existe uma norma internacional definida pela IEC (*International Electromechanical Commission*), a IEC 61131-3, que aborda as linguagens de programação para CLP, define também a estrutura de um projeto, os tipos de dados e a organização interna de um Programa.

A norma da IEC define cinco linguagens de programação para CLP, que são: ladder, lista de instruções, texto estruturado, diagrama de blocos de funções e diagrama funcional sequencial, comentadas a seguir:

- *Ladder*: Conforme [Georgini 2000], a primeira linguagem de programação criada na programação de CLPs foi a Linguagem de Ladder, que baseia-se em

¹<https://www.gm.com/>

símbolos semelhantes aos encontrados em esquemas elétricos. O nome Ladder [Silveira 2017] deve-se à representação da linguagem parecer com uma escada (ladder), onde a programação é feita pela inserção de componentes apropriados nos degraus do diagrama.

- *Lista de instruções*: É uma linguagem de baixo nível parecida com *Assembly*², onde é permitida apenas uma operação por linha.
- *Texto estruturado*: É uma linguagem de alto nível, estruturada em blocos semelhante ao Pascal. Para [Groover 2011], a principal vantagem desta linguagem em relação anteriores, é a capacidade de executar processos sobre dados que não sejam binários, conferindo a linguagem maior facilidade de operação.
- *Diagrama de blocos*: É uma linguagem gráfica onde os elementos do programa (blocos), serem conectados entre si de forma semelhante a um circuito elétrico. Para [Georgini 2000] essa linguagem é apropriada para aplicações que envolvam fluxo de informações, ou dados entre os componentes de controle. Destaca-se que esta forma de programação é bastante simples e tem uma curva de aprendizado muito rápida;
- *Diagrama Funcional Sequencial*: De acordo com [Georgini 2000], o *Sequential Function Chart*(SFC), é uma linguagem gráfica utilizada para estruturar a organização interna de um programa, além de auxiliar a decomposição do problema de controle em partes menores. Cada elemento do SFC pode ser programado em qualquer uma das linguagens definidas pela própria norma da IEC.

1.2. Modbus TCP/IP

Modbus é um protocolo de comunicação, que permite troca de mensagens entre dispositivos. É baseado na arquitetura de comunicação mestre-escravo, onde o mestre é responsável por coordenar diversos escravos. O *Modbus* é utilizado no nível da camada de aplicação [Keller 2017] e foi inicialmente desenvolvido para ser utilizado na comunicação de CLPs. Foi criado pela Modicon Industrial Automation Systems (Atual Schneider Electric³) nos anos 70, sendo posteriormente modificado para licença livre. Atualmente, o protocolo é mantido pela Modbus-IDA, que é formado por um grupo de usuários e fornecedores independentes.

O TCP/IP é uma suíte de protocolos para comunicação de dados na Internet. Este conjunto de protocolos,[Rockwell Automation 2015a] e [Rockwell Automation 2015b] proporciona um mecanismo confiável de transporte de dados entre máquinas. O uso de Ethernet TCP/IP em fábricas permite uma verdadeira integração com a Intranet corporativa. Uma especificação aberta do Modbus TCP/IP foi desenvolvida em 1999, sua especificação e o guia de implementação estão disponíveis para download no site da mantenedora do *Modbus*⁴.

Devido a combinação do padrão de rede Ethernet, como a suíte de protocolos TCP/IP, o *Modbus TCP/IP* torna-se um meio robusto, aberto e acessível para troca de dados de processo industriais. É simples de implementar para qualquer dispositivo que suporte sockets TCP/IP [MODBUS 2018].

²Linguagem de montagem.

³<https://www.schneider-electric.us/en/>

⁴<http://modbus.org/specs.php>

No padrão *Modbus TCP/IP*, apenas o mestre pode fazer requisições. O mestre, geralmente, é um sistema supervisório enquanto os escravos são os CLPs. Nesta arquitetura, um dispositivo pode assumir ambos os papéis de forma não simultânea. O modelo de dados *Modbus TCP/IP* é baseado em um conjunto de tabelas, sendo que cada uma delas tem as suas características próprias. Estas tabelas formam um mapa de memória que podem ser lidos e/ou gravados. A Tabela 1 representa as quatro principais tabelas do mapeamento *Modbus TCP/IP*.

Tabelas	Tamanho	Permissão	Faixa Modbus (endereços)
Discrete Inputs	1 bit	Somente Leitura	10001-19999
Coils	1 bit	Leitura/Escrita	1-1999
Inputs Registers	16 bits	Somente Leitura	30001-39999
Holding Registers	16 bits	Leitura/Escrita	40001-49999

Tabela 1. Mapeamento Modbus

1.3. API Java EasyModbus

A plataforma Java dispõe de diversas bibliotecas, que já estão bem desenvolvidas e testadas. Estas bibliotecas têm por função facilitar a utilização de algum recurso ou tecnologia, funcionando como uma interface para o programador - API.

A biblioteca *EasyModbus* [Rossmann engineering 2017], utilizada neste trabalho, abstrai a complexidade do protocolo *Modbus TCP/IP*, facilitando seu uso para o desenvolvedor, de forma que seja possível conectar-se ao CLP, apenas informando o endereço IP e a porta TCP deste.

Conforme [Rossmann engineering 2017] e [Freitas 2014] a API *EasyModbus* disponibiliza as classes *EasyModBusJavaServer* e *EasyModBusJavaClient*, com diversos métodos que permitem a realização da leitura ou escrita de vários endereços do mapa Modbus configurado no CLP, desde que pertençam a mesma tabela. Esta biblioteca é disponibilizada também em versões para Python e C# e é mantida pela Rossmann Engineering Systems⁵, uma companhia Indiana que produz software de código aberto para tecnologia de automação.

A classe *EasyModBusJavaClient* utilizada neste trabalho, disponibiliza 32 métodos para comunicação com um CLP. Alguns dos métodos utilizados são apresentados a seguir:

- **void Connect(string ipAddress, int port):** método responsável pela conexão do software com o CLP;
- **int[] ReadHoldingRegisters(int startingAddress, int quantity):** método responsável pela leitura dos dados armazenados nos registradores do CLP;
- **static float ConvertRegistersToFloat(int[] registers):** método que faz a conversão dos bytes lidos para valores em ponto flutuante;
- **void WriteMultipleRegisters(int startingAddress, int[] values):** método responsável pela escrita de valores nos registradores do CLP;
- **void Disconnect():** método que encerra a comunicação estabelecida.

⁵<http://rossmann-engineering.easymodbustcp.net/de/>

2. Estudo de caso: quantificação de perdas em frigorífico

Para o desenvolvimento desta integração entre CLP e aplicações Java com banco de dados, optou-se pelo desenvolvimento de um estudo de caso que tem como objetivo quantificar as perdas em uma linha de abate de frangos em um frigorífico da região.

Frigoríficos são ambientes hostis com muita umidade, por utilizarem água em seus processos automatizados e constantemente passar por processos de limpeza. Além disso existe bastante interferência eletromagnética gerada pela grande quantidade de motores indutivos, o que torna necessário que os equipamentos sejam robustos e suportem estas adversidades, diante deste cenário faz-se necessário o uso de CLP's.

O abate de aves é automatizado, as mesmas são penduradas pelas pernas em uma linha de abate chamada *noria* [Ebert et al. 2007], passam por uma cuba de choque para desmaiar e não sofrer durante o processo, em seguida são sangradas e depenadas, após passam pelo processo de evisceração e inspeção, acabando no *chiller* que é um tanque cheio água gelada a fim de resfriar as carcaças antes de seguirem o processamento. A evisceradora, máquina que extrai as vísceras possui vinte e quatro módulos e é em formato de carrossel.

O sistema idealizado para quantificação de perdas, funciona da seguinte forma: três pontos de contagens das aves na linha para identificar a quantidade perdida durante o processo de depenagem e a quantidade perdida durante o processo de evisceração. Serão instalados sensores na entrada e saída da evisceradora para identificar a qual módulo a ave será direcionada e se a extração das vísceras foi realizada com sucesso tendo assim a porcentagem de eficiência de cada módulo. A Figura 1 mostra a localização destes sensores na planta de abate.

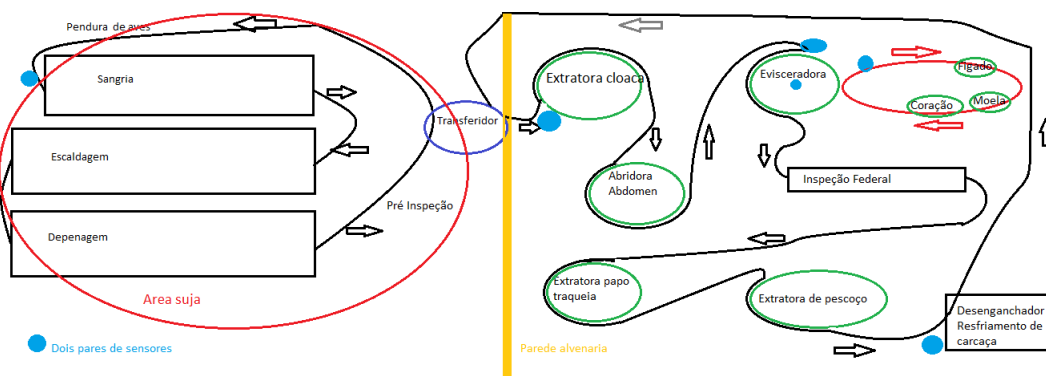


Figura 1. Posicionamento dos sensores em uma planta de abate, para o sistema de quantificação de perdas.

As contagens obtidas serão armazenadas em um banco de dados para controle e consultas futuras. Isto permitirá que a empresa possa comparar os dados entre turnos ou após implantação de medidas para redução de perdas. A contagem da eficiência dos módulos da evisceradora irá auxiliar também na manutenção e na regulagem dos mesmos, sendo que torna-se necessário intervir na regulagem apenas dos que não estiverem extraíndo uma porcentagem satisfatória de vísceras.

2.1. Arquitetura do sistema proposto

O sistema proposto está dividido em módulos funcionais interdependentes, o que facilita a implementação. Esta separação em módulos integrados, conforme demonstrado na Figura 2, facilita o desenvolvimento e a manutenção de cada módulo de forma independente. Os módulos representados na figura serão detalhados a seguir.

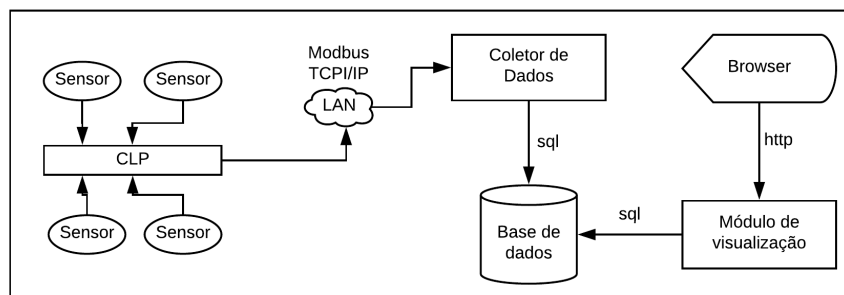


Figura 2. Módulos funcionais interdependentes do sistema de integração do CLP com Aplicação Java.

2.1.1. CLP e Sensores

Os sensores utilizados no projeto são do tipo fotoelétricos emissor-receptor [Rosário 2005], escolhidos por possuírem maior precisão em aplicações que exigem maior frequência de clock. Os sensores detectam a interrupção entre o emissor e receptor, acionando um pulso elétrico em suas saídas que estão diretamente conectadas às entradas do CLP.

Para realizar a contagem de objetos que se encontram em movimento foi necessário desenvolver um suporte para a instalação de dois sensores: um deles detecta um ponto onde a linha está tensionada e a oscilação é a mínima possível; enquanto isto, o outro sensor detecta o frango transportado em um ponto que possui mais oscilação, sendo que o primeiro fica acionado por um curto período de tempo e detecta todos os ganchos até mesmo os vazios, e o segundo detecta as aves porém em movimento, correndo risco de contar várias vezes a mesma ave, por isso os dois tem que estarem acionados ao mesmo tempo para incrementar mais um na contagem.

O CLP utilizado no sistema, da marca Allen-Bradley⁶, possui uma porta Ethernet/IP, pela qual é realizada a programação do mesmo e também a comunicação com a aplicação Java desenvolvida. Para programá-lo optou-se pela linguagem de bloco de funções, uma vez que a curva de aprendizado é menor, facilitando a implementação de contadores. As entradas digitais do CLP estão configuradas como variáveis booleanas, desta forma cada vez que as duas entradas interligadas aos sensores de um mesmo ponto de contagem estiverem em nível lógico alto um bloco de função contador é acionado e incrementa mais um em uma variável de contagem

⁶<https://ab.rockwellautomation.com/>

Estas variáveis estão nos registradores do CLP e apontadas pelo Modbus, desta forma podem ser acessadas para leitura e escrita conforme a tabela descrita na seção 1.2. A Figura 3 demonstra um contador desenvolvido com blocos de funções. Por padrão o que estiver no lado esquerdo dos blocos são entradas e o que estiver no lado direito é saída, por isso que o lado direito da variável está conectado novamente ao bloco de soma.

Da esquerda para a direita estão as entradas digitais sete e oito onde os sensores são ligados, as mesmas estão conectadas a um bloco de funções AND. A saída da função AND é armazenada em uma variável auxiliar, para a seguir ser utilizada em uma função de pulso representada pela letra P. Esta função P, impede que a operação de soma fique incrementando na velocidade do CLOCK indefinidamente, pois a cada CLOCK a função soma executa, como a função P fica em nível lógico alto apenas durante o período de um CLOCK, para sua saída ser TRUE novamente a entrada deve retornar a FALSE e TRUE mais uma vez, desta forma a função de soma continua executando a cada CLOCK, mas soma mais um apenas uma vez a cada ocorrência de TRUE na saída da função AND, durante os outros CLOCK está somando zero. O resultado da função P é convertido para inteiro e é colocado na função soma.

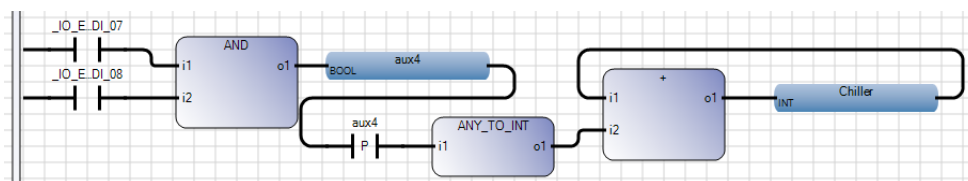


Figura 3. Diagrama de blocos de funções para implementar um contador no CLP.

2.1.2. Módulo coletor de dados

A aplicação foi desenvolvida com o intuito de consultar as informações registradas nos contadores programados no CLP e armazenar em um banco de dados local. Para o armazenamento de dados utilizou-se SGBD PostgreSQL, onde apenas foi criada uma nova base de dados e definido um usuário e uma senha. A utilização da biblioteca *Hibernate* facilita as operações com a base de dados utilizando apenas notações nas classes Java do sistema, onde uma classe torna-se uma tabela e cada atributo da classe uma coluna, desta forma a *Hibernate* armazena os objetos das classes na base de dados e transforma as consultas em objetos para ser utilizados pelo sistema.

Cada tipo de contagem tornou-se uma classe dentro da aplicação, além disso existe uma classe principal que estabelece a conexão, realiza a consulta das variáveis a cada dez minutos e fecha a conexão. Para este controle, utilizou-se uma função de controle, que cria uma nova *thread* a cada intervalo de tempo, executando as coletas de dados e as inserções no banco. A aplicação conta com uma classe responsável pela consulta de informações, na base de dados, sobre o início e fim de cada turno; isto com o objetivo de definir dentro de qual turno cada consulta encontra-se, ou se está no período de intervalo dos mesmos.

A Figura 4 demonstra o diagrama de atividades do módulo de recebimento de dados que limita-se a conectar-se, coletar as informações, armazenar no banco e zerar os contadores.

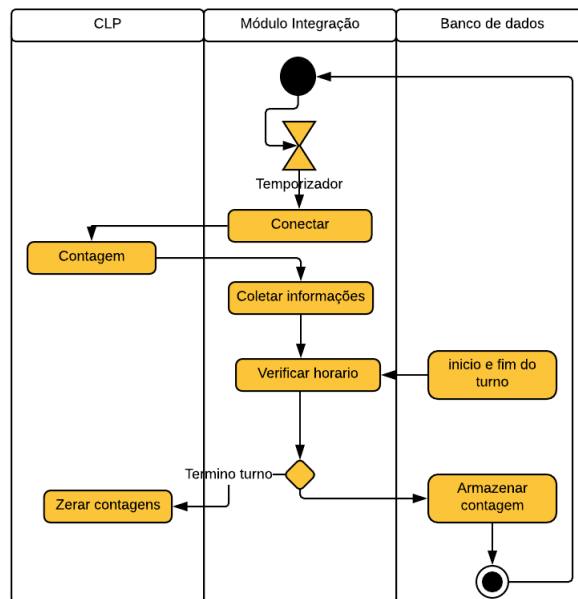


Figura 4. Diagrama de atividades representando o módulo de coleta de dados.

Para conectar-se ao CLP, ler e escrever nas suas variáveis, a aplicação utiliza a biblioteca EasyModbus, que abstrai toda a complexidade do protocolo Modbus. Com esta biblioteca pode-se também acionar as saídas do CLP, podendo acionar lâmpadas para identificar visualmente que está conectado ou mesmo zerar as variáveis.

2.1.3. Módulo de Visualização

Desenvolvida com o Framework Primefaces⁷, que é uma biblioteca de componentes de interface gráfica para as aplicações Web baseadas em JSF e é muito flexível e personalizável, com uma grande opção de componentes para os mais diversos fins, por exemplo as tabelas e os gráficos desenvolvidos neste projeto. Para servidor foi utilizado o Glassfish⁸, que é um servidor de aplicação Open Source. Ele implementa as especificações Java EE, além de suportar Enterprise JavaBeans, JPA, JavaServer Faces, entre outras.

A aplicação de visualização realiza uma conexão ao banco de dados e o usuário pode visualizar no browser as listagens ou gráficos como preferir, que podem ser cada dez minutos, de hora em hora, por dia de produção ou por mês. A Figura 5 demonstra a listagem de coletas feitas por hora.

2.2. Validação do sistema

Para validar o sistema, foi desenvolvido um circuito protótipo com relés temporizadores com a finalidade de popular o banco de dados e verificar se a cada hora o sistema realizava a inserção de dados na tabela correta, do mesmo modo averiguar se no final de cada

⁷<https://www.primefaces.org/>

⁸<http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/downloads/index.html>

ID	Data	Hora	Plataforma	Evisceração	Chiller	Turno	Modulos Evisc.
62	02/06/2018	21:01:59	20750	19556	18889	2	Evisveradora
61	02/06/2018	20:01:59	17105	16121	15567	2	Evisveradora
60	02/06/2018	19:01:59	13465	12691	12258	2	Evisveradora
59	02/06/2018	18:01:59	9818	9254	8934	2	Evisveradora
58	02/06/2018	17:01:53	6156	5802	5605	2	Evisveradora
57	02/06/2018	16:06:01	3489	3288	3179	2	Evisveradora
56	02/06/2018	12:07:50	131093	119366	114398	1	Evisveradora
55	02/06/2018	11:07:49	126285	114961	110161	1	Evisveradora
54	02/06/2018	10:07:49	120950	110121	105511	1	Evisveradora
53	02/06/2018	09:07:49	115629	105295	100875	1	Evisveradora

Figura 5. Tela com listagens das coletas a cada hora apresentado no Módulo de Visualização.

turno armazenava os dados na tabela de contagens diárias, além de zerar as variáveis no controlador lógico programável.

O CLP utilizado no sistema, da marca Allen-Bradley⁹, possui uma porta Ethernet/IP, pela qual é realizada a programação do mesmo e também a comunicação com a aplicação Java desenvolvida.

Para programar o CLP, optou-se pela linguagem *Diagrama de blocos* uma vez que sua curva de aprendizado é menor, facilitando a implementação de contadores. As entradas digitais do CLP estão configuradas como variáveis booleanas, desta forma cada vez que as duas entradas interligadas aos sensores de um mesmo ponto de contagem estiverem em nível lógico alto, um bloco de função contador é acionado e incrementa mais um em uma variável de contagem

3. Resultados obtidos

O principal resultado obtido está na implementação de uma comunicação bidirecional, sobre TCP/IP, entre um CLP industrial e a aplicações desenvolvidas em Java, utilizando o protocolo ModBus com a biblioteca EasyModbus.

O sistema prototipado efetua a comunicação com o um CLP, possibilitando a leitura dos valores armazenados nos registradores do controlador industrial. Estes valores coletados são tratados e armazenados em banco de dados. Além disto, o sistema disponibiliza uma interface para consulta dos dados armazenados, mostrando relatórios com diversos níveis de detalhamento.

4. Considerações finais

O trabalho desenvolvido atingiu o objetivo proposto de integrar a tecnologia industrial, neste trabalho especificamente os CLP's, com as tecnologias de desenvolvimento Java na plataforma Java EE.

⁹<https://ab.rockwellautomation.com/>

Este tipo de integração vem ganhando destaque na área conhecida por quarta revolução industrial, especificamente no assunto integração de máquinas do “chão de fábrica” e sistemas computacionais. A integração foi possível pela possibilidade de uso do protocolo Modbus, que é implementada com a biblioteca EasyModbus.

No que tange a aplicação desenvolvida, destaca-se que a opção pela arquitetura dividida em módulos facilitou a implementação do estudo de caso, pois o mesmo foi desenvolvido por etapas, que integram-se de forma transparente para o usuário do sistema.

Como trabalhos futuros, pretende-se implementar o controle de usuários com login e senha, também implantar o sistema no frigorífico de aves, instalando o CLP com os sensores e as aplicações java no servidor da empresa, para que seja acessado de qualquer computador da rede. Com o domínio da tecnologia de comunicação, pode-se também trabalhar no desenvolvimento de outras soluções que venham a surgir.

Referências

- Azevedo, P. K. et al. (2016). Desenvolvimento de um sistema supervisor e lógicas de clp no ambiente de geração de energia.
- Ebert, D. C. et al. (2007). Simulação da dinâmica operacional de um processo industrial de abate de aves.
- Franchi, C. M. and Camargo, V. L. A. (2008). *Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos*.
- Freitas, C. (2014). Protocolo modbus: Fundamentos e aplicações. *Artigo técnico Embarcados*.
- Georgini, M. (2000). *Automação aplicada: descrição e implementação de sistemas seqüenciais com PLCs*. Ed. Érica.
- Groover, M. P. (2011). *Automação e tecnologias de controle*. In: GROOVER, Mikell P. *Automação Industrial e Sistemas de Manufaturas*. Ed. Pearson.
- Keller, A. L. (2017). Internet das coisas aplicada à indústria: dispositivo para interoperabilidade de redes industriais.
- MODBUS (2018). Modbus technical resources. Disponível em: <http://www.modbus.org/tech.php>. Acesso em: 07/05/2018.
- Rockwell Automation (2015a). Configuração de rede ethernet/ip. Disponível em: <https://goo.gl/PKkJUo>. Acesso em: 12/03/2018.
- Rockwell Automation (2015b). Fundamentos da rede ethernet/ip. Disponível em: <https://goo.gl/wpV1Cc>. Acesso em 15/05/2018.
- Rosário, J. M. (2005). *Princípios de mecatrônica*. Pearson Educación.
- Rossmann engineering (2017). Easymodbustcp java implementation. Disponível em: <http://easymodbustcp.net/java-modbusclient-methods>. Acesso em: 07/05/2018.
- Silveira, C. B. (2017). Como funciona a linguagem ladder. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/linguagem-ladder/>. Acesso em: 07/05/2018.

Sistema de aquisição de dados térmicos utilizando a placa Arduino UNO

Vanessa Carina Dal Mago¹, Albino Moura Guterres¹, Alexander Furtado Carneiro¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo, CEP: 99064-440, Passo Fundo, RS - Brasil

{vanessadalMago@gmail.com, albino.moura@passofundo.ifsul.edu.br, alexsander.carneiro@passofundo.ifsul.edu.br}

Abstract. *The present work aims to develop a thermal data acquisition system using the Arduino UNO board. The system will be used for temperature measurement at four different positions of a die during the unidirectional solidification of an aluminum alloy. Initially the system hardware was developed and a script file was generated in the Arduino software containing the program code. The temperature measurements were performed and the data obtained were stored in a computer. Then, temperature-time curves were generated that allow the determination of important thermal variables.*

Resumo. *O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados térmicos utilizando a placa Arduino UNO. O sistema será utilizado para medição da temperatura em quatro diferentes posições de uma lingoteira durante a solidificação unidirecional de uma liga de alumínio. Inicialmente foi desenvolvido o hardware do sistema e após foi gerado um arquivo de script no software do Arduino contendo o código do programa. As medições de temperatura foram feitas e os dados obtidos foram armazenados em um computador. Depois foram geradas curvas temperatura-tempo que possibilitam a determinação de importantes variáveis térmicas.*

1. Introdução

A obtenção de dados é essencial em estudos e pesquisas científicas, isso porque a partir da análise de dados pode-se identificar aspectos relevantes, desenvolver e aprimorar materiais, equipamentos e processos. Desse modo, sistemas de aquisição de dados vem sendo desenvolvidos e utilizados em áreas distintas, como por exemplo na área industrial e em áreas de atuação científica [Teixeira 2017].

Sistemas de aquisição de dados são mecanismos utilizados em instrumentação científica e compreendem processos de coleta de sinais que medem condições físicas reais e convertem os sinais coletados inicialmente em elétricos e logo em valores numéricos digitais que podem ser registrados por um computador para posterior análise. [Emilio 2013]. Um sistema de aquisição de dados é composto por sensores, transdutores, condicionadores de sinais, placa de aquisição de dados e processador [Moura 2014].

O Arduino é uma plataforma de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar [Arduino 2018a]. É ideal para criação de dispositivos que utilizem como entrada sensores de temperatura, luz, entre outros, e como saída leds, displays, etc [Souza *et al.* 2011].

O Arduino UNO apresentado na Figura 1 é um dos diversos modelos de placa da família Arduino. Ela é uma das placas mais utilizadas pois é de fácil utilização, robusta e possui baixo custo de manutenção [Bido *et al.* 2017].

A placa apresenta como elemento principal um microcontrolador da família AVR, fabricado pela empresa ATMEL [Alves *et al.* 2012]. A placa dispõe de quatorze pinos de entrada/saída digital (sendo que seis destes podem ser utilizados como saídas PWM), seis entradas analógicas, um cristal de quartzo, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de reset [Arduino 2018b].

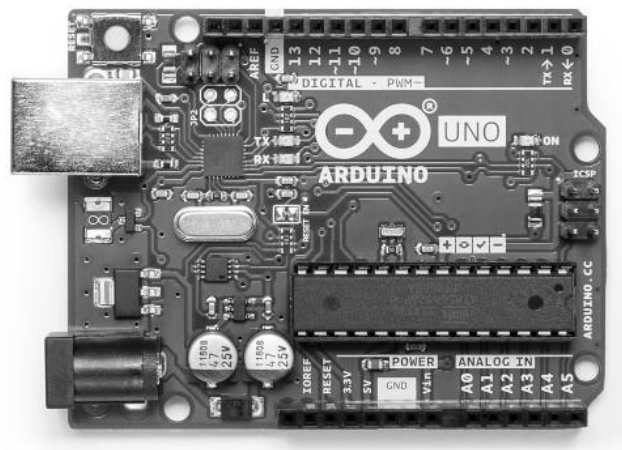


Figura 1. Arduino UNO
Fonte: Arduino (2018)

O contato da placa Arduino com o computador é feita através de uma interface serial com conexão USB. No sistema Windows a conexão da placa é detectada como uma porta serial tipo COM, por exemplo COM3. O *hardware* da placa microcontroladora necessita de uma alimentação elétrica de 5V que pode ser obtida a partir do cabo USB ou através de uma fonte externa, como por exemplo baterias. Neste último caso pode-se aplicar tensões entre 7 e 20V, isso porque o Arduino apresenta um regulador de voltagem [Alves *et al.* 2012].

Quanto ao *software*, a placa possui um compilador próprio. A geração dos programas, chamados sketches, é feita pelo usuário através das linguagens C/C++. O código do programa é compilado e enviado ao microcontrolador através da entrada USB. O compilador dispõe de bibliotecas prontas com variadas funções, para a utilização destas basta carregá-las no código do programa [Nakatani *et al.* 2014].

A combinação do Módulo MAX 6675 com um termopar tipo K é excelente para fazer medições e pode ser integrada a microcontroladores [Predolin 2017]. Neste projeto essa combinação será utilizada junto ao Arduino UNO para que medições de temperatura possam ser realizadas e registradas.

O Módulo MAX 6675, representado na Figura 2, realiza a compensação de junção fria e digitaliza o sinal do termopar tipo K. Os dados são enviados no formato somente de leitura com resolução de 12 bits, compatível com o SPI que pode ser lido pelo Arduino UNO [Viera and De Carli 2017].

O compilador do Arduino possui uma biblioteca específica para quando se utiliza o Módulo MAX 6675 [Arduino 2018c].



Figura 2. Módulo MAX 6675
Fonte: Portal Vida de Silício (2018)

O termopar é um sensor de temperatura simples, robusto e de baixo custo. Ele é formado por dois condutores metálicos distintos, os quais são unidos em uma de suas extremidades. A junta unida é chamada de junta de medição ou junta quente enquanto a outra extremidade, aberta, é denominada junta de referência [General Controls 2018].

Ao submeter as juntas a temperaturas diferentes, a composição química dos metais produz uma força eletromotriz que é função da temperatura. A Figura 3 apresenta o princípio de funcionamento de um termopar.

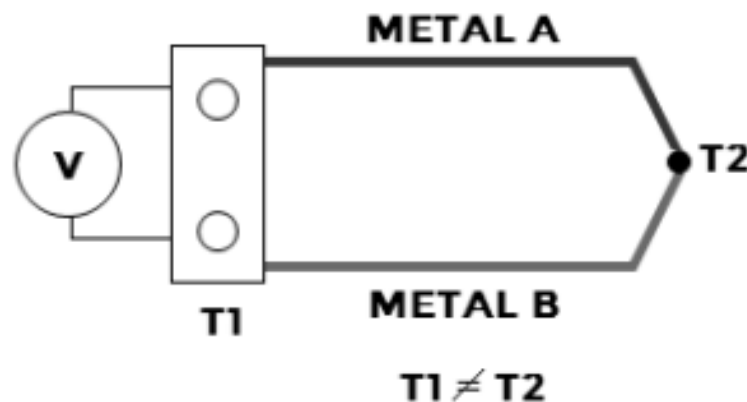


Figura 3. Diagrama de funcionamento do termopar
Fonte: Portal Vida de Silício (2018)

Existem diversos tipos de termopares, estes variam de acordo com diferentes combinações de metais. Para este projeto o termopar utilizado foi o termopar do tipo K, que é formado por fios de Cromel, como termoelemento positivo e Alumel, como termoelemento negativo.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados de temperatura a partir do Arduino Uno e da combinação do Módulo MAX 6675 com um termopar tipo K. O sistema será utilizado para medição da temperatura em quatro diferentes posições de uma lingoteira durante a solidificação unidirecional de uma liga de alumínio.

A obtenção destes dados de temperatura é de extrema importância, isso porque eles são utilizados para a determinação de parâmetros térmicos presentes durante a solidificação de um metal, como: velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*, taxa de resfriamento e gradiente térmico, que são inerentes à microestrutura solidificada. Controlando esses parâmetros e conseqüentemente a microestrutura obtida após a solidificação, as propriedades mecânicas do material podem ser definidas de modo a satisfazer as necessidades de sua aplicação.

2. Metodologia

Inicialmente construiu-se o sistema de aquisição de dados constituído por um Arduino UNO, quatro módulos MAX 6675 e quatro sensores termopar do tipo K. Cada sensor tem capacidade para uma medição, assim para realizar a medição em quatro diferentes posições da lingoteira foram utilizados quatro sensores.

O diagrama de ligação da placa Arduino e do Módulo MAX 6675 pode ser visto na Figura 4.

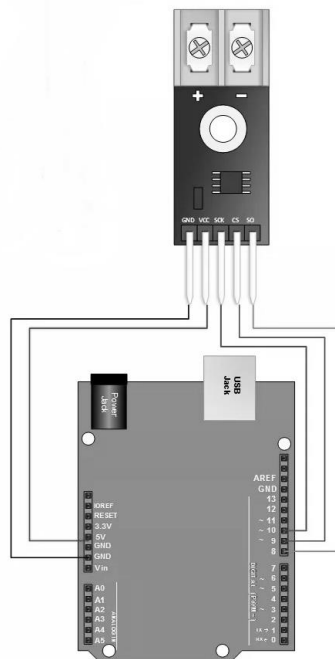


Figura 4. Diagrama de ligação
Fonte: Arduino (2018)

Esse esquema de ligação foi implementado para os quatro Módulos MAX 6675, foram utilizadas nove entradas digitais e três entradas analógicas da placa Arduino UNO. Então, cada termopar foi conectado a um módulo.

Com o *hardware* do sistema de aquisição de dados pronto, o próximo passo foi desenvolver um arquivo de script no *software* do Arduino utilizando a biblioteca Max6675, própria para o módulo usado neste projeto.

Após, os termopares foram fixados em quatro diferentes posições, a 5, 40, 60 e 80 milímetros em relação à base da lingoteira. A lingoteira foi revestida por uma manta térmica e foi levada ao forno juntamente com a liga de alumínio a ser vazada. A lingoteira foi retirada do forno quando a temperatura desta aproximadamente atingiu 800°C. O programa foi carregado na placa Arduino UNO e se iniciou a tomada de medidas.

Então, a liga de alumínio foi vazada na lingoteira. Durante o vazamento, um sistema de refrigeração à água, situado na parte inferior da lingoteira foi ativado, induzindo a solidificação unidirecional da liga, conforme esquema representado na Figura 5.

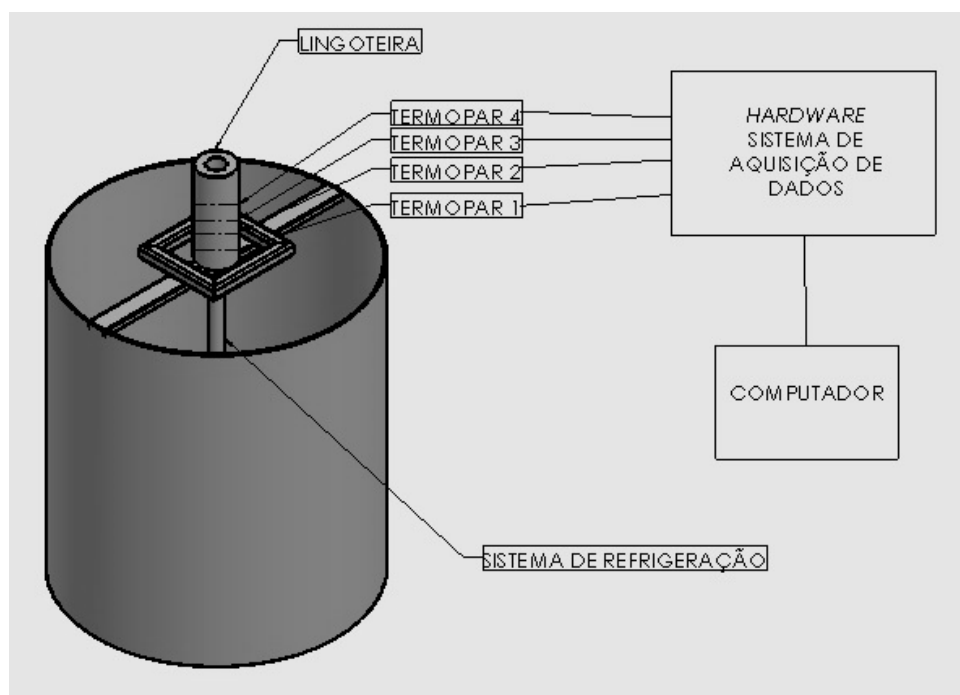


Figura 5. Ilustração da lingoteira, posição dos termopares, sistema de refrigeração e sistema de aquisição.

O tempo de medição foi de aproximadamente 1100 segundos, tempo suficiente para solidificação da liga, possibilitando a realização de 4400 medições em cada termopar. Os dados obtidos foram salvos em um bloco de notas no computador que auxiliou na medição. Posteriormente, foram geradas quatro curvas temperatura-tempo, uma curva para cada termopar, com o intuito de identificar as variáveis térmicas de solidificação.

3. Resultados e Discussão

O *hardware* do sistema de aquisição de dados construído está apresentado na Figura 6.

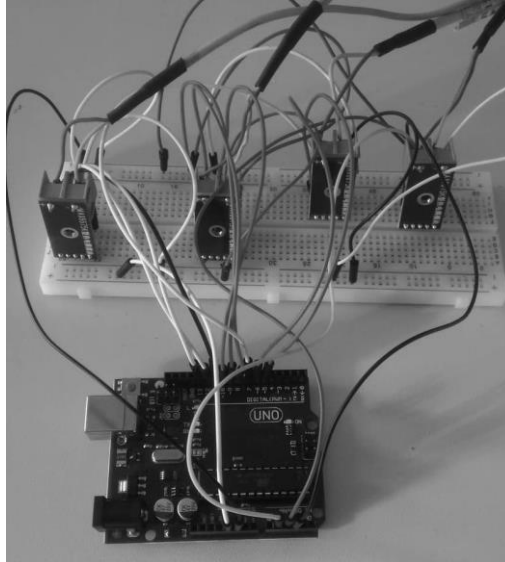


Figura 6. Hardware do sistema de aquisição de dados

A utilização do sensor termopar exige o uso de um conversor de sinal. Outros tipos de sensores de temperatura estão disponíveis para aplicação, como no estudo realizado por Albaladejo (2016). Entretanto, a escolha do sensor de temperatura termopar para este projeto ocorreu devido ao seu tipo construtivo e aos seus limites de medição de temperatura, que são de -200°C até 1260°C .

O código do programa na linguagem computacional C tem capacidade para realizar quatro medições por segundo em cada termopar e está apresentado abaixo:

```
#include "max6675.h"
int thermoDO1 = 11;
int thermoCS1 = 12;
int thermoCLK1 = 13;
int thermoDO2 = 8;
int thermoCS2 = 9;
int thermoCLK2 = 10;
int thermoDO3 = 5;
int thermoCS3 = 6;
int thermoCLK3 = 7;
int thermoDO4 = A3;
int thermoCS4 = A2;
int thermoCLK4 = A1;
MAX6675 thermocouple1(thermoCLK1, thermoCS1, thermoDO1);
MAX6675 thermocouple2(thermoCLK2, thermoCS2, thermoDO2);
MAX6675 thermocouple3(thermoCLK3, thermoCS3, thermoDO3);
MAX6675 thermocouple4(thermoCLK4, thermoCS4, thermoDO4);
```


Assim como em um estudo desenvolvido por Predolin (2017), a biblioteca *max6675.h* e o comando *thermocouple.readCelsius()* foram utilizados para a obtenção do valor da temperatura do termopar. A maioria dos comandos escritos na geração do código foram repetidos quatro vezes, isso porque neste projeto trabalhou-se com a medição da temperatura de quatro termopares.

A lingoteira revestida com a manta térmica, os quatro termopares ligados ao *hardware* e o sistema de refrigeração podem ser vistos na Figura 7.



Figura 7. Sistema de aquisição de dados, lingoteira e sistema de refrigeração.

Os valores das medições estão representados na Figura 8. As curvas ilustram graficamente a relação temperatura-tempo, a partir da qual podem ser obtidas importantes variáveis térmicas do processo de solidificação em questão.

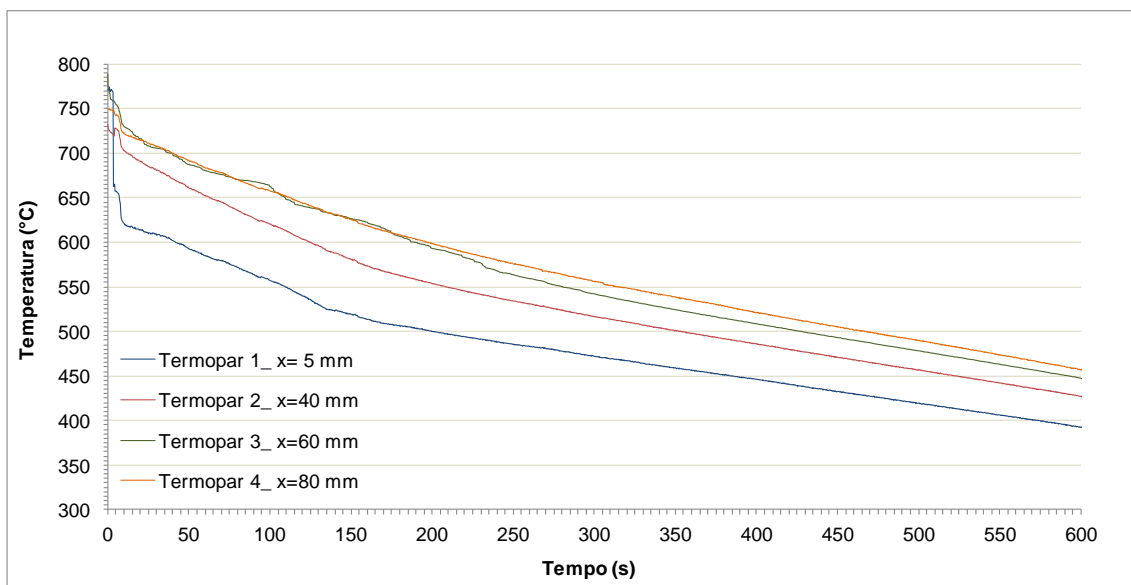


Figura 8. Curvas temperatura-tempo

O funcionamento do sistema de aquisição de dados foi eficaz e altamente satisfatório. Os dados obtidos na medição são coerentes e apresentam elevada confiabilidade. Segundo Gomes *et al* 2010, quanto mais próximo da base da lingoteira, mais rápido deve ocorrer o resfriamento do metal, e assim aconteceu durante a solidificação da liga de alumínio neste projeto. Como pode ser inferido a partir da Figura 8, a taxa de resfriamento no termopar 1 é maior do que a taxa no termopar 2, e assim sucessivamente.

Outrossim, quando comparado à sistemas de aquisição convencionais, o custo do sistema desenvolvido neste projeto foi relativamente inferior.

4. Conclusão

Neste trabalho foi implementado um sistema de aquisição de dados térmicos utilizando a placa microcontroladora Arduino UNO. O sistema funcionou adequadamente possibilitando, através das curvas temperatura-tempo, a obtenção de dados térmicos, como velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus*, taxa de resfriamento e gradiente térmico, relevantes para pesquisas e estudos científicos.

Em relação ao microcontrolador utilizado, pode-se inferir que: além de proporcionar resultados coerentes, ele também é de fácil uso e manipulação, possui um custo relativamente baixo e possui bibliotecas que facilitam sua aplicação.

5. Referências

- Albaladejo, M. A., (2016). “Diseño y construcción mediante Arduino de un sistema de medición de temperaturas en tiempo real”. Trabalho de Conclusão de Curso - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colômbia.
- Alves, R. M., Silva, A. L. C., Pinto, M. C., Sampaio, F. F. and Elia, M. F. (2012). “Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem”. In: JAIE - Jornada de Atualização em Informática e Educação, Rio de Janeiro.
- Arduino, (2018). <https://www.arduino.cc/>, Junho.
- Arduino, (2018a). “What is Arduino?”, <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, Junho.
- Arduino, (2018b). “Arduino UNO REV3”, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>, Junho.
- Arduino, (2018c). “MAX6675 library”, <https://www.arduinolibraries.info/libraries/max6675-library>, Junho.
- Bido, R., Bianchin, L. S., Dal Mago, V. C., Carneiro, A. F. (2017). “Uso do sensor HC-SR04 com o Arduino UNO: uma análise de erros de medição envolvendo as bibliotecas Ultrasonic e Newping”. In: Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Mecânica, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Emilio, M. P. (2013), “Data Acquisition Systems: From Fundamentals to Applied Design”. USA: Springer, 1th edition.

- General Controls, (2018). “Termopares Convencionais I”, <http://www.generalcontrols.com.br/downloads/sensores-temp/sensortempB.pdf>, Junho.
- Gomes L. G., Ferreira, I. L., Moutinho D.J., Rocha, O. L. and Garcia A. (2010). “Análise experimental da macrosegregação e porosidade durante a solidificação unidirecional transitória de uma liga ternária Al-9%Si-3%Cu”. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, São Paulo, Brasil
- Predolin, R. E. (2017). “Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados usando plataforma aberta”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo, Brasil.
- Moura, D. N. (2014). “Desenvolvimento de uma Solução de Aquisição de Dados para”. Dissertação (Mestrado em Automação) – Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Nakatani, A. M., Guimarães, A. V. and Neto, V. M. (2013), “Medição com Sensor Ultrassônico Hc-Sr04”. In: 3º Congresso Internacional de Metrologia Mecânica, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Souza, A. R., Paixão, A.C., Uzêda D. D., Dias, M. A., Duarte, S. and Amorim, H. S. (2011). “A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC”. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1.
- Teixeira, H. T. (2017). “Instrumentação Eletroeletrônica”. Editora e Distribuidora Educacional S. A., Paraná, Brasil.
- Vida de Silício, (2018). “Termopar tipo K + MAX6675 – Medindo temperatura”, <https://portal.vidadesilicio.com.br/termopar-tipo-k-max6675/>, Junho.
- Viera, L. B., De Carli, E. M. (2017). “Desenvolvimento e implementação de um datalogger de temperatura para utilização em pesquisas na área da secagem artificial de grãos”. In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, Rio Grande do Sul, Brasil.

Reconhecimento de Sequência de Movimentos de uma Mão a partir de Sensores Inerciais para o Controle de uma Cadeira de Rodas Robotizada

Rodrigo Piol Capucho¹, Francisco de Assis Boldt², Richard J .M. G. Tello³

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia de Controle e Automação (PROPECAUT)
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – ES – Brasil

²Coordenadoria de Informática – Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)
Campus Serra – ES-010, Km-6,5 - Manguinhos, Serra - ES, 29173-087– ES – Brasil

³Coordenadoria de Automação Industrial – Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)
Campus Serra – ES-010, Km-6,5 - Manguinhos, Serra - ES, 29173-087– ES – Brasil

{rodrigop, franciscoa, richard}@ifes.edu.br

Abstract. *In this work was performed a comparative study between feature extractors and performance of classification of sequences of movements of a hand from two inertial sensors or IMUs - Inertial Measurement Units. The sensors were fixed to the wrist and another on the index finger. From these results, a robotized wheelchair can be controlled by means of five commands (classes) making use of an intelligent glove containing the IMUs. The results demonstrated a 94.92% F1-score for the combination of Mean Absolute Value (MAV) and Waveform Length (WL) extractors for the Linear Discriminant Analysis (LDA) classifier.*

Resumo. *Neste trabalho foi realizado um estudo comparativo entre extratores de características e performance de classificação das diferentes sequências de movimentos de uma mão a partir de dois sensores inerciais ou IMUs Inertial Measurement Units. Os sensores foram fixados no pulso e outro no dedo indicador. A partir dos resultados obtidos, uma cadeira de rodas robotizada poderá ser controlada por meio de cinco comandos (classes) fazendo uso de uma luva inteligente contendo os IMUs. Os resultados demonstraram um F1-score de 94,92% para combinação dos extratores Mean Absolute Value (MAV) e Waveform Length (WL) para o classificador Linear Discriminant Analysis (LDA).*

1. Introdução

De acordo com dados do último censo realizado em 2010, o Brasil possui cerca de 740.456 pessoas que possuem deficiência motora severa – classificadas pelo IBGE como quem “não consegue de modo algum” se mover sem ajuda de outras pessoas -, e outros 3.701.790 que possuem grande dificuldade de locomoção [Secretaria Especial dos Direitos da Pessoa com Deficiência 2010]. Uma das causas da deficiência motora está ligada a paralisia muscular, como doenças no próprio músculo ou no sistema nervoso, danos na medula espinhal, lesão do nervo ou lesão cerebral [Assis-Madeira and de Carvalho 2009]. Para ajudar na inclusão desses indivíduos, existe a necessidade de utilização das tecnologias assistidas.

Neste trabalho pretendeu-se desenvolver um sistema robótico vestível para membro superior capaz de reconhecer gestos e sequência de movimentos no intuito de auxiliar pessoas que possuam capacidade motora limitada. Com o sistema aqui proposto, estes indivíduos poderão realizar atividades e tarefas que antes eram impossíveis devido ao seu grau de lesão. Assim, após o reconhecimento das características associadas nos gestos e na sequência de movimentos torna-se possível controlar diferentes dispositivos robóticos (cadeira de rodas, robôs móveis, manipuladores, entre outros).

Para coadunar com esta ideia, este trabalho, primeiramente, apresenta os últimos estudos relacionados ao tema que envolvem a utilização de sensores inerciais, extratores e classificadores, quantidade de classes e membros implicados. Em seguida, expõe-se os procedimentos metodológicos de coleta e análise dos dados. Explicita-se, na sequência, o sistema desenvolvido, a extração de característica e a classificação. Por último, evidenciam-se a análise dos dados e as conclusões do estudo.

2. Trabalhos Relacionados

O reconhecimento de gestos usado como canal de comunicação entre pessoas e máquinas tem mostrado um vertiginoso ascenso no número de aplicações desenvolvidas durante os últimos tempos [Avci et al. 2010, Pal and Kakade 2016]. Esta abordagem tem sido objeto de estudo nas diferentes áreas da comunicação, como reconhecimento de linguagem de sinais, técnicas de design para identificação forense, navegação e/ou manipulação de ambientes virtuais e detector de mentiras [Mitra and Acharya 2007].

Reconhecimento de gestos envolve detectar e analisar os movimentos humanos através da leitura de dados adquiridos por câmeras de profundidade, sensores de distâncias, sensores inerciais [Zhou et al. 2012, Hong et al. 2016, Pal and Kakade 2016, Stančić et al. 2017], sinais de eletroencefalografia [Tello et al. 2013a, Tello et al. 2013b] e sinais de eletromiografia [Tello et al. 2015a, Tello et al. 2015b, Müller et al. 2014], por exemplo .

Nos trabalhos de [Ali et al. 2012] e [Xu and Lee 2013] foram desenvolvidas Interfaces Humano-Máquina (IHM) se valendo da visão computacional para o reconhecimento de gestos. Uma das principais desvantagens desta abordagem é a dependência de iluminação para a correta identificação das bordas da imagem [Chen et al. 2017]. Como solução alternativa ao uso de câmeras convencionais, [Fujii et al. 2014, Patsadu et al. 2012, Doliotis et al. 2011] utilizaram câmeras com sensor infravermelho (Kinect).

Com os avanços da microeletrônica, dispositivos vestíveis são cada vez menores e mais presentes nas nossas vidas [Stančić et al. 2017, Jiang et al. 2017], podendo ser acopladas ao corpo humano de modo a monitorar as atividades sem que interfiram na liberdade de movimento do usuário. Esta área de estudo é denominada Robôs Vestíveis ou *Wearable Robotics* [Pons 2008].

Sensores inerciais ou IMUs (do Inglês - *Inertial Measurement Unit*) podem ser usados para diversos fins, tais como controlar eletrodomésticos em uma casa, interagir com smartfone, permitir a interação em um ambiente virtual ou até mesmo controlar um robô móvel. Ademais, o uso de sensores inerciais constitui uma alternativa de baixo custo, baixo consumo e grande portabilidade para o controle de dispositivos [Zhou et al. 2012].

Na Tabela 1 foi feito uma comparação dos últimos trabalhos que envolvem o uso de sensores inerciais. [Attal et al. 2015, Galka et al. 2016] não informaram quais extratores utilizaram, mas devido a temática do trabalho ser relevante foram mantidos na tabela. Em muitos outros, os pesquisadores não informaram quais técnicas de extração e classificação foram usadas, por isso, não foram incluídos nas citações deste trabalho.

Tabela 1. Comparação de trabalhos envolvendo sensores inerciais.

Autor	Sensor	Extrator de Característica (Classificador)	Classes	Membro
[Zhang and Sawchuk 2012]	1 IMU	Bag-of-Features (K-Meas, Support Vector Machine, Gaussian Mixture Model)	9	Quadril
[Zhou et al. 2012]	1 IMU	Mean, Standard Deviation, Energy, Entropy, Correlation, Difference of Peak and Valey, Position of Peak and Valey (C4.5 Decision Tree, Nearest Neighbor, Naive Bayes)	12	Dedo
[Attal et al. 2015]	3 IMU	- (K-NN, Support Vector Machine, Random Forrest)	12	Peito, Coxa, Tornozelo
[Galka et al. 2016]	7 IMU, 1 Kinect	- (Hidden Markov Model, Parallel Hidden Markov Model)	40	Dedos, Mão, Antebraço
[Hong et al. 2016]	1 IMU	Time, ZC, Mean Std, Min-Max, Period-energy (Support Vector Machine, Random Forrest)	13	Mão (LG-Nexus5)
[Chan and Green 2017]	7 EMG	Root Mean Square, Auto Regressive (Linear Discriminant Analysis, Majority Vote)	7	Antebraço
[Jiang et al. 2017]	4 EMG, 1 IMU	Mean Absolute Value, Zero Crossing, Slope Sign Change, Wavelength (Linear Discriminant Analysis)	16	Antebraço
[Stančić et al. 2017]	2 IMU	Mean Movement Intensity, Normalised Signal Magnitude Area, Averaged Rotation (Linear Discriminant Analysis, Decision Tree, Random Forrest, Artificial Neural Network)	9	Dedo, Pulso
[Shin et al. 2017]	8 EMG, 1 IMU	Mean Average (Convolutional Neural Network, Long-Short Term Memory)	30	Antebraço

No trabalho de [Kundu et al. 2018], um sistema IMU e Eletromiografia (EMG) foi utilizado no controle de uma cadeira de rodas. O IMU foi usado para medir o ângulo de inclinação do punho e a aceleração em três eixos. Os sinais EMG foram extraídos de dois músculos do antebraço (*Extensor Carpi Radialis* e *Flexor Carpi Radialis*). A Tabela 2 mostra um comparativo entre o sistema de [Kundu et al. 2018] e o sistema proposto pelos autores deste trabalho.

Tabela 2. Controle de cadeira de rodas a partir de sensores inerciais (IMUs) em mãos

Autor	Sensor	Extrator de Característica (Classificador)	Comandos
[Kundu et al. 2018]	1 IMU and 2 channels sEMG	Shape based feature extraction and Dendogram Support Vector Machine (DSVM) classifier	7
Este trabalho (2018)	2 IMU	Auto Regressive, Mean Absolute Value, Root Mean Square, Waveform Length (Linear Discriminant Analysis, Quadratic Discriminant Analysis, Mahalanois Distance Analysis)	5

Neste trabalho, foi realizado um estudo comparativo de extratores de características e performance de classificação de sequências de movimentos de uma mão a partir de 2 sensores inerciais ou IMUs fixados no pulso e no dedo.

O diagrama de blocos da Figura 1 resume o que este trabalho propõe. Os movimentos executados pela mão geram sinais que são capturados, tratados e segmentados para passar pelo algoritmo responsável pela classificação dos gestos. Ao fim desse processo, com base nos resultados, o algoritmo executa as saídas correspondentes.

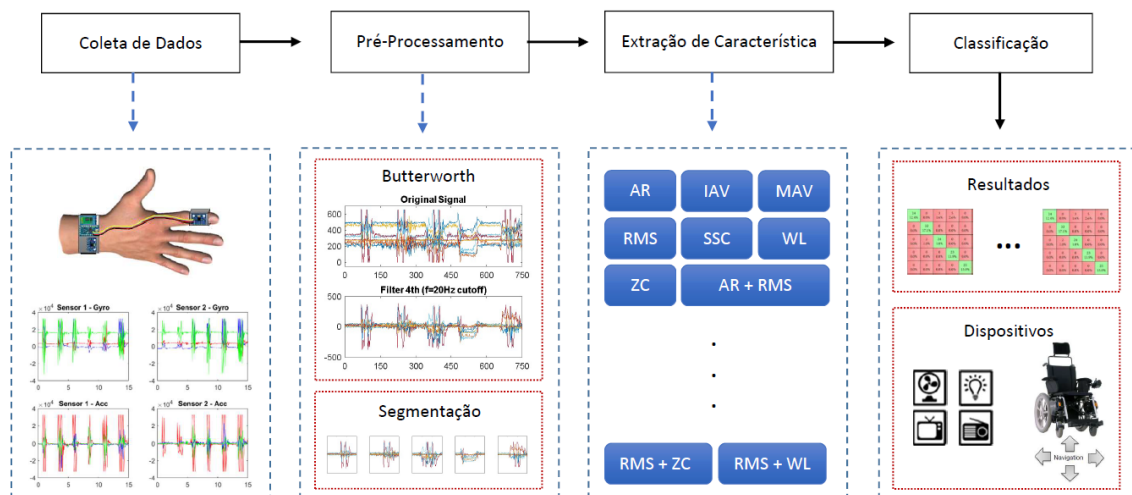


Figura 1. Diagrama de blocos geral da análise proposta.

3. Materiais e Métodos

3.1. Coleta de Dados e Protocolo

A base de dados analisada foi a utilizada no trabalho de [Stančić et al. 2017], de acordo com as regras da Universidade de Split (Croácia) e disponível em: https://github.com/pinojoke/Gestures_InertialSensors_EAAI. No processo de coleta de dados, 20 voluntários foram convidados a ficar parados em pé e, com o sistema acoplado no dedo e antebraço, realizaram uma sequência de nove movimentos com um breve espaçamento entre eles. Previamente a coleta, um vídeo foi exibido orientando os participantes quais movimentos deveriam ser feitos. Cada indivíduo participou de 10 sessões de coleta de dados.

Foram observados os dados de seis indivíduos escolhidos aleatoriamente, onde apenas cinco classes foram analisadas. A Tabela 3 relaciona as classes aos comandos básicos para o controle de um robô móvel (frente, atrás, esquerda, direita e parar).

Tabela 3. Classes avaliadas.

Classe	Comando	Sequências de movimentos
1	Esquerda	
2	Direita	
3	Frente	
4	Parar	
5	Atrás	

3.2. Sistema

O sistema de aquisição baseou-se num microcontrolador de arquitetura 8-Bit modelo ATmega328p, um módulo Bluetooth HC-05 e dois sensores inerciais MPU-6050. Os sensores inerciais MPU-6050, cujo circuito integrado consiste de um acelerômetro 3 axial e um giroscópio 3 axial, possuem resolução de conversão analógico-digital de 16-bit e escalas que variam de ± 2 , ± 4 , ± 8 e ± 16 gramas para o acelerômetro e ± 250 , ± 500 , ± 1000 , e ± 2000 graus por segundo para o giroscópio, nos quais foram configurados para trabalhar na escala de $\pm 250^\circ/s$ para o giroscópio e $\pm 2g$ para o acelerômetro.

O sistema fixado no pulso transmite os dados não tratados para o computador, que os armazenará para posterior análise. Este processo consiste na recepção de 5 canais por sensor, sendo eles a aceleração no eixo X, Y, Z e o giroscópio no eixo X, Z, totalizando 10 canais a uma taxa de amostragem de 60Hz. Foram utilizados somente 2 eixos do

giroscópio por serem suficientes para um rastreamento de rotação tridimensional, não sendo necessário a utilização do eixo Y [Stančić et al. 2017].

O módulo Bluetooth HC-05 foi utilizado como transmissor sem fio dos dados da comunicação serial para o computador. A comunicação serial entre o módulo e o micro controlador foi configurado em 9600 bauds/s, 7-bit de dados, 1-bit de parada e um 1-bit de início.

Os sensores foram instalados no dedo indicador e no pulso (Figura 2 a), por meio de uma cinta elástica de borracha colado ao sensor, junto com uma base anatômica para proporcionar melhor acoplamento sobre o dedo e o pulso. Isso garantiu estabilidade durante todo o teste de coleta dos movimentos.

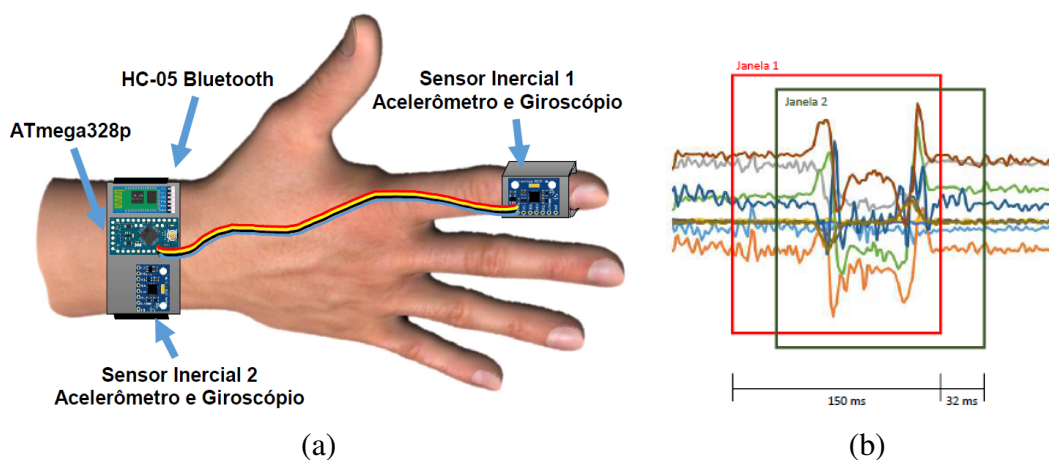


Figura 2. a) Posição do circuito e dos sensores na mão. b) Janela de análise temporal dos dados a partir dos sensores inerciais.

Após a coleta, os dados foram transmitidos e processados em um computador equipado com processador Intel Core i5-7500 @ 16GB de memória DDR4, por meio do software MATLAB versão 2017b. Todo processamento foi realizado offline.

3.3. Extração de Característica

Prévio ao processamento dos dados, todos os 10 canais foram filtrados com um filtro *Butterworth* de 4ª ordem com frequência de corte passa-baixa de 20Hz. Este procedimento foi necessário para a redução dos efeitos provocados pelo ruído e pela vibração.

As características foram computadas empregando janelas deslizantes. Um exemplo da janela deslizante é retratado na Figura 2 b, indicando uma análise de uma janela de 150 milissegundos espaçado de 32 milissegundos. Um único vetor característico é produzido na análise dessa janela.

As características extraídas nesse trabalho abrangem extratores no domínio do tempo tais como *Mean Absolute Value* (MAV), *Root Mean Square* (RMS), e no domínio da frequência: *Autoregressive Coefficients* de 4ª ordem (AR), *Waveform Length* (WL) e a combinação das mesmas.

3.4. Classificação

Os dados foram divididos da seguinte forma: 80% para criar um conjunto de amostras para treino e 20% para teste. Os dados de treino foram utilizados para desenvolver um

modelo, enquanto os dados de testes foram usados para validação.

Neste trabalho, foram avaliados cinco classificadores, sendo eles: Análise de Discriminantes Lineares (LDA), Análise de Discriminantes Diagonal Linear, Análise de Discriminantes Quadráticos (QDA), classificador Bayesiano Linear, classificador Bayesiano Quadrático e Análise de discriminantes por distância de Mahalanobis.

4. Resultados

Uma das formas atuais de avaliação de desempenho de configuração é através do cálculo da métrica *F1-score*. A principal característica desse tipo de métrica radica no equilíbrio entre as métricas Precisão e *Recall*, além de ser mais adequada para uma distribuição de classes irregular em comparação a métrica de precisão isolada.

Em um primeiro momento, o processo de extração de característica baseou-se em testar cada um dos quatro extratores com os cinco classificadores propostos. Nessa fase, 20 matrizes de confusão foram geradas para análise. A Tabela 4 a seguir apresenta de forma consolidada a média da métrica *F1-score* para cada matriz.

Tabela 4. Avaliação inicial das matrizes de confusão.

Extrator	Média F1-score				
	LDA	QDA	Bayes Linear	Bayes Quadrático	Mahalanobis
AR	85,17%	35,57%	76,12%	50,10%	75,95%
MAV	93,14%	80,36%	79,50%	77,30%	77,97%
RMS	89,48%	80,82%	90,02%	78,17%	85,04%
WL	37,67%	28,64%	37,19%	23,44%	44,46%

Em um segundo momento, um arranjo foi feito entre cada extrator, a fim de formar um novo modelo para que fosse recompilado todo o algoritmo. De modo geral, houve uma pequena melhora da taxa de reconhecimento para a maioria dos classificadores, como pode ser visto na Tabela 5. Contudo, a combinação entre as melhores taxas de reconhecimento nem sempre será positiva. Exemplo disso pode ser observado no classificador Bayesiano Linear, no qual o extrator RMS sozinho possuía taxa de 90,02% e combinado com o segundo melhor extrator (MAV, 79,50%) teve seu resultado retraído para 86,51% (celulas demarcadas em vermelho nas Tabelas 4 e 5).

Vale observar que, apesar do extrator WL ter tido o pior resultado na tabela anterior (assinalado de azul), o mesmo foi de suma importância para o experimento em geral, onde os melhores resultados foram em decorrência da combinação dele com outro extrator, como nos casos destacados em azul na Tabela 5 (MAV+WL e RMS+WL). Dessa forma, infere-se que os extratores podem ser complementares.

Para aprimorar a taxa de classificação e, por consequência, a métrica *F1-score*, novos arranjos podem ser feitos combinando-se 3 ou mais extratores, porém é importante ponderar se novas configurações trariam melhorias significativas em detrimento ao custo computacional, a rapidez de resposta e ao incremento significativo da acurácia.

Tabela 5. Avaliação de extratores combinados.

Extrator	Média F1-score				
	LDA	QDA	Bayes Linear	Bayes Quadrático	Mahalanois
AR+MAV	91,61%	77,34%	84,47%	77,25%	86,38%
AR+RMS	93,14%	75,70%	82,38%	76,15%	82,38%
AR+WL	86,69%	48,72%	81,88%	44,66%	81,88%
MAV+RMS	91,65%	81,04%	86,51%	79,58%	86,38%
MAV+WL	94,92%	83,00%	80,95%	71,90%	67,90%
RMS+WL	94,80%	79,79%	78,14%	73,20%	78,05%

Portanto, é notório que a combinação de extratores, de um modo geral, contribui para o aumento da métrica *F1-score*, observando-se as combinações para todos os classificadores. Em alguns casos, porém, na medida em que amplia-se a quantidade de extratores, observa-se que a melhora é mínima, visto que no melhor resultado a evolução entre o modelo anterior foi de apenas 1,78% (MAV versus MAV+WL, LDA).

A Tabela 6 mostra a matriz de confusão a partir desde ensaio. Pode se notar que a classe 1 é a única a apresentar falsos positivos. Deste modo, em um futuro desenvolvimento, um novo tipo de movimento pode ser gerado para substituir o movimento referente a classe 1, buscando uma melhor taxa de reconhecimento.

Tabela 6. Matriz de Confusão da melhor combinação (combinação extratores MAV+WL, classificador LDA, de acordo com a Tabela 5)

		Classe prevista				
		1	2	3	4	5
Classe real	1	75,00%	16,67%	8,33%	0%	0%
	2	0%	100,00%	0%	0%	0%
	3	0%	0%	100%	0%	0%
	4	0%	0%	0%	100%	0%
	5	0%	0%	0%	0%	100%

5. Conclusões

Neste trabalho foram avaliados quatro diferentes tipos de extratores de características e a combinação dos mesmos fazendo uso de cinco classificadores para cinco gestos de mão preestabelecidos (classes). Os melhores resultados obtidos foram com o classificador LDA, apresentando a média de 92,13% de *F1-score* e tendo como melhor resultado a combinação dos extratores MAV e WL, com 94,92%. Com isso, é possível concluir que o sistema proposto se mostra viável para aplicação no controle da cadeira de rodas motorizada.

Em trabalhos futuros, espera-se avaliar outros tipos de gestos que possibilitem o acionamento de mais comandos, como por exemplo, a ativação/desativação de equipamentos, aumento da flexibilidade na implementação e aumento da taxa de reconhecimento de gestos, bem como a utilização de outros métodos de avaliação, sensores e novos dados de voluntários.

Referências

- Ali, M. H. K., Azman, M. A., Ismail, Z. H., et al. (2012). Real-time hand gestures system for mobile robots control. *Procedia Engineering*, 41:798–804.
- Assis-Madeira, E. A. and de Carvalho, S. G. (2009). Paralisia cerebral e fatores de risco ao desenvolvimento motor: uma revisão teórica. *Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento*, 9(1).
- Attal, F., Mohammed, S., Dedabrishvili, M., Chamroukhi, F., Oukhellou, L., and Amirat, Y. (2015). Physical human activity recognition using wearable sensors. *Sensors*, 15(12):31314–31338.
- Avci, A., Bosch, S., Marin-Perianu, M., Marin-Perianu, R., and Havinga, P. (2010). Activity recognition using inertial sensing for healthcare, wellbeing and sports applications: A survey. In *Architecture of computing systems (ARCS), 2010 23rd international conference on*, pages 1–10. VDE.
- Chan, A. D. and Green, G. C. (2017). Myoelectric control development toolbox. *CMBES Proceedings*, 30(1).
- Chen, C., Jafari, R., and Kehtarnavaz, N. (2017). A survey of depth and inertial sensor fusion for human action recognition. *Multimedia Tools and Applications*, 76(3):4405–4425.
- Doliotis, P., Stefan, A., McMurrough, C., Eckhard, D., and Athitsos, V. (2011). Comparing gesture recognition accuracy using color and depth information. In *Proceedings of the 4th international conference on Pervasive technologies related to assistive environments*, page 20. ACM.
- Fujii, T., Lee, J. H., and Okamoto, S. (2014). Gesture recognition system for human-robot interaction and its application to robotic service task. In *Proc. of the International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists (IMECS)*, volume 1.
- Galka, J., Masiór, M., Zaborski, M., and Barczewska, K. (2016). Inertial motion sensing glove for sign language gesture acquisition and recognition. *IEEE Sensors Journal*, 16(16):6310–6316.
- Hong, F., You, S., Wei, M., Zhang, Y., and Guo, Z. (2016). Mgra: Motion gesture recognition via accelerometer. *Sensors*, 16(4):530.
- Jiang, S., Lv, B., Guo, W., Zhang, C., Wang, H., Sheng, X., and Shull, P. (2017). Feasibility of wrist-worn, real-time hand and surface gesture recognition via semg and imu sensing. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.
- Kundu, A. S., Mazumder, O., Lenka, P. K., and Bhaumik, S. (2018). Hand gesture recognition based omnidirectional wheelchair control using imu and emg sensors. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 91(3):529–541.
- Mitra, S. and Acharya, T. (2007). Gesture recognition: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(3):311–324.
- Müller, S., Andre, F., Castillo, J., Tello, R. M., Bastos-Filho, T., and Filho-Sarcinelli, M. (2014). Brain-computer interfaces applied to a robotic wheelchair and an autonomous car. In *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB)*, pages 253–263. CBEB.

- Pal, D. H. and Kakade, S. (2016). Dynamic hand gesture recognition using kinect sensor. In *Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC), 2016 International Conference on*, pages 448–453. IEEE.
- Patsadu, O., Nukoolkit, C., and Watanapa, B. (2012). Human gesture recognition using kinect camera. In *Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2012 International Joint Conference on*, pages 28–32. IEEE.
- Pons, J. (2008). *Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons*. Wiley.
- Secretaria Especial dos Direitos da Pessoa com Deficiência (2010). Resultados preliminares da amostra — censo 2010. <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/indicadores/censo-2010>. Acesso em: 05 out. 2018.
- Shin, S., Baek, Y., Lee, J., Eun, Y., and Son, S. H. (2017). Korean sign language recognition using emg and imu sensors based on group-dependent nn models. In *Computational Intelligence (SSCI), 2017 IEEE Symposium Series on*, pages 1–7. IEEE.
- Stančić, I., Musić, J., and Grujić, T. (2017). Gesture recognition system for real-time mobile robot control based on inertial sensors and motion strings. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 66:33–48.
- Tello, R., Bissoli, A. L., Ferrara, F., Muller, S., Ferreira, A., and Bastos-Filho, T. F. (2015a). Development of a human machine interface for control of robotic wheelchair and smart environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(19):136–141.
- Tello, R. M., Bastos-Filho, T., Costa, R. M., Frizzera-Neto, A., Arjunan, S., and Kumar, D. (2013a). Towards semg classification based on bayesian and k-nn to control a prosthetic hand. In *Biosignals and Biorobotics Conference (BRC), 2013 ISSNIP*, pages 1–6. IEEE.
- Tello, R. M., Bastos-Filho, T., Frizzera-Neto, A., Arjunan, S., and Kumar, D. K. (2013b). Feature extraction and classification of semg signals applied to a virtual hand prosthesis. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*, pages 1911–1914. IEEE.
- Tello, R. M., Müller, S., Ferreira, A., and Bastos-Filho, T. (2015b). A novel system for control of a robotic wheelchair based on ssvep-bci for people with locked-in syndrome. *XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI) Natal–RN*, 25.
- Xu, W. and Lee, E.-J. (2013). A new nui method for hand tracking and gesture recognition based on user experience. *International Journal of Security and Its Applications*, 7(2):148–158.
- Zhang, M. and Sawchuk, A. A. (2012). Motion primitive-based human activity recognition using a bag-of-features approach. In *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*, pages 631–640. ACM.
- Zhou, Y., Jing, L., Wang, J., and Cheng, Z. (2012). Analysis and selection of features for gesture recognition based on a micro wearable device. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 3(1).

Offline-first Multidatabase Progressive Web Apps com PouchDB/CouchDB

Matheus Dal’Pizzol¹, Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) Câmpus Passo Fundo
Estrada Perimetral Leste, 150 – CEP: 99064-440 – Passo Fundo – RS – Brasil

matheusdalpizzol@gmail.com, anubisrossetto@gmail.com

Abstract. *This paper discusses the development of Progressive Web Applications (PWAs) using the offline-first approach and employing the PouchDB/CouchDB technologies to store data locally and to synchronize with the remote database. The work proposes an architecture motivated by the following requirements/limitations: a) the need for multiple databases per user and sharing with other users; b) the lack of a document-level access control mechanism in the CouchDB; and c) The fact that the database creation in CouchDB is reserved for the administrator user. Thus, the proposed architecture synchronizes multiple databases by defining an intermediate server that holds administrator-level access to CouchDB. These strategies are implemented in PWA for the study of musical instruments.*

Resumo. *Este artigo trata do desenvolvimento de Progressive Web Apps (PWAs) valendo-se da abordagem offline-first e empregando as tecnologias PouchDB/CouchDB para armazenar dados localmente e sincronizar com o banco de dados remoto. O trabalho propõe uma arquitetura motivada pelos seguintes requisitos/limitações: a) a necessidade de múltiplos bancos de dados por usuário e compartilhamento com outros usuários; b) a falta de um mecanismo de controle de acesso a nível de documento no CouchDB; e c) o fato de que a criação de banco de dados no CouchDB é reservada ao usuário administrador. Assim, a arquitetura proposta faz a sincronização de múltiplos banco de dados a partir da definição de um servidor intermediário que detenha o acesso de nível administrador ao CouchDB. Estas estratégias são implementadas em uma PWA para o auxílio no estudo de instrumentos musicais.*

1. Introdução

Russel e Berriman (2015) cunharam o termo *Progressive Web App* (PWA) com o objetivo de denominar websites que “tomaram as vitaminas certas” para entregar aos usuários uma experiência mais próxima à oferecida por aplicativos móveis nativos enquanto tiram proveito das vantagens clássicas da plataforma Web [Russel and Berriman 2015]. Intencionalmente ou não, o conceito de PWA trouxe à luz o que fora, na verdade, a ideia original para a execução de códigos de terceiros em dispositivos móveis quando do lançamento do iPhone pela Apple, em 2007. A visão original da empresa não contemplava a instalação direta de códigos de terceiros no aparelho. O objetivo era que os aplicativos não fossem mais que aplicações web tradicionais, simplesmente apresentadas de forma distinta daquela consagrada nos navegadores [9to5mac 2011].

Muitos aplicativos nativos para dispositivos móveis destinam-se à solução de problemas e usos pontuais. Em função desta pontualidade, vários desses aplicativos acabam ignorados por apresentarem um custo de oportunidade maior que o de soluções alternativas. Em outras palavras, do ponto de vista do usuário, o custo de download e o engajamento exigidos por aplicativos nativos para sua instalação permanente no dispositivo é maior que o de soluções que não envolvam o aplicativo. Assim, por facilitar usos descompromissados e pontuais, para a maioria dos casos em que se deseja uma interação que não exija um comprometimento demasiado do usuário, a plataforma Web é mais indicada [Lopes 2016].

O funcionamento centralizado, por sua vez, é um fator frustrante comum a aplicativos móveis nativos e aplicações Web tradicionais, por depender de conexão estável com a Internet e da Nuvem como *Single Source Of Truth* (SSOT) das informações que manipulam. Não raro, essa característica impede por completo o acesso e a utilização da aplicação. Esses aplicativos também apresentam performance insatisfatória quando operados sob conexões lentas, como 2G e 3G e a observância desses fatores tem profundas implicações no design da camada de comunicação de uma aplicação [Prasad 2011].

O desenvolvimento de PWAs que mesclam o custo de oportunidade de aplicações Web tradicionais com o engajamento e a imersividade de aplicativos nativos aumenta a atratividade de soluções móveis antes ignoradas por esses fatores e reduz seus custos de distribuição e uso. Por sua vez, a capacitação *offline* de PWAs oferece grandes benefícios e conveniência aos usuários em cenários em que o sinal de Internet seja lento, intermitente ou inexistente [DA-14 2017]. O usuário dispõe de uma interface mais rápida, dado que as operações de escrita e leitura são realizadas localmente, reduzindo drasticamente o tempo de resposta.

Tomar consciência desse fato desde o início de um novo projeto é de suma importância devido ao enorme impacto exercido na arquitetura e desenvolvimento das aplicações. Dado que o *workflow offline-first* é essencialmente diferente do *workflow* de aplicações que assumem a existência permanente de conexões rápidas e confiáveis, o funcionamento *offline-first* dificilmente pode ser implementado incrementalmente, em um momento futuro, sem que haja a reimplementação de grande parte do código [Prasad 2011].

Ademais, é preciso entender que o cenário *offline* não é um erro - como comumente é tratado pelos desenvolvedores -, mas um fato da vida mobile [Feyerke 2014] e que uma abordagem *offline-first* é a única maneira de se obter uma experiência ubíqua, ou seja, permitindo a operação da aplicação em qualquer cenário de conectividade [Holt 2015].

Dessa forma, este trabalho apresenta uma arquitetura para desenvolvimento de PWAs capaz de operar completamente *offline*, realizando a replicação das informações geridas para a Nuvem apenas quando houver conexão estável com a Internet. A concepção desta arquitetura tem por base um requisito chave da aplicação: o usuário pode compartilhar determinadas informações com outros usuários. No entanto, o CouchDB não possui nenhum mecanismo de controle de acesso a nível de documento, apenas para banco de dados. Assim, uma solução é trabalhar com múltiplos banco de dados por usuário. Nesse caso, um outro problem precisa ser tratado, o fato de que a criação de banco de dados no CouchDB é reservada ao usuário administrador. A arquitetura proposta neste trabalho

visa suprir estas limitações,

O desenvolvimento da arquitetura envolveu a implementação de uma *Single Page Application* (SPA) com o uso do *framework* de interfaces Vue.js [Vue.js 2017], a biblioteca de componentes Vuetify [Vuetify 2017] e o *framework* de aplicação Nuxt.js [Nuxt 2017]. A persistência dos dados a nível local se dá com o uso do PouchDB [PouchDB 2017] enquanto seu mecanismo de sincronização envia os dados a um servidor CouchDB. Operações restritas a administradores do CouchDB [CouchDB 2017] são realizadas através de um servidor intermediário implementado em Express.js [Express 2017].

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta um referencial sobre a capacidade de operar *offline* e a simulação da experiência nativa em aplicações Web. A Seção 3 descreve a arquitetura proposta para contornar problemas relacionados à sincronização de múltiplos bancos de dados. Por fim, apresenta os resultados obtidos com a arquitetura desenvolvida e tece comentários sobre possíveis melhorias e o futuro dos conceitos analisados.

2. Operação *offline*

Nesta seção são apresentados os mecanismos que viabilizam a execução de uma aplicação Web *offline* e sua integração com a interface nativa dos dispositivos. Também são expostas as ideias fundamentais para sincronização de dados distribuídos nessas aplicações utilizando-se PouchDB e CouchDB.

2.1. Service Workers

O Service Worker é um tipo específico de Web Worker, tratando-se assim de uma API JavaScript executada à parte do contexto de execução da aplicação principal e, portanto, sem acesso ao Documento Object Model (DOM). Em função disso, os Service Workers são recomendados para a execução de tarefas em *background*, que podem rodar mesmo quando a aplicação estiver *offline*, dando total controle sobre a experiência do usuário aos desenvolvedores [Gaunt 2017]. Uma de suas principais características é ser um *proxy* de rede programável, funcionando como um intermediário entre as requisições feitas pela aplicação principal e a rede, permitindo, entre outras coisas, o cacheamento de recursos especificados e endereçáveis por URLs [Gaunt 2017].

2.2. Simulação da experiência nativa

Quando o assunto é a experiência do usuário, uma aplicação Web tradicional peca em diversos aspectos se comparada a aplicativos nativos. Para utilizá-la, o usuário precisa abrir o navegador; digitar o endereço do *site*; ver uma tela branca enquanto os recursos são carregados pela rede; ter a barra de navegador ocupando espaço na interface. Todos esses são pequenos detalhes que, por mais insignificantes que pareçam, refletem em frustração e abandono dos usuários. É para sanar esses problemas que, em combinação com os Service Workers, hoje dispomos do manifesto dos aplicativos Web, ou Web App Manifest. Segundo Matt Gaunt e Paul Kinlan,

O manifesto dos aplicativos Web é um arquivo JSON que permite controlar como o aplicativo Web ou *site* é exibido para o usuário em áreas que normalmente se espera ver aplicativos nativos (por exemplo, a tela inicial de um dispositivo), como definir o que o usuário pode inicializar e o visual durante a inicialização. [Gaunt and Kinlan 2017]

Com algumas poucas propriedades, o Web App Manifest permite que integremos nossa aplicação Web à interface nativa do dispositivo, incluindo a adição de um ícone de inicialização à *homescreen* deste, provendo ao usuário uma experiência praticamente indistinguível daquela fornecida por aplicativos nativos [Lopes 2016].

Para que uma aplicação Web se comporte de maneira visualmente mais próxima de um aplicativo nativo, recomenda-se que ela seja construída na forma de uma Single Page Application (SPA) [Lopes 2016]. SPAs são aplicações Web que, através do uso de requisições assíncronas - popularmente conhecidas pela sigla AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) -, permitem que novos dados sejam recebidos de servidores Web e apresentados na página já renderizada no navegador do usuário, sem que ele seja obrigado a recarregar a página completamente para visualizar as novas informações. Combinando essa técnica às modernas propriedades CSS (Cascading Style Sheets) de animações e transições, é possível realizar mudanças e trocas suaves entre diferentes componentes da interface gráfica da aplicação, imitando - por vezes de modo muito fiel - a interface gráfica nativa do dispositivo.

Algumas ferramentas auxiliam na obtenção de uma aplicação que disponha de todos esses benefícios, como no caso do Vue.js, Vue-Router [Vue-Router 2017] e Vuetify, além do *bundler* Webpack [Webpack 2017] e do *framework* de aplicação Nuxt.js.

2.3. PouchDB e CouchDB

Apesar dos Service Workers possibilitarem a operação *offline* do *app shell* e a sincronização de informações em *background*, eles não são diretamente responsáveis pelo armazenamento local das informações geridas pela aplicação. Além disso, a gestão de informações descentralizadas (replicadas e sincronizadas entre dispositivos e servidores) envolve uma série de problemas complexos e de difícil resolução. Por exemplo, o desenvolvimento de algoritmos de resolução de conflitos e revisões e a prevenção de perda de dados são requisitos que precisam ser implementados desde o início do desenvolvimento da aplicação [Martynus 2017].

Dentre as diversas opções para o armazenamento local de informações estão a Local Storage, a Session Storage, IndexedDB e o WebSQL. Todos esses, porém, apresentam problemas como pouco suporte pelos navegadores, limitações graves de espaço em memória, incompatibilidade com Web Workers e funcionamento síncrono bloqueante.

No entanto, quase a totalidade dessas bibliotecas, à notória exceção do PouchDB, preocupa-se exclusivamente com o armazenamento local, desconsiderando a possível inserção da aplicação em um contexto distribuído e delegando ao desenvolvedor o tratamento da coesão, replicação e sincronização das bases de dados.

O PouchDB dá diversos passos além da simples facilitação de manipulação do IndexedDB. Abstraindo as diferenças entre o IndexedDB e o WebSQL em uma única API, o PouchDB amplia a capacidade de atuação da base de código, utilizando o IndexedDB como escolha primária de armazenamento e mudando para o WebSQL em navegadores sem suporte ao IndexedDB [Brown 2014].

Sendo uma reimplementação do CouchDB em JavaScript, o PouchDB também implementa o protocolo de replicação do CouchDB, permitindo que as informações salvas mesmo *offline* sejam replicadas e sincronizadas de maneira consistente com a Nuvem, tão

logo haja conexão disponível [PouchDB 2017].

3. Arquitetura Multidatabase Proposta

Esta seção apresenta inicialmente os requisitos da PWA implementada no estudo dos conceitos. A seguir são apresentadas as soluções propostas para problemas gerados pelas limitações das ferramentas utilizadas, indo desde a criação de bancos de dados isolados para cada usuário, sua autenticação e autorização até a criação programática e sincronização de novos bancos no lado servidor por parte desses usuários.

3.1. Requisitos da aplicação

A implementação da PWA destina-se a uma aplicação para auxílio no estudo de instrumentos musicais. A aplicação permite que um usuário registre suas sessões de prática para que, mais tarde, possa visualizar sua evolução. O usuário pode dispor de diversas agendas de treinamento, as quais podem conter diversos exercícios (*licks*). Toda vez que o usuário pratica um exercício, a aplicação registra a duração do exercício, a variação do exercício utilizada - se houver -, a velocidade utilizada em batidas por minuto (BPM) e um *feedback* sobre a execução do exercício para referência futura. Um ponto chave da aplicação é a possibilidade do usuário convidar outros usuários para participar de uma mesma agenda de treinamento (compartilhamento de agenda).

3.2. Arquitetura e Segurança

Apesar das facilidades de replicação, o CouchDB oferece alguns desafios quando se trata de segurança e privacidade dos dados. Esses desafios são abordados nesta seção, apresentando possíveis soluções para que os requisitos da aplicação sejam atendidos da maneira mais transparente possível para os usuários, garantindo a integridade e privacidade das suas informações. São explicados os processos de criação de usuários e agendas de treinamento no lado servidor, autenticação e autorização.

Como o CouchDB não oferece nenhum mecanismo de controle de acesso a nível de documentos nem o conceito de coleções, é necessário que cada usuário possua seu próprio banco de dados. Assim, quando um usuário realiza o cadastro no sistema, um novo banco de dados deve ser criado para seu uso exclusivo. O CouchDB facilita esse processo oferecendo a configuração *couch_peruser*, que realiza a criação automática de um banco de dados com os níveis de acesso corretos toda vez que um novo registro é adicionado ao banco *_users*.

Efetuada o *login*, o usuário passa a poder criar novas agendas de treinamento a serem gerenciadas. No futuro, cada uma dessas agendas poderá ser compartilhada com outros usuários que poderão visualizar e modificar suas informações. Entretanto, assim como acontece com as informações privadas dos usuários, é necessário que cada agenda possua seu próprio banco de dados a fim de controlar quem pode ou não acessá-la. O problema nesse caso é que, diferentemente do que acontece com o banco de dados criado para o usuário com a opção *couch_peruser*, o CouchDB não oferece uma opção que realize esse processo automaticamente. Nem o usuário pode realizá-lo pois a criação de bancos de dados é reservada aos administradores do CouchDB.

3.2.1. Autenticação e autorização

O CouchDB oferece não só a camada de armazenamento de dados, mas também um serviço RESTful para acesso e manipulação das informações, juntamente com um *framework* de autenticação e autorização *built-in*. O uso desse *framework* é mandatório para que se possa tirar vantagem das funcionalidades de sincronização dessa tecnologia - é preciso que os dispositivos clientes tenham comunicação direta com o servidor do CouchDB para que mantenham os dados em sincronia. Por outro lado, algumas ações só podem ser realizadas por administradores do CouchDB, como, por exemplo, criar novos bancos de dados ou gerenciar o nível de acesso dos usuários. Como algumas dessas ações terão de ser executadas programaticamente, segundo a demanda dos dispositivos clientes, é necessário um servidor intermediário que detenha acesso de nível administrador ao CouchDB. Esse servidor foi implementado nesta proposta utilizando Node.js [Node.js 2017] e o *framework* de HTTP Express.js. A arquitetura é representada na Figura 1.

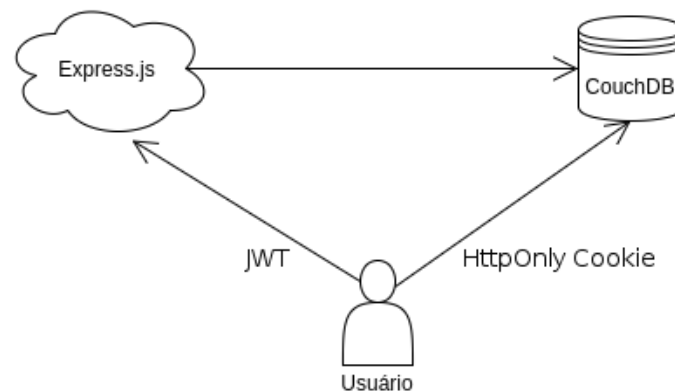


Figura 1. Arquitetura de autenticação paralela para CouchDB com Express.js

Nessa arquitetura, enquanto o *framework* de autenticação do CouchDB fornece autenticação por *tokens* baseada em *cookies*, a autenticação no servidor Express.js pode ser realizada através de JSON Web Tokens (JWT) [JWT 2017]. Assim, ao realizar o *login* na aplicação, o dispositivo realiza a requisição de dois *tokens* em paralelo - ambos com os mesmos critérios de expiração -, uma para cada servidor. Mantém-se assim o contato direto do dispositivo do cliente com o servidor CouchDB e possibilita-se a execução programática de operações restritas a administradores através do servidor intermediário. É interessante que não necessariamente ambas as autenticações precisam ser bem sucedidas para que usuário possa utilizar a aplicação, dado que cada um dos *tokens* dá acesso a serviços distintos. Portanto, no caso de um dos serviços encontrar-se *offline*, o usuário simplesmente terá algumas das funções da aplicação temporariamente indisponíveis.

3.2.2. Sincronização de banco de dados e compartilhamentos

Apesar do protocolo de replicação do CouchDB e o PouchDB ser projetado para a sincronização de informações contidas em um determinado banco de dados, eles não oferecem nenhuma alternativa que sincronize a criação de novos bancos de dados. Além disso, no caso de uso da aplicação proposta, é necessário que as informações de permissões de acesso a determinados bancos de dados também sejam sincronizadas. Como

mencionado anteriormente, novos bancos de dados e a modificação das permissões de acesso a esses bancos precisam ser feitas por administradores do CouchDB, portanto, através do servidor Express.js.

A questão torna-se, então: quando realizar essas requisições ao serviço Express.js, visto que, diferentemente do PouchDB, esse serviço não dispõe de um sistema em tempo real? E ainda, como manter uma lista atualizada das agendas de treino de um usuário, dado que esse usuário pode, inclusive, criar novas agendas, deletá-las ou compartilhá-las com outros usuários enquanto estiver *offline*? Ou seja, para que uma nova agenda tenha seu respectivo banco criado no servidor, excluído ou alterado, é necessário ter conhecimento de duas variáveis principais: o *status* da conexão e o *status* da autenticação.

Como a sincronização do banco privado do usuário depende tanto de conexão com a Internet, quanto de autenticação, o melhor momento para a realização dessas operações acontece quando um evento de sincronização bem sucedida é disparado.

Assim, a solução proposta é que cada usuário mantenha uma lista de descrição dessas informações em seu banco privado. Como esse banco pode ser sincronizado normalmente através do PouchDB e apenas o usuário mesmo detém acesso a esse documento, é possível valer-se dos eventos disparados pela *engine* de sincronização e utilizar a lista de descrição remota, sincronizada, para então realizar as operações necessárias. Por exemplo, quando informações alteradas localmente no navegador são sincronizadas com o servidor, a *engine* de sincronização do PouchDB dispara um evento *change* com a propriedade *direction* contendo o valor *push*. A partir disso, pode-se verificar se os documentos da lista de descrição foram modificados e, então, disparar a requisição para o serviço responsável pelas operações de criação de bancos, exclusão de bancos ou modificação de permissões. A Figura 2 apresenta um diagrama desse procedimento.

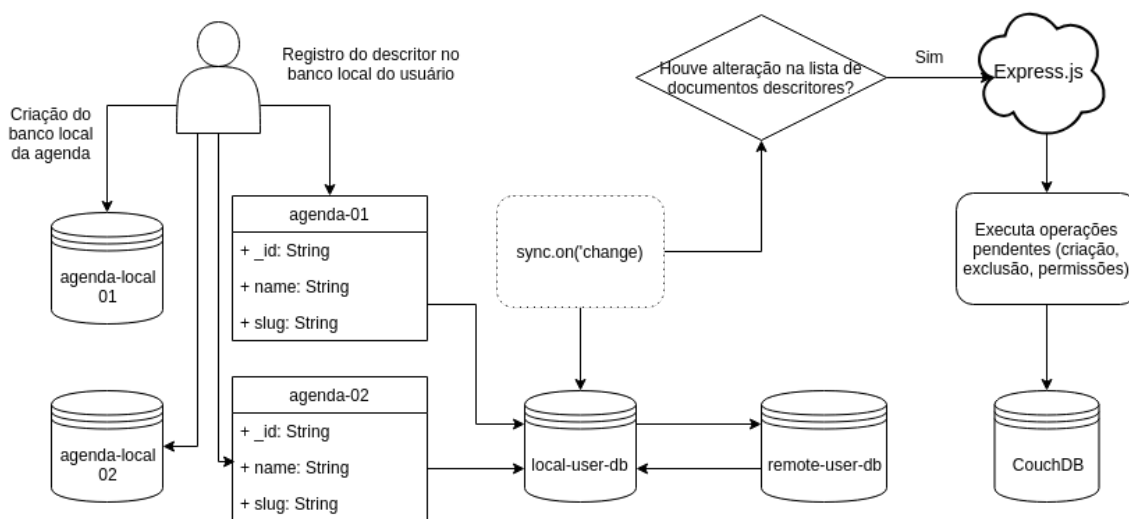


Figura 2. Diagrama do mecanismo de sincronização de agendas de treino e suas permissões

É preciso considerar que a requisição em questão pode ser falha e que o serviço intermediário não dispõe de sincronização contínua. Também não é possível assumir que um novo evento *change* contendo um mesmo documento descritor irá ocorrer em um momento futuro. Nesse caso, é preciso informar ao usuário e fornecer meios para

que realize essa requisição em outro momento. Algo como “Não foi possível realizar o *backup* dos seus dados. Tentar novamente”.

4. Resultados Obtidos

O desenvolvimento com Nuxt.js permitiu que algumas características almeçadas para a aplicação fossem alcançadas com relativa facilidade. O cacheamento do *app shell* e a integração da interface da aplicação com a interface nativa do dispositivo não necessitaram de mais nada além da instalação do módulo para PWAs do Nuxt.js e sua configuração, já que esse módulo cria o Web App Manifest e os Service Workers necessários aos objetivos mencionados sem que seja preciso escrever esses arquivos desde as suas bases. O Vuetify, por sua vez, tornou possível o desenvolvimento de uma interface gráfica completamente responsiva e extremamente semelhante à interface nativa dos aplicativos para Android. Com isso, a interface da aplicação atendeu a diversas exigências das PWAs, sendo responsiva e *app-like* (através do Vuetify), independente de conectividade, instalável e transparentemente atualizada (através dos Service Workers) e descobrível e linkável (por tirar proveito da plataforma Web).

Com o par PouchDB/CouchDB, a característica *offline-first* foi muito bem incorporada à aplicação, resultando em uma GUI extremamente rápida em que, após o carregamento inicial da aplicação, todas as interações do usuário ocorrem de maneira instantânea. Isso porque nenhuma das operações realizadas pelo usuário depende da realização de requisições HTTP. Por outro lado, não foi possível verificar se houve economia real de bateria dos dispositivos, dado que a aplicação foi executada apenas em ambiente de desenvolvimento por meio de dispositivos conectados via USB e, até o momento, não foi disponibilizada em ambiente de produção.

O mecanismo de sincronização de tarefas restritas a administradores do CouchDB através de um servidor intermediário mostrou-se sólido. Porém, como mencionado, a dependência de uma requisição HTTP convencional para a execução dessas operações, sua suscetibilidade a falhas e a ausência de um mecanismo que tente realizar essas requisições repetidamente até que sejam bem sucedidas, obriga o desenvolvedor a apresentar ao usuário opções para executar essas operações manualmente em caso de falha. Esse fator implica em uma pequena perda de usabilidade, já que operações presumidamente transparentes precisam ser explicitadas aos usuários.

Enfim, apesar de minimizar o problema, a abordagem proposta para sincronização de agendas modificadas quando *offline* serve apenas para o envio de informações ao servidor. Ou seja, um dispositivo ocioso apenas saberá das modificações em uma agenda específica quando esta for acessada na sua própria interface. Porém, esse mecanismo impede que dados deixem de ser enviados ao servidor quando um dispositivo estiver *online* e, tão logo a agenda for utilizada *online* em um dispositivo antes ocioso, os dados estarão disponíveis para sincronização no servidor.

5. Considerações finais

Atualmente, a abordagem *multidabase* é a única capaz de manter verdadeiramente a privacidade dos dados de um usuário em um sistema CouchDB. Entretanto, essa abordagem acarreta enormes limitações que precisam ser vencidas através de mecanismos de menor

estabilidade e coesão em relação ao mecanismo de replicação de documentos do qual usufruem os bancos de dados contidos no CouchDB.

Essa abordagem *multidatabase* também apresenta desafios de arquitetura para a aplicação que devem ser cuidadosamente ponderados. Como cada usuário e cada agenda de treino detém seus bancos de dados isolados, a manutenção de Design Documents precisa atentar ao suporte retroativo e deve ser realizada através da atualização da aplicação nos dispositivos de usuários, já que realizá-la diretamente no servidor CouchDB implicaria na atualização de todos os bancos de dados manualmente ou através de um *script* que varresse todo o SGBD realizando as alterações.

Quando tratamos de performance, a ideia de uma enorme quantidade de bancos de dados pode representar problemas que dependerão do tipo de *hardware* e do sistema operacional utilizados para o servidor CouchDB. Isso se deve ao fato de que requisições ao CouchDB dependem do quão rápido o sistema operacional consegue encontrar, abrir, acessar e fechar os arquivos do banco de dados. Também podem ocorrer problemas em relação à nomenclatura dos bancos já que caracteres especiais pode influenciar a estrutura de pastas do sistema operacional. Por essas razões, torna-se interessante o uso de serviços focados no escalonamento *multidatabase*, como o Cloudant, da IBM, em detrimento de uma instalação nativa do CouchDB.

Por fim, independentemente do uso do par PouchDB/CouchDB ou de qualquer outra ferramenta alternativa dedicada aos objetivos deste estudo, o conceito das PWAs coloca-se como uma alternativa viável e extremamente atrativa aos aplicativos nativos, sendo eles de uso pontual ou não. A distribuição fácil proporcionada pela Web, a ausência de processos de empacotamento em executáveis de instalação dependentes de versões de sistemas operacionais e a proximidade da experiência nativa obtida com as novas tecnologias Web parecem dar início a um movimento em direção à obsolescência dos aplicativos nativos.

Referências

- 9to5mac (2011). Job's original vision for the iphone: No third-party native apps. <https://9to5mac.com/2011/10/21/jobs-original-vision-for-the-iphone-no-third-party-native-apps>. Acesso em: 12 out 2017.
- Brown, T. (2014). Building an offline first app with pouchdb. <https://www.sitepoint.com/building-offline-first-app-pouchdb>. Acesso em: 15 out 2017.
- CouchDB (2017). <http://couchdb.apache.org/>. Acesso em: 11 dez 2017.
- DA-14 (2017). Eight reasons to consider progressive web app development. <https://da-14.com/blog/eight-reasons-consider-progressive-web-app-development>. Acesso em: 2 out 2017.
- Express (2017). Express.js. <http://expressjs.com>. Acesso em: 14 nov 2017.
- Feyerke, A. (2014). Alex feyerk - offline first. https://www.youtube.com/watch?v=dPz_5-MEvcg. Acesso em: 2 out 2017.

- Gaunt, M. (2017). Service workers: uma introdução. <https://developers.google.com/web/fundamentals/primers/service-workers>. Acesso em: 12 out 2017.
- Gaunt, M. and Kinlan, P. (2017). O manifesto do aplicativo web. <https://developers.google.com/web/fundamentals/web-app-manifest/?hl=pt-br>. Acesso em: 12 out 2017.
- Holt, B. (2015). Offline-first apps with pouchdb. <https://www.youtube.com/watch?v=7L7esHWAjSU>. Acesso em: 31 out 2017.
- JWT (2017). Jwt. <https://jwt.io/>. Acesso em: 10 dez 2017.
- Lopes, S. (2016). Progressive web apps por sergio lopes - devfest são paulo 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=tECW-YJXV1o>. Acesso em: 2 out 2017.
- Martynus, G. (2017). Building offline first apps with hoodie — js.la march 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=TSDyxtVbbME>. Acesso em: 31 out 2017.
- Node.js (2017). Node.js. <https://nodejs.org>. Acesso em: 10 dez 2017.
- Nuxt (2017). Nuxt. <http://nuxtjs.org>. Acesso em: 14 nov 2017.
- PouchDB (2017). Introduction to pouchdb. <https://pouchdb.com/guides>. Acesso em: 15 out 2017.
- Prasad, A. (2011). Offline support is valuable, and you can't add it later. <http://aanandprasad.com/articles/offline>. Acesso em: 2 out 2017.
- Russel, A. and Berriman, F. (2015). Progressive web apps: escaping tabs without losing our soul. Acesso em: 12 out 2017.
- Vue-Router (2017). Getting started. <https://router.vuejs.org/en/essentials/getting-started.html>. Acesso em: 31 out 2017.
- Vue.js (2017). Introduction. <https://vuejs.org/v2/guide>. Acesso em: 31 out 2017.
- Vuetify (2017). Vuetify for vue.js. <https://github.com/vuetifyjs/vuetify>. Acesso em: 31 out 2017.
- Webpack (2017). Code splitting. <https://webpack.js.org/guides/code-splitting>. Acesso em: 31 out 2017.

Redes de Petri Estocásticas Aplicadas ao Planejamento de Capacidade em Sistemas de Geração de Energia Solar Fotovoltaica

Dierli Maiara da Rosa Maschio¹, Ana Caroline T. Bonafin¹, Marcelo Teixeira¹

¹ Departamento de Informática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Pato Branco – PR, Brasil

{dierli, anabonafin}@alunos.utfpr.edu.br, marceloteixeira@utfpr.edu.br

Abstract. *Capacity planning mechanisms are fundamental for alternative power generation. Under the lack of capacity planning, all infrastructure has to be constructed and tested so that the real power generation potential can be measured. Besides to be expensive, this approach is also time consuming and incapable of allowing the reconfiguration and test of different generation scenarios. This article proposes a Petri Net model that captures the variability of power generation and serves to the capacity process in photovoltaic plants. From this approach, multiple scenarios can be reconfigured and simulated in a short period of time, which tends to be a valuable tool for capacity planning.*

Resumo. *Mecanismos de planejamento de capacidade são fundamentais para a geração alternativa de energia elétrica. Sem eles, toda a infraestrutura precisa ser construída e testada para que só então se dimensione o real potencial de geração. Além de financeiramente custosa, essa abordagem também consome tempo de implantação e se mostra inflexível para a reconfiguração e teste de diferentes cenários de produção. Esse artigo propõe um modelo em redes de Petri que captura as variabilidades de geração e serve ao planejamento de capacidade em usinas fotovoltaicas. A partir dessa abordagem, múltiplos cenários podem ser reconfigurados e simulados em um curto espaço de tempo, o que tende a ser valioso sob o ponto de vista de planejamento preditivo.*

1. Introdução

Com o avanço da indústria, tanto em termos de tecnologias quanto de dimensões físicas, os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia têm sido desafiados a apresentar escalabilidade suficiente para acompanhar e sustentar o crescimento dessa demanda [Tolmasquim 2012]. Ao longo dos últimos anos, inúmeras alternativas para o aumento da geração de energia vêm sendo propostas. Dentre elas, a geração por meio de fontes renováveis, que compõem uma maneira eficaz e ecologicamente sustentável de produzir energia, oriunda de fontes ilimitadas de recursos como o sol, o vento, etc. [Goldemberg and Lucon 2008].

A energia eólica, utiliza a energia cinética que existe no vento, para a movimentação de dispositivos (turbina eólica) que convertem o movimento (energia mecânica) para o gerador produzir energia elétrica. Já a energia solar utiliza da incidência solar sobre painéis e, dada a sua ampla difusão, é de interesse particular desse trabalho.

Um painel é caracterizado por receber raios solares e convertê-los em energia elétrica através dos efeitos da irradiação (calor e luz) sobre o material semicondutor do painel [ANEEL 2002]. Eles geram uma quantidade intermitente de energia em dias nublados e durante a noite, mas, em contrapartida, apresentam grandes vantagens como baixa manutenção, fácil manuseio e, principalmente, eles operam em função de um recurso ilimitado, que é o sol.

Um dos desafios da geração de energia em larga escala via painéis é que não se conhece, a priori, a relação entre a demanda e o consumo, ponderada pelas possíveis interferências externas e imprevisíveis no esquema de geração, como o clima ou até mesmo a falha desses painéis. Quando as estimativas dessa natureza não estão disponíveis em fase de projeto, o sistema precisa ser desenvolvido, implantado e então medido para que se constate seu potencial de geração sob diferentes condições de operação. Ou seja, essa abordagem requer a construção de toda a infraestrutura física. Além de dispendiosa financeiramente, essa abordagem também consome tempo de implantação, além de se mostrar inflexível para a reconfiguração e teste de diferentes cenários de produção.

Um dos possíveis mecanismos para o planejamento de capacidade em geração fotovoltaica seria por meio do uso de modelos simuláveis afim de representar o comportamento de um conjunto de geradores fotovoltaicos e, deles, extrair estimativas que possam antecipar como o sistema se comportaria perante variações nos parâmetros de operação. Uma alternativa dessa natureza é dada pelas *Redes de Petri (RP)* [Murata 1989]. Uma RP incorpora uma fundamentação matemática, aliada a um interfaceamento gráfico, que permite que um sistema seja descrito formalmente por meio de um mecanismo intuitivo. A partir de um modelo em RP, diversos cenários podem ser descritos em um curto espaço de tempo e as muitas propriedades existentes podem ser formalmente verificadas.

Em particular, quando a natureza do problema é estocástica, uma extensão das RPs surgem como opção de modelagem: as *RPs Estocásticas Generalizadas*, ou *Generalized Stochastic Petri Networks (GSPNs)* [Marsan et al. 1994]. Uma GSPN estende as RPs ordinárias com a noção de tempo. Isso eleva o potencial de estimativas que podem ser obtidas, especialmente via simulação. Por exemplo, é possível estimar, aceitando uma pequena margem de erro, como um sistema se comporta sob determinadas condições de operação. Pode-se variar os parâmetros do sistema, estimar o impacto de uma dada configuração, reproduzir um conjunto amplo de cenários e estimativas em um curto período de tempo, etc. Dessa maneira o principal objetivo desse trabalho é utilizar as GSPN para a modelagem da geração de energia solar fotovoltaica de maneira a responder as questões descritas anteriormente referente ao planejamento e capacidade desse tipo de geração de energia.

2. Trabalhos Relacionados

A literatura apresenta alguns trabalhos relacionados à geração de energia solar fotovoltaica utilizando conceitos de Redes de Petri. Em [Dey et al. 2011], por exemplo, é proposto um modelo de redes inteligentes usando GSPNs. O modelo é usado para analisar as restrições e explorar aspectos de entrega inteligente de rede elétrica para cenários futuros.

Em [Lu et al. 2010], os autores tratam, via modelo, do gerenciamento de energia de uma usina de energia fotovoltaica. São projetados diferentes modos de operação de geração e, utilizando Redes de Petri, é calculado o fluxo, ou despacho, de energia para as

unidades de armazenamento, com uma margem de potência ajustável.

Já para [Oliveira and Maria 2017], os autores propõe uma otimização para o planejamento de geração de energia renovável em sistemas de distribuição. O comportamento dos recursos renováveis são representados de forma estocástica e são manipulados de forma a determinar fatores de capacidade, custos e investimentos de um planejamento a longo prazo.

Mesmo em face a resultados interessantes e promissores na literatura, voltados à geração alternativa de energia, não se tem indícios de pesquisas recentes que explorem o planejamento de capacidade em geração fotovoltaica. A exploração desse tema se justifica em face à difusão dessa alternativa, ao seu uso em larga escala e ao papel fundamental que esse tipo de geração cumpre hoje no panorama elétrico nacional.

3. Conceitos Preliminares

Nesta seção é descrito o que são as Redes de Petri Estocásticas Generalizadas e uma breve descrição sobre os tipos disponíveis atualmente de geração de energia solar fotovoltaica.

3.1. Redes de Petri

As Redes de Petri (RPs) foram criadas por Carl Adam Petri em sua tese de doutorado, intitulada: *Kommunikation mit Automaten* (Comunicação com Autômatos), apresentada à Universidade de Bonn em 1962 [Petri 1962]. Sua utilização objetiva a modelagem gráfica e matemática de sistemas com processamento de informações caracterizados como: concorrentes, assíncronos, distribuídos, paralelos, não determinísticos e estocásticos [Murata 1989]. As diferenças entre esses sistemas podem ser caracterizadas por: sistemas concorrentes executam tarefas simultaneamente (ao mesmo tempo), sistemas assíncronos trabalham de maneira intermitentemente com um fluxo estável, sistemas distribuídos e paralelos utilizam conjuntos de componentes interligados em rede, que cooperam para realizar tarefas que podem ser executadas com níveis variados de interação entre as mesmas ao longo do processo, já os sistemas não determinísticos podem ter resultados diferentes conforme as entradas apresentas ao sistema e por fim, os sistemas estocásticos, que utilizam uma família de variáveis aleatórias que representam a evolução de um sistema utilizando uma variação relacionada ao tempo.

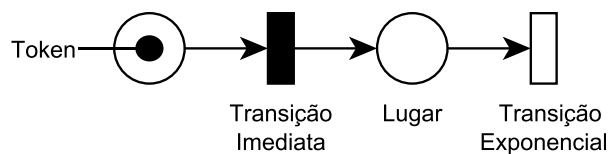


Figura 1. Rede de Petri simples, com um *token*, dois lugares e duas transições.

A Figura 1 mostra um modelo simples em RP. Ele consiste de lugares, transições e arcos que os conectam. Os arcos conectam lugares a transições. Os lugares podem conter *tokens*, que expressam a ideia de fichar e alteram o estado do sistema modelado, que é então dado pela combinação do número de *tokens* em cada lugar. Transições são componentes ativos, elas modelam atividades (ou eventos) que podem ocorrer, forçando

assim a transição e a evolução do espaço de estados do sistema. As transições só podem ser disparadas se estiverem ativadas, ou seja, se houverem *tokens* suficientes nos locais que antecedem essas transições.

3.2. Energia Solar Fotovoltaica

A geração de energia solar fotovoltaica é considerada renovável, pois provém de uma fonte ilimitada, neste caso o sol. Seu funcionamento se dá com a conversão direta da radiação solar em eletricidade através dos painéis fotovoltaicos, que são constituídos de células fotovoltaicas [Reinders et al. 2017]. A essa conversão dá-se o nome de efeito fotovoltaico. Esse efeito consiste na propriedade de alguns materiais apresentarem uma diferença de potencial quando atingidos por raios de luz, geralmente o silício.

Existem dois tipos de instalação desse tipo de geração energia: *on grid* e *off grid*. Os sistemas do tipo *on-grid* funcionam em função de sua conexão à rede de transmissão, permitindo que a energia produzida em excesso e que não for consumida em nível local seja repassada para a rede de transmissão, sendo então convertida em créditos de energia para o sistema gerador. Já os sistemas do tipo *off-grid* funcionam de maneira isolada e utilizam um banco de baterias para o armazenamento de energia, como mostra a Figura 2:

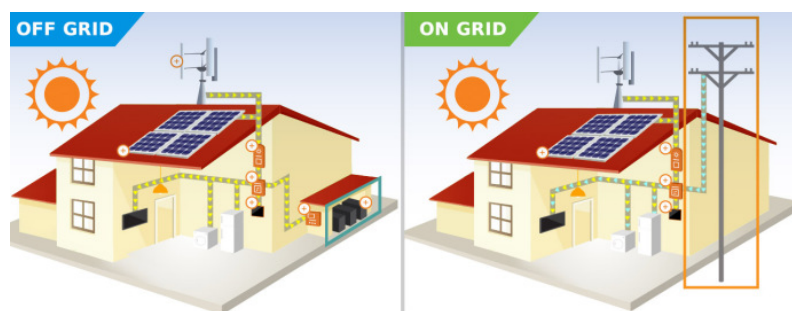


Figura 2. Sistema de geração solar fotovoltaica do tipo *off-grid* e *on-grid*.

Fonte: <https://cooposolar.wordpress.com/on-grid/>

4. Metodologia

Para modelar o sistema de geração de energia solar fotovoltaica, foi necessário analisar o comportamento do sistema, assim como seus parâmetros para a variação no modelo de simulação. Para a obtenção dos modelos em GSPN foi utilizado o sistema de geração de energia solar fotovoltaica do tipo: *on-grid*. Para as simulações deste trabalho, foi utilizado o software *TimeNet* desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo grupo de Engenharia de Sistemas e Softwares da Universidade Tecnológica Ilmenau (*Technische Universität Ilmenau*), da Alemanha [Ilmenau].

Este software permite a modelagem e a análise das questões de desempenho e confiabilidade de sistemas, habilitando a inclusão do conceito de temporização no modelo [Zimmermann et al. 2000]. Possui um jogo de *token* interativo para a depuração de modelos, além de técnicas de análise estrutural e simulação estacionária do sistema que incluem o uso de probabilidades de números de *tokens* em locais e taxa de transferência entre as transições, sendo possível utilizá-los nos experimentos apresentados a fim de estimá-los e analisá-los de maneira coerente com o sistema real.

5. Principais Resultados

O primeiro modelo proposto (modelo 1) foi construído considerando-se apenas um painel solar, um inversor (responsável por transformar a corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC)) e uma taxa de consumo, conforme mostra a Figura 3. Já o segundo modelo (modelo 2) é composto por dois painéis solares, um inversor e uma taxa de consumo, como mostra a Figura 4, podendo ser equivalentemente replicado para múltiplos equipamentos físicos.

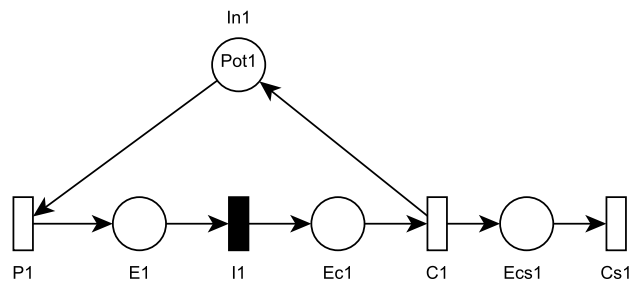


Figura 3. Modelo 1: Sistema de geração de energia fotovoltaica com um painel solar, um inversor, um controlador e uma taxa de consumo.

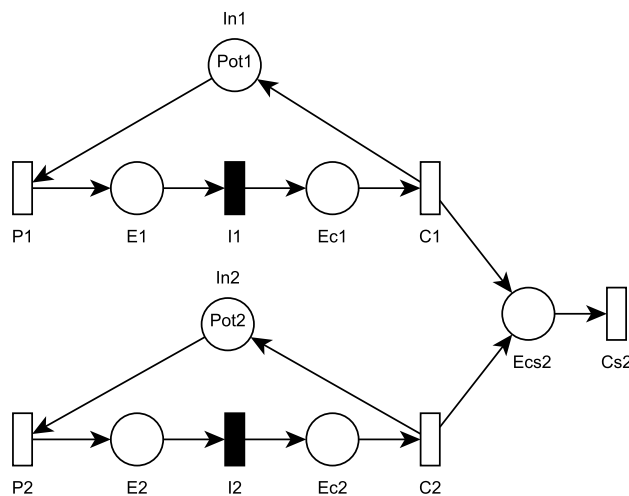


Figura 4. Modelo 2: Sistema de geração de energia fotovoltaica com dois painéis solares, um inversor, um controlador e uma taxa de consumo.

Os modelos apresentados nas Figuras 3 e 4, são compostos por:

- Transições temporizadas: Painéis $P1$ e $P2$, e controladores $C1$ e $C2$, acompanhadas dos respectivos delays $d_{P1} = d_{P2}$ e $d_{C1} = d_{C2}$.
- Transições imediatas: Inversores $I1$ e $I2$. Não está sendo considerado, nesse trabalho, a análise do atraso de acionamento do inversor;
- Lugares (*buffers*): $In1$, $In2$, $E1$, $E2$, $Ec1$, $Ec2$, $Ecs1$ e $Ecs2$, utilizados para o armazenamento da "energia" do sistema.

- Recursos: $Pot1$ e $Pot2$, utilizados para inicializar o modelo, conforme a potência de cada painel.

Nas RPs as transições são modeladas para a representação dos eventos ocorridos no sistema, e os lugares representam as condições, conforme os itens abaixo:

- $P1$: Dispara 1 Watt de potência a cada x segundos. Tempo de disparo: d_{P1} .
- $P2$: Dispara 1 Watt de potência a cada x segundos. Tempo de disparo: d_{P2} .
- $C1$: Garante o tamanho máximo de recursos no lugar $In1$. Tempo de disparo: d_{C1} .
- $C2$: Garante o tamanho máximo de recursos no lugar $In2$. Tempo de disparo: d_{C2} .
- $Cs1$: Dispara 1 Watt de potência a cada x segundos, conforme a taxa de consumo requerida.
- $Cs2$: Dispara 1 Watt de potência a cada x segundos, conforme a taxa de consumo requerida.
- $I1$: Representa a transição do inversor de corrente, neste caso seu disparo é imediato.
- $I2$: Representa a transição do inversor de corrente, neste caso seu disparo é imediato.
- $In1$: Armazena os recursos referente a potência do painel ($Pot1$).
- $In2$: Armazena os recursos referente a potência do painel ($Pot2$).
- $E1$: Armazena os recursos disparados pela transição $P1$.
- $E2$: Armazena os recursos disparados pela transição $P2$.
- $Ec1$: Armazena os recursos disparados pela transição $I1$.
- $Ec2$: Armazena os recursos disparados pela transição $I2$.
- $Ecs1$: Armazena os recursos disparados pela transição $C1$.
- $Ecs2$: Armazena os recursos disparados pela transição $C2$.

5.1. Configuração do Experimento

Para as simulações dos modelos, foram variados os seguintes parâmetros: incidência solar, potência dos painéis e a taxa de consumo de energia: $In1$, $In2$, $Pot1$, $Pot2$, $Cs1$ e $Cs2$ respectivamente.

A potência de um painel é especificada por testes que seguem o padrão *STC-Standard Test Conditions* (Condições Padrão de Teste), em que a incidência é de 1000 Wh/m^2 , com o painel em temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (graus Celsius) e um vento com velocidade de 1 m/s , essas condições são equivalentes a 1 hora-sol [Marsan et al 1994]. Logo, foi considerado para as simulações o tempo de 1 hora para variar a incidência do sol, refletindo diretamente na variação da potência do painel mediante os *delays* das transições temporizadas.

Assim, a incidência foi variada em: 600, 700, 800, 900 e 1000 Watts.h/m^2 , valores menores que 1000 Watts.h/m^2 pois ela reflete a potência máxima dos painéis, que correspondem a 60, 70, 80 e 90% respectivamente da potência dos painéis. As potências utilizadas para os painéis, foram escolhidas com base em dois modelos existentes no mercado atual, o primeiro com uma potência máxima nos padrões STC de 250 Watts e o segundo de 360 Watts.

Por fim, os valores de *delays* foram configurados nas transições em termos de segundos, logo, 1 hora é equivalente a 3600 segundos, sendo possível calcular os parâmetros de entrada da rede, conforme os valores descritos nas Tabelas 1 e 2:

Tabela 1. Valores de variação do painel solar fotovoltaico com potência máxima de 250 Watts.

Incidência (W.h/m ²)	Porcentagem de potência	Potência (Watts)	Valor <i>delay</i>
1000	100%	250	14,4
900	90%	225	16
800	80%	200	18
700	70%	175	20,5
600	60%	150	24

Tabela 2. Valores de variação do painel solar fotovoltaico com potência máxima de 360 Watts.

Incidência (W.h/m ²)	Porcentagem de potência	Potência (Watts)	Valor <i>delay</i>
1000	100%	360	10
900	90%	324	11,
800	80%	288	12,5
700	70%	252	14,2
600	60%	216	16,6

Para a variação da taxa de consumo das transições $Cs1$ e $Cs2$, foi assumido valores de 400, 600 e 800 Watts/hora. Como as transições disparam a cada x segundos, utilizou-se valores de disparo nas transições temporizadas de 9, 6 e 4.5 segundos respectivamente, de maneira a garantir um fluxo de disparo de 1 Watt, ou seja, um *token* a cada valor estabelecido conforme a taxa de consumo.

5.2. Simulações

Por meio de simulações no software *TimeNet*, é possível obter inúmeras estimativas úteis ao planejamento de capacidade usando o modelo proposto. Por exemplo, nossa primeira estimativa emerge das Equações 1 e 2 que permitem obter a porcentagem de utilização dos lugares $Ecs1$ e $Ecs2$, descrevendo a taxa de energia produzida em relação ao montante requerido para consumo especificadas pelas transições $Cs1$ e $Cs2$.

$$utilizacao = (\#Ecs1 > 0) \quad (1)$$

$$utilizacao = (\#Ecs2 > 0) \quad (2)$$

5.2.1. Experimento 1

Utilizando o modelo 1 na simulação, obteve-se os seguintes resultados:

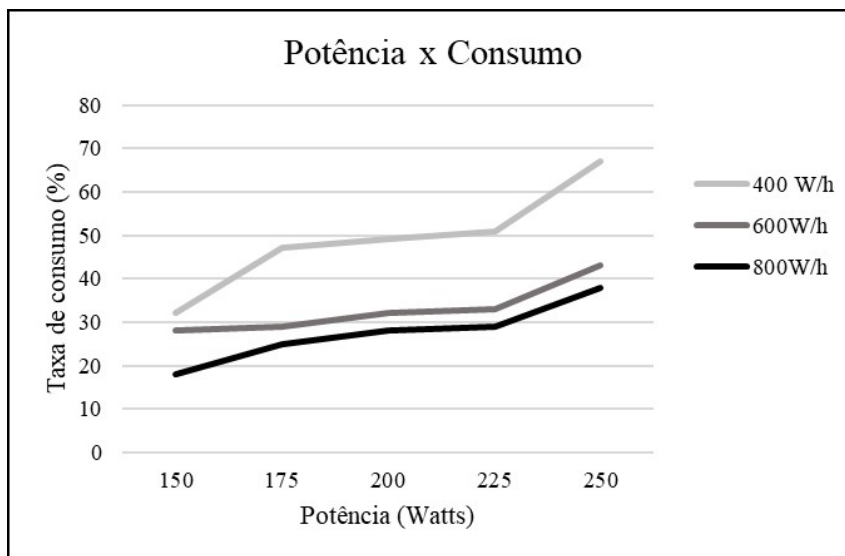


Figura 5. Gráfico referente a geração de energia que o painel solar de 250 Watts gerou comparado ao consumo requerido.

Pela Figura 5 é possível observar que o painel de 250 Watts chegou perto de produzir a energia consumida, quando a energia requerida era de 400 Watts. As demais configurações não foram suficientes, já que a demanda é superior a produção do painel. De maneira análoga acontece com o painel de 360 Watts, conforme a Figura 6:

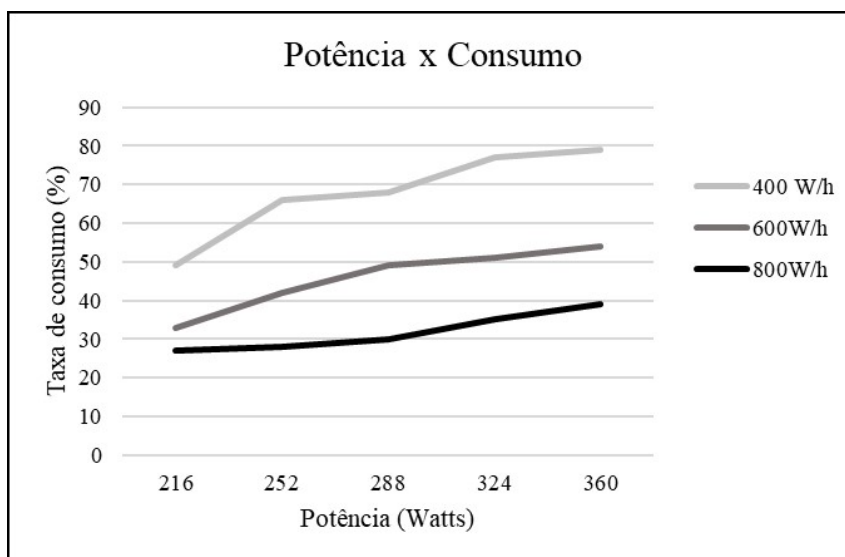


Figura 6. Gráfico referente a geração de energia que o painel solar de 360 Watts gerou comparado ao consumo requerido.

5.2.2. Experimento 2

Diferentemente do experimento 1, o 2 acopla dois painéis e recebe a mesma variação de parâmetros a fim de utilizar as 3 possíveis configurações do sistema.

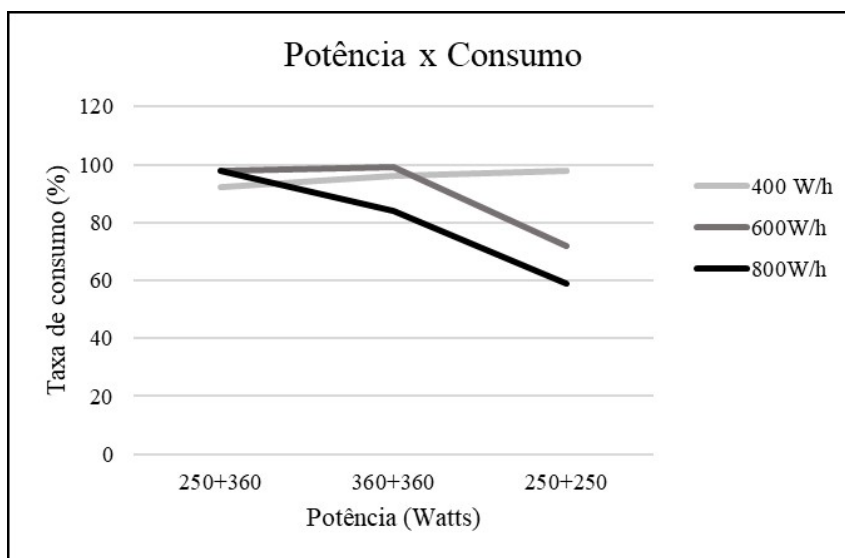


Figura 7. Gráfico referente a geração de energia que a combinação dos painéis solares geraram comparado ao consumo requerido.

Pela Figura 7 é possível notar que na integração dos painéis quase todas as configurações produziram a energia suficiente para a demanda de consumo prevista. Somente com a configuração de dois painéis de 250 Watts é que a produção ficou abaixo da demanda requerida de 600 W/h e 800 W/h.

5.3. Análise dos resultados

Com os modelos avaliados, pode-se analisar que dispor desse tipo de estimativa, seria possível planejar e construir uma infraestrutura de geração com certo grau de precisão em relação ao potencial conjunto de cada configuração, bem como a variabilidade da geração sob condições climáticas distintas.

Além de despontar como uma alternativa economicamente atrativa, essa abordagem também viabiliza a definição e o cumprimento de contratos de serviços de geração, evitando a imposição de multas por descumprimento, etc. Ou seja, embora essa abordagem esteja mais caracterizada do lado do produtor de energia, ela é igualmente útil e impacta também no lado do consumidor, podendo ser uma ferramenta decisiva ao planejamento de capacidade.

6. Conclusão

Essa pesquisa apresenta modelos e simulações experimentais que mapeiam um sistema de geração de energia elétrica usando painéis fotovoltaicos. O modelo abstrai aspectos do sistema real, capturando apenas a parte do comportamento que é relevante para o escopo da análise, como índices de incidência solar e o contraponto disso em relação ao potencial de geração. Como resposta, o modelo estima índices acumulativos de geração, de utilização do sistema, de cumprimento de demanda de geração, etc.

A alternativa pela modelagem em GSPN se mostrou atrativa, pois pode-se representar um grande número de cenários de geração em um curto espaço de tempo, e capturar de cada cenário o comportamento estocástico de interesse. Em termos de geração fotovoltaica, que depende de infraestruturas multi-painéis, essa abordagem pode viabilizar uma

ampla gama de análises de planejamento de capacidade e cumprimento de contrato de geração, com o mínimo possível de recursos e, conseqüentemente, de custos. A abordagem é particularmente útil para a tomada de decisão e planejamento de capacidade quando se está, por exemplo, em fase de projeto de infraestrutura.

Como trabalhos futuros, os autores pretendem estender o modelo para cobrir uma variedade maior de geradores, além de confrontar as estimativas do modelo em relação a índices medidos no sistema real de geração.

Referências

- ANEEL, A. N. d. E. E. (2002). Atlas de energia elétrica do brasil. *Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica.*
- Dey, A., Chaki, N., and Sanyal, S. (2011). Modeling smart grid using generalized stochastic petri net. *arXiv preprint arXiv:1108.4139.*
- Goldemberg, J. and Lucon, O. (2008). Energia, meio ambiente e desenvolvimento. Ilmenau, T. U. <https://timenet.tu-ilmenau.de/>.
- Lu, D., Fakham, H., Zhou, T., and François, B. (2010). Application of petri nets for the energy management of a photovoltaic based power station including storage units. *Renewable energy*, 35(6):1117–1124.
- Marsan, M. A., Balbo, G., Conte, G., Donatelli, S., and Franceschinis, G. (1994). *Modeling with generalized stochastic Petri nets.* John Wiley & Sons, Inc.
- Murata, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proceedings of the IEEE.*
- Oliveira, L. W. and Maria, T. C. J. (2017). Planning of renewable generation in distribution systems considering daily operating periods. *IEEE Latin America Transactions.*
- Petri, C. A. (1962). Kommunikation mit automaten.
- Reinders, A., Verlinden, P., and Freundlich, A. (2017). *Photovoltaic solar energy: from fundamentals to applications.* John Wiley & Sons.
- Tolmasquim, M. T. (2012). Perspectivas e planejamento do setor energético no brasil. *Estudos avançados*, 26(74):247–260.
- Zimmermann, A., Freiheit, J., German, R., and Hommel, G. (2000). Petri net modelling and performability evaluation with timenet 3.0. In *International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*, pages 188–202. Springer.

Configuração dinâmica de geradores distribuídos de energia utilizando Redes de Petri Estocásticas

Ana Caroline T. Bonafin¹, Dierli Maiara da Rosa Maschio¹, Marcelo Teixeira¹

¹ Departamento de Informática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Pato Branco – PR, Brasil

{anabonafin,dierli}@alunos.utfpr.edu.br, marceloteixeira@utfpr.edu.br

Abstract. *Distributed power generation has complemented the national electrical system. In this context, a micro-grid is the logical component that receives external demands and distributes the generation task at a local level, but in general without balancing aspects such as potential, resources, overhead, etc. This article proposes an alternative for the dynamic configuration of distributed power generators using Petri Nets. The approach consists of modeling the behavior of generators, calibrating these models with parameters from the real environment and simulating them under variable conditions, so that the power generation profile can be estimated for each scenario. The case study involving photovoltaic panels is used to illustrate the approach.*

Resumo. *A geração distribuída de energia tem complementado o sistema elétrico nacional. Nesse contexto, uma microrrede é o componente lógico que recebe uma demanda externa e distribui a tarefa de geração em nível local, mas em geral sem ponderar aspectos como potencial, recursos, sobrecarga, etc. Este artigo propõe uma alternativa para a configuração dinâmica de geradores distribuídos de energia utilizando Redes de Petri. A abordagem consiste em modelar o comportamento de geradores, calibrar esses modelos com parâmetros do ambiente real e simulá-los sob condições de variabilidade, para que se possa estimar o perfil energético de cada cenário. O estudo de caso usando painéis fotovoltaicos é usado para ilustrar a abordagem.*

1. Introdução

Nos últimos anos, o consumo de energia renovável vem ganhando evidência em âmbito mundial, principalmente por se tratar de fontes *limpas*, o que reduz os efeitos causados pela queima de combustíveis fósseis e pela criação de fissões nucleares [Alboteanu 2010]. Fontes de energia renovável são aquelas que não se esgotam com o tempo, pois a natureza as gera constantemente. Exemplos incluem a energia da biomassa, eólica, geotérmica, hídrica, solar térmica, fotovoltaica, etc., em contraste às fontes não renováveis, que são limitadas aos recursos existentes no planeta, como o combustível fóssil, carvão mineral, gás natural, urânio, etc. [Herzog et al. 2001].

Em adição aos benefícios ambientais, a geração de energia limpa vem se tornando também um diferencial sócio-econômico, especialmente em áreas rurais, em geral com abundância dos mais variados recursos de geração [Panwar et al. 2011]. Entretanto, para a conversão desse paradigma em tecnologias de geração de fato, a indústria elétrica como

um todo tem adaptado o seu paradigma de produção, entrega e consumo final da eletricidade. Nesse cenário, a introdução e integração de recursos energéticos descentralizados vem apresentando um impacto positivo em sistemas emergentes como as microrredes e as redes inteligentes [Buriticá-Arboleda e Álvarez Bel 2011].

De interesse particular desse trabalho, as microrredes são caracterizadas como redes de distribuição de energia elétrica que podem operar isoladamente do sistema central de distribuição (modo *ilhado*), ou conectado a ele [ANEEL 2009]. Tipicamente a arquitetura de uma microrrede integra recursos energéticos distribuídos, um controlador central, cargas locais (i.e., pontos consumidores), sistemas de armazenamento de energia (e.g., banco de baterias) e uma rede de comunicação multi-camadas. É justamente essa rede que viabiliza a ação de um controlador centralizado, posicionado no âmbito da microrrede, o qual coordena a troca de informações entre o geradores locais, a própria microrrede, e os pontos consumidores externos, como por exemplo o sistema nacional de energia [Dulau 2014, Hatziaargyriou et al. 2007].

Recentemente, o contexto de operação em que uma microrrede se insere foi mapeado na literatura [Mumbelli 2017] como sendo uma arquitetura comunicante, multicamadas, composta por três níveis de controle, sendo eles: uma *Sub Central Local* (SCL), que analisa informações referentes ao comportamento dos geradores e as repassa para uma *Central Local* (CL) onde tais informações são tratadas; e finalmente uma *Central Global* (CG) que implementa uma interface de comunicação com o usuário. Esse modelo pode ser visto na Figura 1.

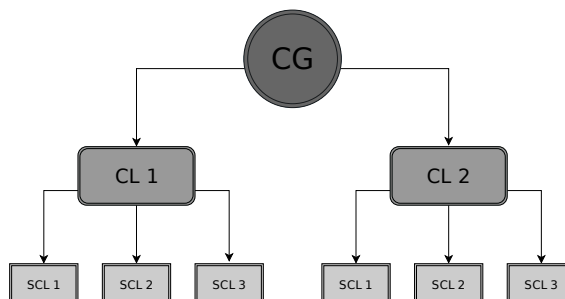


Figura 1. Arquitetura de um sistema de geração de energia em microrredes.

Apesar das múltiplas vantagens (e.g., dotar a geração distribuída com recursos típicos da indústria do futuro, foco o referido trabalho), essa arquitetura não permite diretamente otimizar a geração de energia levando em conta a cooperação entre agentes locais, a disponibilidade de recursos em cada gerador, o potencial nativo de geração, a degradação desse potencial sob condições de variabilidade, etc. Essas são características dinâmicas e probabilísticas de um sistema de geração baseado em microrredes, cuja estimativa pode não ser trivial. Uma possibilidade seria modelar esse comportamento incerto por meio de modelos de simulação, como as *Redes de Petri* (RP).

Na literatura, modelos de simulação têm sido utilizados para estimativa de disponibilidade [Charki e Bigaud 2013] e gestão energética de sistemas fotovoltaicos [Lu et al. 2010], para analisar restrições e explorar aspectos de transmissão das futuras redes de energia inteligentes [Dey et al. 2011] e para simular o comportamento de geradores e o despacho do sistema de energia em um mercado não regulamentado [Lu 2002].

Em microrredes, [Lu 2015] introduz um controle para coordenação de múltiplos geradores distribuídos que permite que o sistema opere com um intervalo de tempo mais estável e [Lu et al. 2016] modela e analisa o sistema de uma microrrede utilizando Redes de Petri Híbridas a fim de descrever os comportamentos discretos e dinâmicos de um sistema híbrido.

Entretanto, não se tem indícios de pesquisas recentes que modelem o comportamento de geradores de energia distribuída ponderando características como a quantidade de recursos energéticos disponíveis, sobrecarga, potência, entre outros. Esse trabalho propõe uma alternativa para a configuração dinâmica desses geradores de energia utilizando RPs. A abordagem consiste em modelar o comportamento desses geradores, ajustá-los com parâmetros reais coletados de estações meteorológicas e simulá-los sob condições de variabilidade. O estudo de caso aplicado a painéis fotovoltaicos é usado para ilustrar a abordagem e avaliar o comportamento de geradores em microrredes.

2. Conceitos Preliminares

Uma RP [Murata 1989, Kartson et al. 1995] é um formalismo matemático que permite descrever e avaliar sistemas caracterizados por assincronia, concorrência, paralelismo, não-determinismo, entre outros. Sua estrutura é definida por [Van der Aalst 1998] um grafo bipartido composto por um conjunto P de nós, chamados de *lugares*, por um conjunto T de *transições*, que se conectam com os lugares por meio de *arcos*, e por *tokens* que simulam fichas alocadas a lugares, o que em conjunto define o conceito de *estado* do modelo.

Quando o modelo em questão visa explorar comportamentos com dinâmica probabilística, é comum o uso de uma extensão das RPs denominada *Redes de Petri Estocásticas Generalizadas* (RPEGs). Uma RPEG [Marsan et al. 1984] estende as RPs ordinárias com a adição da noção de tempo nas transições. Ao se utilizar desse formalismo, é possível modelar um processo estocástico e em um curto espaço de tempo se obter um conjunto de estimativas potencialmente úteis ao processo de tomada de decisão.

Estruturalmente, uma RP [Marsan et al. 1984] é composta por conjuntos de Lugares L , Transições T e arcos direcionados A . Lugares [Kartson et al. 1995] são utilizados para descrever possíveis estados do sistema (condições); Transições expressam os eventos que modificam os estados; e os Arcos especificam a relação entre estados e eventos.

Graficamente, os lugares são representados por círculos e as transições por barras. Para expressar as condições que se mantêm em um determinado estado, lugares são complementados com marcações, associadas à ideia de fichas (ou *tokens*) e denotadas graficamente por pequenos círculos pretos. O comportamento dinâmico das RPs é dado pela regra de disparo [Kartson et al. 1995]. Uma transição pode disparar somente se o lugar de entrada contiver pelo menos a quantidade de marcações do que a multiplicidade do arco. Ao disparar, a transição remove as marcações dos lugares de entrada e os insere no lugar de saída da transição.

Formalmente uma RP é definida [Peterson 1977] como uma quádrupla $RP=(L, T, E, S)$, em que:

- $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ é o conjunto de lugares;
- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ é o conjunto de transições;

- $E = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ é a função de entrada;
- $S = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ é a função de saída.

As Redes de Petri Estocásticas foram introduzidas [Kartson et al. 1995] sem modificar as propriedades e comportamento básico das RP, adicionando especificações temporais e probabilísticas. As RPEG representam um meio termo entre as duas abordagens, combinando redes temporizadas e não-temporizadas.

Nas RPEGs [Kartson et al. 1995] o tempo é representado por uma variável randômica, exponencialmente distribuída associada à transições temporizadas. Quando o tempo de disparo é irrelevante para uma dada transição, pode-se usar simplesmente transições não-temporizadas, também chamadas de imediatas.

Formalmente uma RPEG [Teixeira et al. 2015] é uma sétupla $RPEG = (L, T, \Pi, E, S, M_0, Pe)$, em que:

- $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ é um conjunto finito de lugares;
- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ é um conjunto finito de transições;
- $\Pi : T \rightarrow \mathbb{N}$ é a função prioridade, em que:

$$\Pi(t) = \begin{cases} \geq 1, & \text{se } t \in T \text{ é imediata;} \\ 0, & \text{se } t \in T \text{ é temporizada.} \end{cases}$$

- $E : (T \times L) \rightarrow \mathbb{N}$ é a função entrada que define a multiplicidade dos arcos direcionados dos lugares às transições;
- $S : (T \times L) \rightarrow \mathbb{N}$ é a função saída que define a multiplicidade dos arcos direcionados das transições aos lugares;
- $M_0 : L \rightarrow \mathbb{N}$ é a marcação inicial da função. M indica o número de marcações em cada lugar, ou seja, define o estado do sistema modelado;
- $Pe : T \rightarrow \mathbb{R}^+$ é a função ponderação que representa o peso das transições imediatas (Pe_t) ou as taxas de transições temporizadas (λ_t), onde:

$$Pe(t) = \begin{cases} Pe_t \geq 0, & \text{se } t \in T \text{ é imediata;} \\ \lambda_t > 0, & \text{se } t \in T \text{ é temporizada.} \end{cases}$$

A relação entre lugares e transições é estabelecida pelos conjuntos $\bullet t$ e $t\bullet$, definidos como segue.

Definição 1 Dada uma transição $t \in T$, define-se:

- $\bullet t = \{l \in L \mid E(t, l) > 0\}$ como pré-condições de t ;
- $t\bullet = \{l \in L \mid S(t, l) > 0\}$ como pós-condições de t .

Um estado de uma GSPN se altera quando uma transição dispara. Somente transições habilitadas podem ser disparadas. Transições *Imediatas* disparam assim que são habilitadas. As definições das regras de *habilitação* e *disparo* para transições são definidas abaixo.

Definição 2 (Regra de Habilitação) Uma transição $t \in T$ é dita estar habilitada em uma marcação M se e somente se:

- $\forall l \in \bullet t, M(l) \geq E(t, l)$.

Quando uma transição habilitada dispara, a marcação é removida da entrada para a saída (condições *pré* e *pós*).

Definição 3 (Regra de Disparo) *O disparo de uma transição $t \in T$ habilitada na marcação M leva a uma nova marcação M' de tal modo que $\forall l \in (\bullet t \cup t\bullet)$, $M'(l) = M(l) - E(t, l) + S(t, l)$.*

A partir dessa teoria um modelo em RPEG foi desenvolvido, levando em conta uma arquitetura descentralizada conforme proposta em [Mumbelli 2017], com comunicação multicamadas e controle de geradores locais de energia elétrica em nível de microrrede. Esse modelo é convencionado na camada SCL, que é responsável pela geração a partir da quantidade de energia (dada em quilowatts) requisitada pela CG. O ajuste do modelo se deu por meio da aplicação à painéis fotovoltaicos, o que permitiu a coleta dos parâmetros de entrada.

Para simulação e análise do modelo do gerador de energia proposto nesse trabalho, foi utilizada a ferramenta *TimeNet* [Zimmermann e Knoke 2007], a qual fornece um ambiente intuitivo de modelagem, interação via tokengame, e diversos algoritmos de simulação e coletas de estimativas. O método de simulação usado foi do tipo *estacionário* padrão, que calcula o fluxo, i.e., as vazões para todas as transições temporizadas, e as probabilidades de distribuição de tokens para todos os lugares definidos.

3. Principais Resultados

3.1. Modelagem

Como pode ser visto na Figura 2, dois lugares e duas transições temporizadas foram utilizadas para representar um gerador de energia genérico em RPEG, onde L_1 e L_2 representam possíveis condições do sistema e T_1 e T_2 descrevem eventos que podem modificar estados desse sistema.

L_1 simboliza, a priori, a capacidade do gerador, ou seja, a quantidade máxima de recursos energéticos que esse pode consumir. L_2 representa uma fila de espera na qual os recursos que já foram disparados por T_1 aguardam serem disparados T_2 . T_1 por sua vez representa a taxa na qual os recursos energéticos estão sendo absorvidos pelo gerador e simboliza o tempo que cada recurso leva para ser convertido em energia.

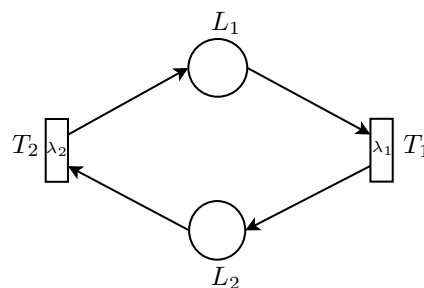


Figura 2. Modelo de um gerador genérico de energia em RPEGs.

Inicialmente, as marcações disponíveis em L_1 são disparadas pela transição T_1 a uma taxa λ_1 , ou seja, a cada disparo de T_1 uma marcação é removida de L_1 e inserida em L_2 , o que representa a absorção de um recurso energético pelo gerador. Da mesma forma,

a transição T_2 dispara à uma taxa λ_2 , ou seja, se a cada disparo existir uma marcação em L_2 ela será removida e inserida novamente em L_1 , o que representa a transformação do recurso energético que estava em L_2 sendo gerado à uma taxa λ_2 .

Quando $\lambda_1 < \lambda_2$, ocorrerá um acúmulo de marcações em L_2 , pois T_1 irá disparar com uma velocidade maior do que T_2 . Caso $\lambda_1 = \lambda_2$, teoricamente, nenhuma marcação acumulará em L_2 e os tokens fluirão sem gargalo.

3.2. Estudo de caso

Aplicando o modelo proposto à um painel fotovoltaico, T_1 se encaixa como sendo a taxa de absorção da radiação solar dentro do gerador e T_2 como o consumo desse recurso para a geração de energia. L_1 representa a capacidade de geração do painel fotovoltaico e L_2 simboliza uma fila onde os recursos energéticos aguardam para serem consumidos.

Os atrasos atribuídos às transições T_1 e T_2 podem ser vistos na Tabela 1 de acordo com o intervalo do dia com maior incidência solar. Tais valores se justificam devido aos dados de radiação solar obtidos a partir da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática instalada em Natal- RN e disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela 1. Transições temporizadas atribuídas a cada hora do dia.

Hora do dia (h) / Transição (s)	12	13	14	15	16	17	18
T_1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
T_2	0,38	0,21	0,10	0,10	0,10	0,20	0,37

Os dados de radiação disponibilizados pelo INMET foram normalizados para facilitar o entendimento e simulação do problema, com intervalo de 0 a 1, de acordo com a equação 1:

$$X_j^{norm} = \frac{x_j - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (1)$$

A Figura 3 apresenta a curva de incidência solar, com os valores já normalizados, da cidade de Natal, no intervalo de 10 a 20 horas da noite do dia 24 de Fevereiro de 2018. Foram ignorados os horários nos quais os índices não eram significativos para a geração de energia e truncados os valores acima do valor de irradiação máximo absorvido por células de um painel.

De acordo com as condições padrões de teste [LTDA 2018] da norma internacional IEC 61215, um painel atinge seu potencial energético máximo com incidência solar de $1000 \text{ W}/\text{m}^2$, 25 graus Celsius de temperatura de célula e Massa de Ar 1,5. Considerando um painel solar fotovoltaico nessas condições, os valores de radiação apresentados estão em kW/m^2 e o intervalo de tempo é dado em horas. Na figura, é possível perceber que o horário para uma melhor eficiência energética do painel solar é no intervalo das 12 às 18 horas da tarde, portanto esse intervalo foi escolhido para análise e simulação do gerador modelado em RPEG.

Para as simulações do modelo, foi considerado que o valor da transição T_1 permanece fixo, pois cada 0,1 segundos representa à chegada da radiação solar no painel e

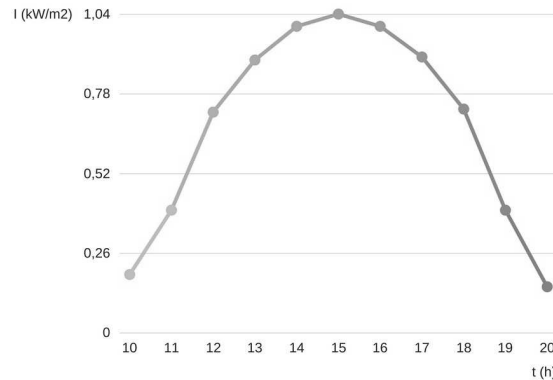


Figura 3. Curva da radiação solar em função do intervalo de tempo em que a incidência solar é significativa para a geração de energia.

essa chegada é considerada ser contínua. O valor que se altera, para fins de simulação de diferentes cenários, é o da transição T_2 , pois a cada horário do intervalo escolhido existe uma média de incidência diferente, o que gera o potencial de geração.

Já o valor da marcação de L_2 (recurso de geração) foi assumido ser 2, pois é de interesse, com base no cenário real, que o painel não gere energia em paralelo, ou seja, para uma dada incidência solar, apenas 1 parcela de energia é gerada a cada unidade de tempo. O valor de marcação 2 garante o equilíbrio na presença de 1 token em cada um dos dois lugares do modelo.

Como pode ser visto na Figura 3, ao meio dia o sensor obteve aproximadamente uma radiação de $0,72 \text{ kW}/\text{m}^2$. Quanto mais próximo de $1 \text{ kW}/\text{m}^2$ mais energia é gerada, da mesma forma que quando a curva se aproxima de $0 \text{ kW}/\text{m}^2$ menos energia é gerada na mesma quantidade de tempo. Portanto percebe-se que o tempo de atraso é inversamente proporcional a quantidade de radiação. Para representar esse cenário, diminui-se 1,1 (0,1 a mais devido o valor da transição para fins de simulação) do valor de radiação no momento, resultando nos valores de na Tabela 1.

3.2.1. Simulação

O modelo da Figura 2 foi simulado utilizando o software TimeNet de acordo com os parâmetros apresentados na seção anterior. A Figura 4 apresenta a curva resultante de uma simulação estacionária padrão.

É possível observar que, de acordo com o horário do dia, quanto maior a incidência solar, mais rápida é produzida a mesma quantidade de energia quando comparada com outros horários de menor radiação. Por exemplo, as 12 horas, o gerador levou 63 milissegundos para gerar a mesma quantidade de energia que as 14 horas da tarde, que levou somente 25 milissegundos. É notável que o gráfico apresentado é inversamente proporcional ao potencial energético do gerador. Portanto, os valores obtidos pela simulação foram subtraídos de 100 milissegundos, resultando na curva da Figura 5.

No intervalo de 14 às 16 horas o gerador atinge seu potencial energético máximo seguido das 13 e 17 horas. Essa curva é muito semelhante a curva apresentada na Figura

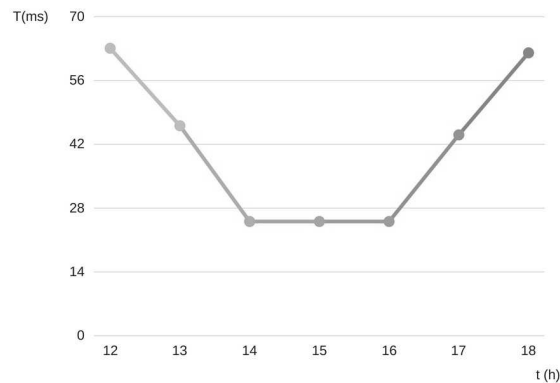


Figura 4. Curva do tempo em milissegundos em função do intervalo de tempo em que a incidência solar é significativa para a geração de energia.

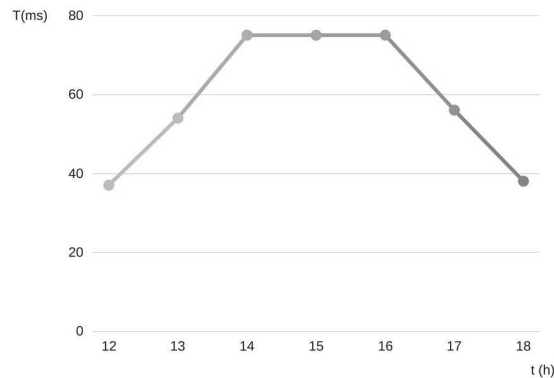


Figura 5. Curva do potencial energético de um gerador à radiação solar em função do tempo em milissegundos.

3, e pode-se perceber que o intervalo com maior incidência solar ocupa o intervalo das 14 às 16 horas e vai reduzindo conforme atinge os horários extremos do dia, da mesma forma que o potencial energético do painel fotovoltaico.

3.2.2. Análise dos resultados

O modelo apresentado em RPEG se mostrou eficiente para a aplicação em painéis solares fotovoltaicos, podendo ser generalizado para outras formas de geração de energia renovável, simplesmente ajustando os parâmetros de entrada conforme cada aplicação em particular.

Geradores de energia renovável são comumente encontrados em arquiteturas descentralizadas, como as microrredes, as quais empregam várias formas de geração em uma única estrutura. Portanto, esse modelo fornece à microrrede a possibilidade de combinar diversas fontes de geração sob determinadas condições operacionais e ambientais, a partir das curvas de geração de cada gerador em particular, permitindo-a gerar energia de forma otimizada, pois a cada hora do dia possui dados suficientes para saber qual gerador fornece um potencial energético maior.

Outra vantagem desse modelo, é que permite estimar os limites de cada gerador

disponível sem que exista uma estrutura física, ou mesmo, quando ansiasse ter conhecimento sobre a região na qual se deseja realizar a instalação de uma arquitetura descentralizada, para isso, basta adquirir os parâmetros essenciais à geração e simulá-los para ter uma aproximação da capacidade de energia que tal infraestrutura poderá gerar. Tais ações podem acarretar na redução de custos e conhecimento sobre vários cenários em um curto espaço de tempo; também pode levar em conta o custo de produção, manutenção dos geradores de forma particular e variação na quantidade de recursos energéticos disponíveis ao longo do dia.

4. Conclusão

Nessa pesquisa foram apresentados resultados que sugerem que modelos em RPEGs representam alternativas viáveis para a modelagem e a simulação do comportamento de geradores de energia, em particular de painéis fotovoltaicos. Acredita-se ainda que a extensão desses modelos para outros tipos de geradores também é possível em trabalhos futuros.

O modelo genérico proposto para um gerador solar fotovoltaico opera a partir de dados de radiação solar devidamente observados na natureza e de fatores relativos ao potencial de geração de energia particular a cada especificação de painel. Esses dados constituem os parâmetros de entrada do modelo. Note que se trata de parâmetros pré-fixados, coletados na ausência de variabilidade na geração.

Como resultado, o modelo permite traçar uma curva que represente o potencial energético do gerador ao operar sob condições de variabilidade, como por exemplo a dinâmica da incidência solar, a integração com outros painéis, o limite físico do painel, etc. O potencial energético estimado pode, então, ser usado na parametrização de controladores de microrredes, para otimizar a geração de energia em razão das mais diversas funções objetivo.

Referências

- Alboteanu, L. (2010). Energy efficiency of stand alone photovoltaic systems used in electrical drive for positioning ramps of anti hail missile. In *2010 3rd International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE)*, pages 303–307.
- ANEEL (2009). Micro-rede.
- Buriticá-Arboleda, C. I. e Álvarez Bel, C. (2011). Decentralized energy: Key to improve the electric supply security. In *2011 IEEE PES CONFERENCE ON INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES LATIN AMERICA (ISGT LA)*, pages 1–6.
- Charki, A. e Bigaud, D. (2013). Availability estimation of a photovoltaic system. In *2013 Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, pages 1–5.
- Dey, A., Chaki, N., e Sanyal, S. (2011). Modeling smart grid using generalized stochastic petri net. *arXiv preprint arXiv:1108.4139*.
- Dulau, L. I. (2014). Economic analysis of a microgrid. In *2014 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE)*, pages 1–4.
- Hatzigiorgiou, N., Asano, H., Iravani, R., e Marnay, C. (2007). Microgrids. *IEEE Power and Energy Magazine*, 5(4):78–94.

- Herzog, A. V., Lipman, T. E., e Kammen, D. M. (2001). Renewable energy sources. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Forerunner Volume- 'Perspectives and Overview of Life Support Systems and Sustainable Development*.
- Kartson, D., Balbo, G., Donatelli, S., Franceschinis, G., e Conte, G. (1995). *Modelling with Generalized Stochastic Petri Nets*. John Wiley & Sons, Inc., 1st edition.
- LTDA, P. S. (2018). *O Certificado do Painel Solar – Saiba O Que Você Esta Comprando*.
- Lu, D., Fakham, H., Zhou, T., e François, B. (2010). Application of petri nets for the energy management of a photovoltaic based power station including storage units. *Renewable energy*, 35(6):1117–1124.
- Lu, N. (2002). Power system modeling using petri nets. *Rensselaer Polytechnic Institute*.
- Lu, X. (2015). *Petri Net Models of Microgrids with Distributed Generators*. PhD thesis, New Jersey Institute of Technology, Department of Electrical and Computer Engineering.
- Lu, X., Zhou, M., Ammari, A. C., e Ji, J. (2016). Hybrid petri nets for modeling and analysis of microgrid systems. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 3(4):349–356.
- Marsan, M. A., Balbo, G., e Conte, G. (1984). A class of generalized stochastic Petri nets for the performance analysis of multiprocessor systems. In *ACM Transactions on Computer Systems*, volume 2, pages 1–11.
- Mumbelli, J. D. C. (2017). Controle flexível de geradores distribuídos de energia utilizando conceitos de indústria 4.0.
- Murata, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proceedings of the IEEE*, v.77, pages 541–580.
- Panwar, N., Kaushik, S., e Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3):1513 – 1524.
- Peterson, J. L. (1977). Petri nets. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 9(3):223–252.
- Teixeira, M., Ribeiro, R., Oliveira, C., e Massa, R. (2015). A quality-driven approach for resources planning in service-oriented architectures. *Expert Systems with Applications*, 42(12):5366 – 5379.
- Van der Aalst, W. M. P. (1998). The application of petri nets to workflow management. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 08(01):21–66.
- Zimmermann, A. e Knoke, M. (2007). *TimeNET 4.0 - A Software Tool for the Performance Evaluation with Stochastic and Colored Petri Nets*.

Classificação de Absenteísmo de Agendamento de Exames de um Clínica de Vitória-ES com Balanceamento da Base de Dados via Subamostragem

Lucas V. Darós¹, Karin S. Komati¹, Leandro C. Resendo¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Controle e Automação (ProPECAut)
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) Campus Serra
ES-010, Km-6,5 - Manguinhos, Serra - ES, 29173-087

Abstract. *Among the various problems faced by clinics and doctors' offices, it is worth noting the no-show of patients at their scheduled exams. In a scenario with high volumes of data, where the analysis of patient profiles becomes a non-scalable task to be done manually, a data sampling algorithm was proposed to assist the work of patient classification algorithms, in order to predict patients who will or will not attend the exams based on data from consultations and previously obtained patients. Results pointed out that a balanced sampling and using the proposed algorithm was crucial for a good result achieved by the techniques of machine learning classification when compared to a randomized and random sampling.*

Resumo. *Dentre os diversos problemas enfrentados por clínicas e consultórios médicos, destaca-se o não comparecimento (no-show) de pacientes aos seus exames agendados. Em um cenário com alto volume de dados, onde a análise de perfis de paciente torna-se uma tarefa não escalável para ser feita de forma manual, foi proposto um método de amostragem de dados para auxiliar o trabalho dos algoritmos de classificação de pacientes, a fim de prever pacientes que irão ou não comparecer aos exames baseados em dados de consultas e pacientes previamente obtidos. Na análise, as técnicas de machine learning para a classificação foram aplicadas em uma amostragem balanceada feita de forma aleatória e utilizado o método proposto. Os resultados indicam que o método proposto melhorou o resultado da classificação comparado à amostragem aleatória.*

1. Introdução

O crescimento e diversidade de serviços na área da saúde vem tornando, a cada dia, o seu gerenciamento uma tarefa cada vez mais complexa. Para fins de efetividade e eficácia na prestação de seus serviços, consultórios e clínicas precisam lidar diariamente com incertezas em suas rotinas. Um dos problemas mais comuns é o não comparecimento de seus pacientes ao dia dos exames ou consultas, sem que estes informem previamente a respectiva ausência. Este acontecimento é conhecido como absenteísmo (*no-show*) [Tristão et al. 2017].

O não comparecimento repentino a um exame médico pode causar graves consequências, tais como: o aumento dos custos (com subutilização da equipe médica e desperdício de recursos materiais); e a diminuição da receita. Além disso, um agendamento já previamente marcado diminui a flexibilidade de horários para novos pacientes

que pretendem agendar seus exames, o que pode causar desistência da marcação de novos agendamentos [Harris et al. 2016]. Portanto, reduzir os intervalos vagos e inesperados num curto espaço de tempo é um grande desafio para este tipo de serviço.

O absenteísmo tem se tornado um problema crônico em clínicas brasileiras. Relatos constam uma taxa de ausência de até 30% em exames agendados no Sistema Único de Saúde (SUS) em Sarapunga-RS de janeiro à abril de 2018 [Ertel 2018]. Em 2017, a rede estadual de saúde do estado de Santa Catarina registrou uma falta a cada cinco consultas médicas agendadas, gerando prejuízo estimado aos cofres públicos de R\$ 13,4 milhões de reais [Weiss 2017]. A situação não é diferente na cidade de Vitória-ES, em que o número de faltas em consultas médicas dos postos de saúde alcançou 30% do total de consultas realizadas nos anos de 2014 a 2015, que representou um prejuízo aproximado de R\$ 39 milhões aos cofres públicos [Furtado et al. 2016].

Para evitar ao máximo a ausência de pacientes às consultas médicas, são realizados contatos, por telefone ou mensagens, poucos dias antes do exame, para recordar aos pacientes sobre o agendamento, que ajudam na redução do absenteísmo [Woods 2011]. Um dos resultados do trabalho de [Furtado et al. 2016] é que as ações de contato são direcionados à 4 diferentes perfis, que são responsáveis por 75% das ocorrências de faltas.

Uma das possíveis abordagens para a predição de comportamentos de *no-show* é via Aprendizado de Máquina (em inglês, *Machine Learning*) [Gama et al. 2011], que é um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos. O aprendizado pode ser supervisionado, que é a tarefa de encontrar uma função a partir de dados de treinamento rotulados. O objetivo é encontrar os parâmetros ótimos que ajustem um modelo que possa prever rótulos desconhecidos em outros objetos (o conjunto de teste). Se o rótulo é um número real, a tarefa chama-se regressão. Se o rótulo vem de um conjunto finito, então a tarefa chama-se classificação.

Alguns trabalhos foram propostos a fim de prever comportamentos de *no-show* baseados em regressão. Em [Harris et al. 2016] foi desenvolvido um modelo para prever o comportamento de *no-show* de pacientes dado o seu histórico de comparecimentos à exames anteriores. Este modelo utiliza técnicas de regressão e aproximação funcional, usando a soma de funções exponenciais para produzir estimativas de probabilidade.

Em [Huang et al. 2014] foi desenvolvido um modelo preditivo, à partir de técnicas de regressão linear, para auxiliar na montagem de um agendamento utilizando *overbooking*. O *Overbooking* consiste no ato de agendar um número de usuários acima da capacidade oferecida naquele dia, uma vez que já é conhecido pela média histórica que um certo número de usuários estará ausente no hora do compromisso agendado [de Goes et al. 2018]. Tal conceito têm ampla utilização em setores como o de transporte e o de hotelaria, porém ainda não tem seu potencial explorado em diversos outros contextos [Oleskovicz et al. 2014].

A proposta deste trabalho é usar a classificação binária como abordagem de solução. No entanto, uma adversidade é que a aplicação é típica de uma base de dados desbalanceada, isto é, apresenta mais ocorrências de comparecimento (*show*) do que de falta (*no-show*). Isto é, se a base possui 90% de exemplos de uma classe A e 10% da classe B, então, se um classificador sempre apresentar como saída a classe A, então a acurácia é de 90%. Mas é ineficiente se a classe B for a de interesse [Japkowicz and Stephen 2002].

Para que o treinamento de um classificador seja efetivo, é necessário que a base de dados de treinamento seja balanceada. De acordo com [Mountassir et al. 2012], há duas maneiras gerais de se resolver o problema de desbalanceamento de dados: realizar alterações nos algoritmos de classificação, ou no conjunto de dados. Para o segundo caso, existem duas maneiras de se modificar os dados: *under-sampling* e *over-sampling*. A primeira técnica consiste em reduzir o número de ocorrências da classe majoritária, cujo o rótulo possui o maior número de ocorrências. Já a segunda técnica, se destina a aumentar a ocorrência das classes minoritárias.

Este trabalho compara diferentes métodos de *under-sampling* para balanceamento da base de treinamento da classificação de *no-show* para uma base de dados real de uma clínica situada em Vitória-ES, dada as informações do paciente e do agendamento.

As próximas seções estão divididas da seguinte forma: A Seção 2 aborda a metodologia deste trabalho, esclarecendo os métodos e materiais utilizados. A Seção 3 enumerará os experimentos realizados. Na Seção 4 apresentam-se os resultados, comparações e discussões acerca dos experimentos realizados. E por fim, a Seção 5 apresentar as considerações finais deste trabalho e os possíveis trabalhos futuros.

2. Metodologia

Para a realização das análises, foi utilizada uma base de dados contendo informações acerca de exames médicos e pacientes entre os anos de 2010 e 2017 de uma clínica localizada no município de Vitória, Espírito Santo. No total, a base de dados é composta por 902.979 registros com 35 atributos. Todos os dados que poderiam identificar o paciente foram retirados antes da disponibilização da base os experimentos deste trabalho. Todos os dados são orientados pelo agendamentos e não dos pacientes, isto é, é possível haver vários agendamentos de consultas de uma única pessoa.

Cada registro dessa base de dados possui uma classificação (rótulo) binária, que identifica o agendamento da consulta do exame como: *Show* e *No-Show*. O primeiro rótulo se refere a todos os exames cujos pacientes compareceram, já o segundo, se refere aos pacientes ausentes aos agendamentos. Este trabalho não levou em consideração supostos atrasos dos pacientes aos horários dos exames.

Inicialmente, para o armazenamento e manipulação de dados, foi utilizado o *MySQL Community Server*, versão 6.3.9. A partir dos dados extraídos, foi utilizada a ferramenta *Visual Studio 2017 Community* para a construção de um programa em C# para a realização da amostragem dos dados. Com os dados balanceados, foram utilizados algoritmos de classificação provenientes da ferramenta *Weka (The Waikato Environment for Knowledge Analysis)* [Hall et al. 2009], que é uma ferramenta gratuita desenvolvida na linguagem de programação Java, contendo uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquina para tarefas de mineração de dados. Os experimentos foram executados em um computador, com processador 2 GHz Intel Core i5, 8 GB de Memória RAM.

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas etapas: seleção de características (ou atributos), balanceamento dos dados e classificação. Nas próximas subseções, serão descritos com detalhes como cada passo foi realizado.

2.1. Pré-processamento e seleção de características

Na etapa de seleção, foram definidas quais características da base de dados original seriam relevantes para serem utilizadas nos experimentos. Algumas possuíam dados incompletos (devido ao não preenchimento de alguns dados de pacientes e exames no momento do cadastro) e inconsistentes (devido à erros de grafias também no momento do cadastro). A partir deste cenário, foi realizada uma etapa de pré-processamento dos dados, a fim de selecionar registros válidos para o processo de amostragem.

Foram desconsideradas amostras com valores ausentes para as características: data de nascimento, sexo, cidade do paciente, profissão, tipo do exame, bairro do paciente. E para os dados inconsistentes das características nome da cidade e profissão, foi realizada uma avaliação de todos os rótulos distintos de cada característica selecionada, a fim de proporcionar uma melhor categorização de cada característica.

As escolhas dos atributos foram baseadas em opiniões de especialistas sobre a rotina de agendamentos e consultas médicas. Escolhida as características, foram selecionados dois conjuntos de amostras iniciais. O primeiro contou com 10 características, sendo quatro associados ao exame: mês, ano, dia da semana e descrição; e seis com relação ao paciente: mês de nascimento, ano de nascimento, sexo, profissão, cidade em que reside, e bairro em que reside. Este conjunto apresentou um total de 524.147 amostras, sendo 477.438 do tipo *show* (91,08 %) e 46709 do tipo *no-show* (8,92 %).

Já o segundo conjunto contou com 7 características, sendo os mesmos quatro da seleção anterior associados ao exame: mês, ano, dia da semana e descrição; e três com relação ao paciente: ano de nascimento, sexo e cidade em que reside. Foram selecionados um total de 572.207 amostras, sendo 521.769 do tipo *show* (91,18%) e 50.438 do tipo *no-show* (8,82%).

Dentre as características selecionadas, a base de dados contou com 1.142 profissões distintas, 6 tipos de exames, 364 cidades e 3.605 bairros.

Em ambas seleções, as amostras apresentaram um cenário completamente desbalanceado. Foi realizado portanto o balanceamento dos dados, a fim de utilizar a mesma quantidade de rótulos em ambas seleções.

2.2. Balanceamento dos Dados

Inspirado na abordagem *under-sampling* de [Mountassir et al. 2012], foi proposta uma técnica de amostragem nesse trabalho, a fim de selecionar as amostras do tipo *show* mais significativas. O número de rótulos selecionados se equivale ao mesmo número de amostras do tipo *no-show*, balanceando assim o conjunto. Cada registro da amostra recebeu um *score*, para determinar seu grau de relevância. Quanto maior o *score*, mais relevância possui o registro. Este grau de relevância foi calculado da seguinte maneira:

$$score(i) = \sum_{j=1}^n (Q - K_{ij}) \quad (1)$$

onde n corresponde ao número de características; Q corresponde ao total de registros da base; e K corresponde ao total de registros que possuem o mesmo valor do registro i

em questão. Portanto, o *score* é calculado a partir da soma da diferença entre o total de registros da base e a quantidade de ocorrências dos valores das características.

Para exemplificar o cálculo do *score*, segue um exemplo apresentado na Tabela 1. A base de dados possui 5 registros e 3 características (mês, ano e exame). O *score* do registro número 1 seria calculado da seguinte maneira: dado o mês igual à janeiro, existem 2 registros com esse mês. Para o ano, existe apenas o próprio registro com o ano igual a 2013. Para o exame, existem outros dois exames com o mesmo valor, totalizando 3 exames A. Dado que a base de exemplo possui 5 registros no total, o cálculo do *score* do registro 1, se daria pela soma das subtrações da quantidade total de registros pelas ocorrências dos valores desse respectivo registro, conforme mostrado pela Equação 2.

$$score[1] = (5 - 2) + (5 - 1) + (5 - 3) = 8 \quad (2)$$

Tabela 1. Exemplo de dados para cálculo de amostragem

	mês	ano	exame
1	Janeiro	2013	A
2	Janeiro	2014	B
3	Fevereiro	2015	A
4	Fevereiro	2014	C
5	Março	2014	A

Para isto, foi desenvolvido um programa na linguagem de programação C#, que recebe como parâmetro de entrada os dados dos exames extraídos da base de dados e retorna um subconjunto, onde foram selecionadas as x amostras de *show* mais relevantes (conforme o *score* mais alto), onde x corresponde ao número de exames do tipo *no-show*.

2.3. Classificação

O classificador recebe como parâmetro de entrada, um conjunto de dados com rótulos conhecidos, denominado dados de treinamento. O objetivo é treinar, a partir dos dados, a tarefa de classificação ao classificador. Após a etapa de aprendizagem, o classificador recebe um segundo conjunto de dados, denominado dados de teste. Este conjunto tem por objetivo avaliar o desempenho da aprendizagem, onde o classificador busca determinar corretamente o rótulo das respectivas amostras desses dados. O algoritmo de classificação deve atribuir uma, e somente uma, classe (rótulo) à amostra de teste submetida [Oliveira 2016].

Para a etapa de classificação, foram escolhidos os algoritmos *Naive Bayes* [Lewis 1998] e árvore de decisão *Reduces Error Pruning* (REP) [Friedl and Brodley 1997] disponíveis na ferramenta *Weka* [Hall et al. 2009].

3. Experimentos

Foram realizados 4 experimentos neste trabalho. Em cada sub-seção a seguir, detalha-se qual seleção foi utilizada, qual tipo de amostragem (aleatória ou o método proposto neste trabalho) foi utilizada, e as técnicas de classificação utilizadas.

Foi utilizada a técnica de *holdout*, em que o conjunto foi dividido em dois grupos: 70% para treinamento e 30% para testes.

3.1. Experimento 1

Neste primeiro experimento, foi utilizada a primeira seleção realizada, descrita na seção 2.1, que contém dez características (quatro associadas ao exame, e seis ao paciente).

Dadas as 524.147 amostras, sendo apenas 46.709 rotuladas como *no-show* (cerca de 8,9%), foram selecionadas aleatoriamente 46.709 amostras *show*, ou seja, sem a utilização da técnica de amostragem proposta. Após o balanceamento de 50% para cada rótulo, foram aplicados os algoritmos de classificação *Naive Bayes* e de *Árvore de Decisão REP*. O arquivo de treinamento contou com 65.392 amostras (70% de 93.418) e o arquivo de teste com 28.026 amostras (30% de 93.418). Ambos os arquivos de treinamento e teste possuíam as mesmas quantidades de rótulos escolhidos aleatoriamente.

3.2. Experimento 2

O segundo experimento teve como objetivo servir de comparação com o primeiro. Foi utilizada a primeira seleção de dados porém, dessa vez, as 46.709 amostras *show* foram selecionadas utilizando o método de amostragem desenvolvido neste trabalho. Foram utilizados os mesmos algoritmos de classificação do primeiro experimento, assim como também a mesma proporção de amostras para treinamento e teste (70% - 30%).

3.3. Experimento 3

Neste terceiro experimento, foi utilizado o segundo conjunto de dados selecionados, descrita na seção 2.1, que contém 7 características (sendo quatro associados ao exame e três com relação ao paciente).

Esta segunda seleção contou com 572.207 amostras, sendo apenas 50.438 rotuladas como *no-show* (cerca de 8,82%). Assim como realizado no Experimento 1, este experimento não utilizou o método de amostragem proposto neste trabalho, ou seja, foram escolhidas 50.438 amostras do tipo *show* aleatoriamente. Os algoritmos de classificação utilizados também foram os mesmos dos experimentos 1 e 2, mantendo também a proporção de amostras em 70%-30% para treinamento e teste, e a mesma quantidade de rótulos em cada proporção.

3.4. Experimento 4

Seguindo a mesma ideia de comparação entre os Experimentos 1 e 2, este quarto experimento tem por objetivo ser comparado com o terceiro experimento proposto. Fazendo uso também do segundo conjunto de amostras selecionadas neste trabalho, este experimento selecionou 50.438 amostras do tipo *show*, a fim de igualar a mesma quantidade de amostras do tipo *no-show*. Para a etapa de classificação, este experimento também utilizou os mesmos algoritmos de classificação dos experimentos anteriores: *Naive Bayes* e de *Árvore de Decisão REP*. O percentual de treinamento-teste foi de 70%-30%, contendo a mesma quantidade de rótulos em cada um dos arquivos.

4. Resultados

Foram medidos em cada um dos experimentos: a porcentagem de acertos e erros de cada um dos classificadores. O resultado de cada experimento está descrito na Tabela 2. Nessa tabela: a primeira coluna identifica os experimentos realizados; na segunda coluna identificam-se as classificações corretas ou incorretas; na terceira e quinta colunas

são identificadas as ocorrências de acertos de erros dos algoritmos *Naive Bayes* e *Árvore de Decisão REP*, respectivamente; e, na quarta e sexta colunas os percentuais de acertos e erros dos classificadores. Por exemplo, na primeira e segunda linhas desta tabela são referentes aos resultados do Experimento 1. Considerando a primeira linha, nas terceira e quinta colunas são apresentadas as quantidades de acerto dos algoritmos *Naive Bayes* e *Árvore de Decisão*, respectivamente, e nas quarta e sexta colunas as a porcentagem de acerto dos algoritmos. Analogamente, na segunda linha são apresentadas da ocorrências e taxas de acerto e erros dos classificadores. Adicionalmente, colocamos em destaque as porcentagens de acerto dos dois algoritmos de classificação.

Tabela 2. Resultados dos experimentos

Experimentos	Classificação	Naive Bayes	Naive Bayes (%)	REP Tree	REP Tree(%)
1	Corretas	14023	50,04%	13629	48,63%
1	Incorretas	14003	49,96%	14397	51,37%
2	Corretas	25925	92,50%	25665	91,58%
2	Incorretas	2101	7,50%	2361	8,42%
3	Corretas	18678	61,72%	19321	63,84%
3	Incorretas	11585	38,28%	10942	36,16%
4	Corretas	27506	90,89%	22115	73,08%
4	Incorretas	2756	9,11%	8147	26,92%

Observa-se na Tabela 2 um percentual de acerto maior, em ambos algoritmos de classificação utilizados, quando se é utilizado o método de amostragem proposto neste trabalho. Entre o Experimento 1 e 2, houve um aumento de 42,47% de acerto do classificador *Naive Bayes* e de 42,94% para a árvore de decisão. Na comparação dos Experimentos 3 e 4, também houve um aumento significativo da classificação: 29,17% para *Naive Bayes* e 9,23% para a árvore de decisão.

Outra forma utilizada nesse trabalho para a representar o desempenho dos classificadores foi a matriz de confusão [Stehman 1997]. A Tabela 3 apresenta a matriz de confusão dos experimentos para o algoritmo de *Naive Bayes*, enquanto a Tabela 4 apresenta a matriz de confusão dos experimentos para o algoritmo *Árvore de Decisão*. Tomando como exemplo o Experimento 1, na Tabela 3 o valor 5.263 corresponde ao número de amostras do tipo *show* que foram preditas corretamente pelo classificador. O valor de 8.750 correspondem às amostras do tipo *no-show* classificadas incorretamente como *show*. Na segunda linha, ainda para o Experimento 1, o valor 5.253 corresponde ao número de amostras do tipo *show* classificadas incorretamente como sendo do tipo *no-show*, enquanto o valor de 8.760 corresponde ao número de amostras do tipo *no-show* preditas corretamente pelo classificador. Nas demais linhas desta tabela estão apresentados os resultados para o *Naive Bayes* nos demais experimentos.

Observou-se também na Tabela 2 que o primeiro conjunto, que utilizou características selecionadas, quando balanceadas utilizando o método proposto neste trabalho (Experimento 2), obteve melhores resultados de assertividade na classificação quando comparado ao experimento que usou o segundo conjunto de dados, com apenas 7 características (Experimento 4).

Existem dois tipos classificações erradas: o tipo 1, quanto o real é *show* e foi

predito *no-show* e o tipo 2 quando o real é *no-show* e o predito foi *show*. Para o caso de uma abordagem de *overbooking*, é ideal que o segundo tipo de erro seja evitado, uma vez que é preciso que se saiba quando de fato o paciente não irá comparecer. Observando as classificações realizadas pelos algoritmos nas Tabelas 3 e 4, para os dois algoritmos de classificação, nota-se que o método proposto nesse trabalho proporcionou uma redução significativa do tipo erro 2 em todos os casos. Além disso, com exceção do Experimento 4, onde foi utilizado o algoritmo de Árvore de Decisão *REP*, em todos os outros casos onde houve o emprego da técnica de amostragem proposta, o erro tipo 2 foi inferior ao erro de tipo 1.

Tabela 3. Matriz de Confusão para classificação *Naive Bayes*

	SHOW	NO-SHOW	
Experimento 1	5263	8750	SHOW
Experimento 1	5253	8760	NO-SHOW
Experimento 2	13776	237	SHOW
Experimento 2	1864	12149	NO-SHOW
Experimento 3	7031	8100	SHOW
Experimento 3	3485	11647	NO-SHOW
Experimento 4	14481	650	SHOW
Experimento 4	2106	13025	NO-SHOW

Tabela 4. Matriz de Confusão para classificação Árvore de Decisão *REP Tree*

	SHOW	NO-SHOW	
Experimento 1	4391	9622	SHOW
Experimento 1	4775	9238	NO-SHOW
Experimento 2	13288	725	SHOW
Experimento 2	1636	12377	NO-SHOW
Experimento 3	8440	6691	SHOW
Experimento 3	4251	10881	NO-SHOW
Experimento 4	7883	7248	SHOW
Experimento 4	899	14232	NO-SHOW

Portanto, a partir das diferenças de classificação entre os Experimentos 1 e 2, e os Experimentos 3 e 4 apresentadas nas Tabela 2, 3 e 4, nota-se uma melhora relevante no desempenho da classificação, e na diminuição do tipo de erro mais grave, tipo 2, para o processo de *overbooking*.

5. Conclusões

Conhecer o perfil e analisar o comportamento de pacientes são tarefas que se tornam cada vez mais complexas na medida em que essas variáveis se expandem. O auxílio da tecnologia se torna um aliado, uma vez que as tarefas se tornam cada vez menos escaláveis para serem feitas por seres humanos na medida em que há aumento significativo do volume dados e informações. Para a tarefa de classificação, é fundamental que haja não só balanceamento, como também a representatividade eficiente de dados, a fim de aprimorar a tarefa de classificação. Tal argumento é comprovado pelos resultados apresentados,

uma vez que os experimentos que possuíam o emprego do algoritmo de amostragem, apresentaram resultados superiores no ato de classificação frente aos experimentos com amostragem aleatória.

Dada a premissa de que o absenteísmo sempre existe na rotina dos consultórios médicos, uma possível estratégia para amenizar o efeito negativos seria a utilização da técnica de *overbooking*. Entretanto, a aplicação de *overbooking* não consegue lidar com alguns problemas, sendo eles: longas esperas de pacientes por atendimento, elevação do horário de funcionamento dos estabelecimentos médicos e o abandono do exame por parte do paciente sem que tenha sido atendido [Zeng et al. 2010].

Como trabalhos futuros, há a pretensão de explorar demais algoritmos de classificação fornecidos na literatura, a fim de realizar uma comparação entre os mesmos. Além do uso de *k-fold* e de outras métricas como: precisão, revocação e medida F1. Ainda deve-se fazer mais experimentos com os algoritmos de seleção de instâncias do Weka, comparando com os resultados deste trabalho. Ainda é possível avaliar outras estratégias de balanceamento com *undersampling*. Outra pretensão é abordar a estratégia de *overbooking* com o emprego das tarefas de classificação, simulando agendamentos de pacientes.

Referências

- de Goes, P. S. A., Cavalcanti, R. P., da Cruz, D. F., de Almeida, L. d. F. D., and Padilha, W. W. N. (2018). The regulation of services in secondary oral health care in brazil. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 18(1):3537.
- Ertel, D. (2018). Falta consultas e exames do sus na região chega a 30. *Jornal NH*. Disponível em: <https://www.jornalnh.com.br/_conteudo/2018/04/noticias/regiao/2256425-falta-a-consultas-e-exames-do-sus-na-regiao-chega-a-30.html>. Acessado em 11 de jun. de 2018.
- Friedl, M. A. and Brodley, C. E. (1997). Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 61(3):399–409.
- Furtado, L. P., Fernandes, P. C., and dos Santos, J. H. (2016). Redução de faltas em consultas médicas e otimização dos recursos da saúde pública em vitória-es por meio de mineração de dados e big data. In *Anais do XV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2016)*, pages 23–25. Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS).
- Gama, J., Faceli, K., Lorena, A., and De Carvalho, A. (2011). *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. Grupo Gen - LTC.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., and Witten, I. H. (2009). The weka data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1):10–18.
- Harris, S. L., May, J. H., and Vargas, L. G. (2016). Predictive analytics model for healthcare planning and scheduling. *European Journal of Operational Research*, 253(1):121–131.

- Huang, Y., Hanauer, D., et al. (2014). Patient no-show predictive model development using multiple data sources for an effective overbooking approach. *Applied clinical informatics*, 5(3):836–860.
- Japkowicz, N. and Stephen, S. (2002). The class imbalance problem: A systematic study. *Intelligent data analysis*, 6(5):429–449.
- Lewis, D. D. (1998). Naive (bayes) at forty: The independence assumption in information retrieval. In *European conference on machine learning*, pages 4–15. Springer.
- Mountassir, A., Benbrahim, H., and Berrada, I. (2012). An empirical study to address the problem of unbalanced data sets in sentiment classification. In *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference on*, pages 3298–3303. IEEE.
- Oleskovicz, M., Oliva, F. L., Grisi, C. C. d. H., Lima, A. C., and Custódio, I. (2014). Técnica de overbooking no atendimento público ambulatorial em uma unidade do sistema único de saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 30:1009–1017.
- Oliveira, P. H. M. A. (2016). *Detecção de fraudes em cartões: um classificador baseado em regras de associação e regressão logística*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Stehman, S. V. (1997). Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote sensing of Environment*, 62(1):77–89.
- Tristão, F. I., Lima, R. d. C. D., Lima, E. d. F. A., and Andrade, M. A. C. (2017). Acessibilidade e utilização na atenção básica: reflexões sobre o absentismo dos usuários. *Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde/Brazilian Journal of Health Research*, 18(1):54–61.
- Weiss, C. E. (2017). Em cada cinco consultas medicas agendadas, um paciente falta e gera prejuizo de r\$ 13,4 milhoes em sc. *Acesso em: <http://dc.clicrbs.com.br/sc/estilo-de-vida/noticia/2017/03/em-cada-cinco-consultas-medicas-agendadas-um-paciente-falta-e-gera-prejuizo-de-r-13-4-milhoes-em-sc-9739621.html>*.
- Woods, R. (2011). The effectiveness of reminder phone calls on reducing no-show rates in ambulatory care. *Nursing Economics*, 29(5):278.
- Zeng, B., Turkcan, A., Lin, J., and Lawley, M. (2010). Clinic scheduling models with overbooking for patients with heterogeneous no-show probabilities. *Annals of Operations Research*, 178(1):121–144.

PROVAS ELETRÔNICAS PRODUZIDAS NA INTERNET: O Marco Civil da Internet e as consequências nas ações judiciais de reparação de danos civis

Lisandro Lemos Machado¹, Aline Machado Kuns²

¹Instituto Federal Sul Riograndense – Campus Passo Fundo

²Verbo Jurídico - Especialização em Direito Eletrônico

lisandro.machado@passofundo.ifsul.edu.br, alinekuns@gmail.com

***Abstract.** This article is a theoretical study of Law 12.965 / 2014, entitled "Brazilian Civil Rights Framework for the Internet", regulated the storage of electronic evidences on the Internet, as well as the impact that such a regulation produced on the statute of limitations on civil rights. In order to do so, it was analyzed the human and legal relations on the Internet and the possibility of civil rights lawsuits about those relations, using electronic evidences. It was concluded, that the law was not congruent with the civil rights legislation, foreseeing a minimum term for data storage, generating negative consequences to the civil rights lawsuits.*

***Resumo.** O presente artigo realizou um estudo teórico de como a Lei 12.965/2014, conhecida como "Marco Civil da Internet", regulamentou a conservação de provas eletrônicas produzidas na internet, bem como os impactos no prazo prescricional nas ações judiciais de reparação de danos civis. Para tanto, analisou-se as relações humanas e jurídicas na internet e a possibilidade de ações judiciais de reparação de danos civis oriundas das referidas relações, utilizando-se de provas eletrônicas. Concluiu-se, assim, que a referida lei não foi congruente com a legislação de reparação de danos civis, prevendo um prazo ínfimo para armazenamento dos dados eletrônicos, gerando uma divergência prejudicial às demandas judiciais na área cível.*

1. Introdução

O avanço das tecnologias da informação e comunicação nas últimas décadas, em especial a popularização da internet, tem provocado significativas mudanças sociais. As comunicações e as interações humanas, nas mais diversas áreas, estão cada vez mais dinâmicas, o tráfego e o volume de informações compartilhadas no Brasil e no mundo cresceram a um ritmo incomensurável.

Nesse sentido, também as relações jurídicas têm passado por grandes transformações, visto o mundo "virtual", ser, cada vez mais, palco de relações humanas. Podem-se citar, como exemplos, a ampliação das redes sociais virtuais, como o Facebook, o e-commerce (comércio virtual) ganhando espaço de destaque nas relações comerciais, a popularização de recursos como aplicativos de comunicação, como o Whatsapp, etc.

Ao passo que a presença da internet no cotidiano trouxe diversas facilidades, seja no acesso a dados e informações, seja na agilidade das comunicações, que se tornaram, em sua grande parte, instantâneas, também tem sido utilizada como um ambiente para o cometimento de diversas ilegalidades.

Pode-se citar, nesse sentido, desde os abusos quanto à manifestação do pensamento, valendo-se da falsa ideia de “anonimato” que a rede proporciona, agressões aos direitos do consumidor, até o cometimento de crimes (englobando os crimes propriamente virtuais, tais como a invasão de equipamentos de informática a fim de roubar informações eletrônicas, ou então simplesmente a utilização do ambiente da internet para o cometimento de crimes já tipificados de longa data, como estelionato, calúnia, injúria ou difamação, por exemplo). Tais situações obrigam os legisladores e operadores do direito a se adequarem a uma nova realidade. Afinal: se o ambiente virtual proporciona tantas possibilidades de relações, também se configura como um campo extremamente amplo de produção de provas de eventuais ilícitos ali cometidos, as chamadas provas eletrônicas.

Necessário, portanto, que se discuta sobre tais provas, analisando-se de que formas elas poderão ser utilizadas em demandas judiciais na área cível, em especial no que se refere ao prazo de sua conservação conforme preceitua o Marco Civil da internet, bem como sua adequação em relação ao prazo prescricional da ação de reparação de danos. Assim, pode-se verificar se o ordenamento jurídico atual abrange, de forma satisfatória, a possibilidade da instrução das demandas que dependam de tais provas.

O presente artigo, que foi realizado através de revisão bibliográfica, justifica-se pela necessidade de aprofundar o estudo referente à inserção das tecnologias nas relações jurídicas, objetivando traçar uma análise da conservação do conjunto probatório quando produzidas no ambiente virtual, conforme a regulamentação trazida pelo Marco Civil da Internet, bem como analisar suas consequências no que diz respeito ao prazo prescricional da ação de reparação de danos na esfera cível.

2. Relações humanas e jurídicas no ambiente virtual

As relações humanas foram, desde o advento da internet, sofrendo importantes alterações. O ambiente virtual se tornou um novo espaço de interação social de grande parte da população, devido a facilidade, comodidade e a diminuição de distâncias que a rede proporciona. Assim, afirma Bitencourt (2014, p. 61)

O fenômeno da globalização propiciou o surgimento de novas tecnologias, as quais diminuíram a distância entre as pessoas no mundo inteiro, por meio de computadores e da internet, verificando-se as chamadas relações virtuais. A tendência é a substituição gradativa do meio físico pelo virtual ou eletrônico. O avanço da informática possibilitou o processamento e troca de informações de uma maneira muito rápida, ocorrendo a virtualização das relações entre os indivíduos.

Contudo, destaca-se que tais relações humanas possuem algumas peculiaridades, no sentido de não necessitar se valer de um espaço físico para interação. A comodidade que a rede proporciona permite que se realizem diversas atividades sem a necessidade de deslocamento, sem precisar sair de casa. Assim, afirma Goulart (2014, p. 22):

A possibilidade da comunicação e interação que se observa atualmente – ao contrário do que afirmam os sensores comuns – acabou afastando as pessoas de forma abissal. A desnecessidade de “estar junto” trouxe consigo um dos maiores paradigmas atuais da sociedade pós-moderna: as pessoas, através das ferramentas de tecnologia da informação e da comunicação, interagem com um número maior de pessoas, por mais tempo e de forma mais veloz, porém sozinhas, afastadas, apartadas, eis que através de seus computadores, celulares, tablets, etc.

O mundo virtual é, portanto, palco de relações humanas, tanto quanto, ou até mais, que o ambiente físico. No entanto, o fascínio causado pelo “novo”, e também considerando a rede como um lugar neutro, não se fazendo qualquer distinção entre as pessoas e as relações ali existentes, acabam por criar um espaço “insubordinado, no qual constantes direitos são violados e crimes são cometidos”, como afirma Bitencourt (2014, p. 61). Surgem, então, consequências jurídicas advindas desse contexto, tanto na área cível quanto criminal. Afirma Monteiro, *apud* Bitencourt (2014, p. 64):

O ciberespaço é um ambiente que nos permite inúmeras possibilidades de mundo “real”. Podemos afirmar que se trata de um local real, porém não físico. É um ambiente onde pessoas do mundo todo podem interagir sem estar, de fato, presentes. É um novo espaço de comunicação, representação e interação. O termo ciberespaço, em sua etimologia, já nos propõe essa nova noção: cyber – espaço, ou seja, um espaço diferente, cibernético, com novas possibilidades e implicações.

É de suma importância, portanto, que o direito procure se adequar a essa nova realidade onde o virtual toma cada vez mais espaço. Há mais de uma década vem se demonstrando a preocupação do governo brasileiro em relação a chamada “sociedade da informação e comunicação”, assim definida essa nova realidade social em que a tecnologia se expande cada vez mais e passa a compor os mais diversos contextos.

Destaca-se, em primeiro lugar, a publicação do então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, no ano de 2000, denominada “Sociedade da Informação no Brasil - Livro Verde”, que definiu um conjunto de ações a fim de fomentar a presença das tecnologias na sociedade brasileira, contendo metas de implementação das mesmas.

O Livro Verde (TAKAHASHI, 2000) traçou diretrizes que foram amplamente discutidas, podendo-se destacar a Resolução publicada pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI-Br) ¹ no ano de 2009, trazendo os princípios para a governança e uso da internet no Brasil, quais sejam: (I) *Liberdade, privacidade e direitos humanos*: O uso da Internet deve guiar-se pelos princípios de liberdade de expressão, de privacidade do indivíduo e de respeito aos direitos humanos, fundamentais para a preservação de uma sociedade justa e democrática; (II) *Governança democrática e colaborativa*: A governança da Internet deve ser exercida de forma transparente, multilateral e democrática, com a participação dos vários setores da sociedade, preservando e estimulando o seu caráter de criação coletiva; (III) *Universalidade*: O acesso à Internet deve ser universal para que ela seja um meio para o desenvolvimento social e humano, contribuindo para a construção de uma sociedade inclusiva e não discriminatória em

¹ Disponível em: < <http://www.cgi.br/resolucoes/documento/2009/003>>. Acesso em 26 mai. 2016

benefício de todos; (IV) *Diversidade*: A diversidade cultural deve ser respeitada e preservada e sua expressão deve ser estimulada, sem a imposição de crenças, costumes ou valores; (V) *Inovação*: A governança da Internet deve promover a contínua evolução e ampla difusão de novas tecnologias e modelos de uso e acesso; (VI) *Neutralidade da rede*: Filtragem ou privilégios de tráfego devem respeitar apenas critérios técnicos e éticos, não sendo admissíveis motivos políticos, comerciais, religiosos, culturais, ou qualquer outra forma de discriminação ou favorecimento; (VII) *Inimputabilidade da rede*: O combate a ilícitos na rede deve atingir os responsáveis finais e não os meios de acesso e transporte, sempre preservando os princípios maiores de defesa da liberdade, da privacidade e do respeito aos direitos humanos; (VIII) *Funcionalidade, segurança e estabilidade*: A estabilidade, a segurança e a funcionalidade globais da rede devem ser preservadas de forma ativa através de medidas técnicas compatíveis com os padrões internacionais e estímulo ao uso das boas práticas; (IX) *Padronização e interoperabilidade*: A Internet deve basear-se em padrões abertos que permitam a interoperabilidade e a participação de todos em seu desenvolvimento e (X) *Ambiente legal e regulatório*: O ambiente deve preservar a dinâmica da Internet como espaço de colaboração. O uso da Internet deve guiar-se pelos princípios de liberdade de expressão, de privacidade do indivíduo e respeito aos direitos humanos, reconhecendo-os fundamentais para preservação de uma sociedade democrática.

Verifica-se que a preocupação e ampla discussão ocorridas no Brasil na década de 2000 vieram, posteriormente, a culminar com diversas medidas de ordem prática, a fim de garantir, de um lado, os princípios de caráter liberal da rede, e por outro, sua forma de fiscalização e controle. Destaca-se, nesse contexto, a edição da Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014, que “estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil”, também conhecida como o Marco Civil da Internet.

Importante, no entanto, destacar que as leis referentes a ações e omissões no ambiente virtual nem sempre se originaram baseadas somente em estudos técnicos. Conforme já afirmado, a internet se tornou um ambiente sem qualquer tipo de controle. Dessa forma, ensejou uma rápida adequação jurídica a partir da ocorrência de fatos concretos não previstos no ordenamento jurídico, a exemplo da Lei nº 12.737, de 30 de novembro de 2012, que veio a alterar o Código Penal, passando a tipificar como crimes alguns delitos informáticos. Tal alteração somente ocorreu em razão de um fato, mesmo que considerado criminoso, ser atípico até então, tendo como alvo a atriz Carolina Dieckmann, qual seja a invasão de dispositivo informático de sua propriedade e subtração de suas fotos íntimas lá armazenadas.

Devido à grande repercussão do fato, gerou-se a preocupação legislativa na tipificação do crime, levando a ser proposto projeto de lei que resultou na edição da referida norma, que acrescentou ao Código Penal os crimes de “invasão de dispositivo informático”, “Interrupção ou perturbação de serviço telegráfico, telefônico, informático, telemático ou de informação de utilidade pública”, bem como veio a equiparar cartões de débito e crédito como documentos particulares, sendo sua falsificação punida como tal. Já o Marco Civil da Internet foi oriundo de uma discussão mais ampla, conforme publicação de autoria da Câmara dos Deputados, que trata do assunto, que afirma que (VILARINS, 2015, p. 7):

A iniciativa, batizada com o epíteto de Constituição da Internet, tal como expresso na ementa, “estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da internet no Brasil”. Além de ser uma declaração de princípios para usuários e garantir a privacidade, os direitos humanos e o exercício da cidadania em meios digitais, a proposta buscava também regulamentar diversos aspectos relacionados à exploração comercial e governamental da grande rede. Várias foram as polêmicas nos assuntos tratados.

A guarda dos dados dos usuários pelas empresas de conexão à internet e pelas empresas responsáveis pelos conteúdos disponíveis na internet, a neutralidade da rede e o armazenamento dos dados dos internautas no país estiveram entre os assuntos que mais geraram embates entre empresas de telecomunicações e de conteúdo na internet, detentores de direitos autorais, governo, grupos articulados de usuários e tantos mais.

Demonstrou-se, assim, a grande preocupação dos legisladores no sentido de editar não somente uma norma regulamentadora, mas também uma “constituição”, uma referência, um norteamento dos procedimentos a serem adotados quando se tratarem de questões envolvendo o uso da internet.

Destaca-se que, apesar de o Marco Civil da Internet ter sido publicado em abril de 2014, a referida lei restou pendente de algumas regulamentações procedimentais, que somente vieram a ocorrer após mais de dois anos de sua publicação, em 11 de maio de 2016, através do Decreto nº 8771/2016. Tal decreto trata “das hipóteses admitidas de discriminação de pacotes de dados na internet e de degradação de tráfego”, além de “indicar procedimentos para guarda e proteção de dados por provedores de conexão e de aplicações”. Questões que, apesar de previstas no Marco Civil da Internet, não estavam suficientemente claras no que se referia à forma de aplicação.

Aponta, ainda, “medidas de transparência na requisição de dados cadastrais pela administração pública”, bem como, no sentido de exercer controle governamental sobre o tema, estabelece “parâmetros para fiscalização e apuração de infrações”. Atribui, portanto, importante papel do governo brasileiro em mediar as relações ocorridas em ambiente virtual, através de seus órgãos. Considerando que, conforme já afirmado, o ambiente virtual também propicia espaço para o cometimento de ilícitos, importante destacar que, nesse espaço, também poderão estar ocorrendo ações ou omissões que estejam causando danos a terceiros, o que direciona para uma eventual responsabilização civil do agente causador, com possibilidade de o mesmo reparar os danos causados. Nesse sentido, explana-se, a seguir, de forma breve, sobre os referidos assuntos, sob um prisma jurídico.

3. Responsabilidade civil, ação de reparação de danos e prazo prescricional

A responsabilidade civil está prevista no Artigo 927 do Código Civil de 2002, que prevê, em seu *caput*, que “aquele que, por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo”. Os atos ilícitos são referenciados no artigo 186 do mesmo Código, e caracterizam-se por “ação, omissão involuntária, negligência ou imprudência” que venha a “violiar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral”.

Conforme Stoco *apud* Santos (p. 114), “a noção da responsabilidade pode ser haurida da própria origem da palavra, que vem do latim *respondere*, responder a alguma

coisa, ou seja, a necessidade de responsabilizar alguém pelos seus atos danosos.” Ou seja: quando se afirma que um indivíduo poderá ser responsabilizado civilmente, significa dizer que foram impostas, a ele, medidas que geram a obrigação de reparar os danos causados, vez que o convívio em sociedade possui como pressuposto não prejudicar outrem. Dessa forma, acaba o ordenamento jurídico por determinar e se fazer cumprir, coercitivamente, o que seria uma conduta aceitável socialmente, sendo que os excessos quanto às ações realizadas por um indivíduo gerarão consequências ao mesmo. Deduz-se, portanto, que para haver a responsabilidade civil, deve haver um ou mais danos causados por alguém a um terceiro. Dano, nas palavras de Chamone (2008), trata-se de:

Toda lesão a um bem juridicamente protegido, causando prejuízo de ordem patrimonial ou extrapatrimonial. Sem que tenha ocorrido dano a alguém, não há que se cogitar em responsabilidade civil. Ao contrário do que ocorre na esfera penal, aqui o dano sempre será elemento essencial na configuração da responsabilidade civil; não há responsabilidade civil por ‘tentativa’, ainda que a conduta tenha sido dolosa.

Nesse sentido, que surge o instituto da ação de reparação civil de danos, que tem como objetivo que o agente responsável por ato ou omissão que porventura tenha causado danos a outrem, sejam eles materiais ou morais, os repare de forma satisfatória.

Cabe, de forma sucinta, conceituar dano material e dano moral, a fim de se compreender a sua abrangência na responsabilização civil. Enquanto o primeiro se refere especificamente ao prejuízo patrimonial, o dano moral se relaciona a aspectos mais subjetivos e imateriais, inerentes à personalidade humana e causadores de sofrimento moral.

A pretensão de reparação civil dos danos citados, conforme o Código Civil de 2002, Artigo 206, § 3º, inciso V, prescreve em três anos. Nesse sentido, afirma Duarte (2010, p. 164), que se considera o início do prazo prescricional “a data do fato ou ato que autorizar a reparação, salvo se o ato também constituir crime”. Dessa forma, de acordo com a referida legislação, terá o indivíduo que foi lesado o prazo de três anos a partir da data em que o dano ocorreu, a fim de tomar a iniciativa de mover o judiciário em busca da responsabilização civil do agente causador, bem como ensejar a reparação dos danos que sejam efetivamente comprovados. Nesse sentido, para que a pretensão do autor seja atingida, haverá a necessidade de um conjunto probatório satisfatório, a fim de comprovar a veracidade de suas alegações. O próprio Código de Processo Civil de 2015 traz justamente essa previsão, em seu artigo 369: “as partes têm o direito de empregar todos os meios legais, bem como os moralmente legítimos, ainda que não especificados neste Código, para provar a verdade dos fatos em que se funda o pedido ou a defesa e influir eficazmente na convicção do juiz.”

Além disso, determina, no artigo 373, que o ônus probatório cabe ao autor da ação, quanto aos fatos que constituem direito que está sendo pleiteado. Ou seja, não é suficiente o fato ter ocorrido, mas há a necessidade de ser provado de forma suficientemente clara, a ponto de ser capaz de formar a convicção que motivará a decisão do juiz.

4. Provas eletrônicas e prazos legais de sua conservação

Primeiramente, importante fazer uma conceituação de “prova”, considerando seus aspectos jurídicos. Conforme afirma Campos (2014, p.140), há se de referenciar a etimologia da palavra prova, que tem origem no vocábulo latino *probatio*, significando “verificação, exame, inspeção, demonstração”. Destaca-se, portanto, sua importância no sentido de aproximar a verdade processual da verdade real, compondo um conjunto de informações essencial para o convencimento e decisão do julgador. São admitidas, no direito, conforme o Código de Processo Civil de 2015, diversas formas de produção de provas, a exemplo do depoimento pessoal, prova testemunhal, pericial e documental.

No entanto, se o ambiente virtual, conforme já afirmado, é palco de relações humanas que, por sua vez, podem gerar as mais diversas consequências no mundo jurídico, pode-se auferir, dessa análise, que também nesse ambiente haverá a produção de provas. As mesmas podem ser denominadas, dado seu caráter imaterial, de provas eletrônicas. Contudo, essa característica da imaterialidade não diminui o valor probatório da mesma, sendo elas também comprovações da verdade real, conforme explica Campos (2014, p. 150):

Resta claro, portanto, que assim como o documento físico, o documento eletrônico também retrata um fato pretérito de forma idônea, moralmente legítimo e duradoura, mas tem a peculiaridade de não o materializar em um suporte físico e palpável, mas sim em um arquivo digital, sob a forma de uma sequência de códigos binários, e somente passa a ser inteligível quando traduzida por um programa de computador específico, o que o torna absolutamente independente do meio em que foi gravado.

Assim destaca-se a necessidade de que se possua uma interação harmônica entre aspectos técnicos e os jurídicos, sendo o primeiro um meio de garantia do exercício do segundo, quando considerarmos as novas demandas tecnológicas. Nesse sentido, os legisladores, quando da edição do Código de Processo Civil de 2015, incluíram expressamente que os documentos eletrônicos constituem uma forma de prova documental, em uma sessão específica no referido dispositivo legal, *in verbis*:

Art. 439. A utilização de documentos eletrônicos no processo convencional dependerá de sua conversão à forma impressa e da verificação de sua autenticidade, na forma da lei.

Art. 440. O juiz apreciará o valor probante do documento eletrônico não convertido, assegurado às partes o acesso ao seu teor.

Art. 441. Serão admitidos documentos eletrônicos produzidos e conservados com a observância da legislação específica

As provas eletrônicas podem contar, em alguns casos, com relativa facilidade de acesso, como é o caso de e-mails trocados entre duas ou mais pessoas, ou então a divulgação ampla de determinado conteúdo em sites da internet. Nesse caso, para que sejam utilizadas como provas processuais, juridicamente aceitáveis, o próprio Código de Processo Civil de 2015, Artigo 384, prevê a possibilidade de que sejam atestados os dados e arquivos eletrônicos em ata específica lavrada por tabelião, a chamada Ata Notarial. No entanto, em outros casos concretos envolvendo o ambiente virtual, a produção da prova poderá ser mais complexa, tornando mais difícil a comprovação do fato alegado pela parte autora.

A exemplo, pode-se citar um pronunciamento realizado em redes sociais que venham a gerar danos a outrem. Devido à dinâmica da rede, uma informação pode ser facilmente compartilhada por determinado período de tempo, gerando consequências jurídicas, causando danos, sejam eles materiais ou morais a um terceiro, e posteriormente apagadas com a mesma agilidade em que foi divulgada, não havendo tempo hábil à pessoa atingida de se dirigir até um tabelionato a fim de lavrar a Ata Notarial. Ou, ainda, o agente que comete o ilícito se valer de identidade falsa (os chamados perfis sociais *fakes*), dificultando, dessa forma, sua identificação.

Nesses casos, mesmo que a captação da referida prova não tenha ocorrido, ou que, de imediato não seja possível a identificação do autor dos atos, a situação efetivamente ocorreu, através de um ambiente virtual, e veio a gerar repercussões no mundo jurídico. A questão gira em torno de como comprovar que o ato efetivamente ocorreu, quem o realizou, através de quais aplicações virtuais, utilizando quais recursos tecnológicos. Para tanto, a Lei nº 12965/2014, o “Marco Civil da Internet”, prevê a obrigatoriedade de os provedores de aplicações de internet armazenarem registros de acesso a aplicações pelo prazo de seis meses, no Artigo 15, *in verbis* (grifo nosso):

Art. 15. **O provedor de aplicações de internet** constituído na forma de pessoa jurídica e que exerça essa atividade de forma organizada, profissionalmente e com fins econômicos **deverá manter os respectivos registros de acesso a aplicações de internet, sob sigilo, em ambiente controlado e de segurança, pelo prazo de 6 (seis) meses**, nos termos do regulamento.

Destaca-se que, conforme a definição de Ceroy define-se Provedor de Aplicação de internet como “qualquer empresa, organização ou pessoa natural que forneça um conjunto de funcionalidades que podem ser acessadas por meio de um terminal conectado à internet, não importando se os objetivos são econômicos.” Além disso, no que se refere propriamente à identificação de usuários que conectaram na rede, em determinado horário e a partir de determinada localização, a lei prevê que os administradores de sistema guardem os registros por um prazo maior, conforme Art. 13, *in verbis*: “Na provisão de conexão à internet, cabe ao administrador de sistema autônomo respectivo o dever de manter os registros de conexão, sob sigilo, em ambiente controlado e de segurança, pelo prazo de 1 (um) ano, nos termos do regulamento”.

Destaca-se, portanto, que mesmo que haja a previsão legal de limitação de prazo para manutenção dos registros virtuais por parte dos provedores e administradores de sistema, também é possível que o judiciário seja acionado a fim de que, cautelarmente, os mesmos sejam armazenados por período maior. Contudo, no que se refere à possibilidade de uma eventual ação de reparação de danos causados pela responsabilização civil de atos cometidos através da internet, através de provas eletrônicas produzidas, pode-se chegar a algumas conclusões sobre prazos aplicáveis.

Afinal, verificou-se que o Marco Civil da Internet, de forma geral, apresenta um prazo relativamente curto de armazenamento das informações. Quando se compara tal previsão em relação aos prazos prescricionais da ação de reparação de danos, entende-se que o mesmo não está adequado, a fim de proteger o direito de quem acionar o judiciário para reparar os danos sofridos.

5. Considerações finais

É inegável o grande impacto trazido pelo avanço e popularização das tecnologias na sociedade, de forma geral, bem como os reflexos trazidos pelas mesmas às relações jurídicas. Percebe-se que a legislação brasileira vem sendo constantemente modificada, no sentido de abranger o ambiente virtual e as ações e omissões nele ocorridas pelo ordenamento jurídico. No entanto, é necessário que a legislação esparsa esteja em harmonia, para que não haja nenhum prejuízo às partes que possuem algum direito violado buscarem amparo no judiciário.

O Direito Eletrônico não se trata de um ramo isolado. Muito pelo contrário, está presente, de forma ou outra, em todos os outros ramos, visto ser impossível desvincular a presença das tecnologias nas relações humanas e suas repercussões nas relações jurídicas. Nesse sentido, verifica-se que, apesar de válida a tentativa do Marco Civil da Internet de proteger os registros de conexão e os dados de acesso a fim de serem utilizados pelo judiciário, os prazos pela lei estipulados não são suficientes para abranger o direito de se buscar responsabilização civil e consequente reparação dos danos, sejam eles materiais ou morais, se valendo das provas produzidas e conservadas pelos provedores e administradores de sistemas.

Ora, se o atual Código de Processo Civil, em seu artigo 441, determina que somente poderão ser utilizados como provas os documentos eletrônicos produzidos e conservados de acordo com a legislação vigente, automaticamente elimina-se a possibilidade da busca dessas provas após o prazo estipulado no Marco Civil da Internet. Mesmo que haja a possibilidade de medida cautelar a fim de que os dados sejam conservados por período maior que o previsto pelo Marco Civil, existe a necessidade de que o judiciário seja acionado para determinar tal medida. No entanto, o prazo prescricional da ação de reparação de danos, de três anos, é muito superior ao prazo estipulado aos provedores para que sejam conservados os dados.

Assim o indivíduo que tenha sofrido danos por terceiros no ambiente da internet, mesmo que possua três anos para mover a ação de reparação, já não terá mais acesso a provas fundamentais para a comprovação de seu direito, pois, caso ultrapassado o período previsto no Marco Civil da Internet, e o judiciário não acionado para determinar a manutenção dos dados de forma cautelar, terá grande possibilidade de insucesso na demanda, visto as provas não mais existirem armazenadas. Poderá, sim, se valer de outros meios de prova, no entanto, conforme já exposto, devido à dinâmica da rede, onde as informações podem ser inseridas e removidas em espaços ínfimos de tempo, terá grandes dificuldades de compor o conjunto probatório adequado para sua demanda.

Reafirma-se, portanto, a necessidade de que as alterações legislativas que venham a tratar de questões que envolvam as novas tecnologias, sejam amplamente estudadas, levando-se em consideração aspectos interdisciplinares, a fim de harmonizar os aspectos técnicos e jurídicos, de forma a efetivamente proteger o direito de quem venha a sofrer danos no mundo virtual.

Referências

- BRASIL. Decreto 8.771, de 11 de maio de 2016. Regulamenta a Lei 12.965/2014, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8771.htm, Maio.
- _____. Lei 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Código Civil, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm, Maio.
- _____. Lei 12.737, de 30 de novembro de 2012. Dispõe sobre a tipificação criminal de delitos informáticos, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112737.htm, Maio.
- _____. Lei 12.965, de 23 de abril de 2014. Marco Civil da Internet, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/112965.htm, Maio.
- _____. Lei 13.105, de 16 de março de 2015. Código de Processo Civil, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm, Maio.
- BITENCOURT, Manoela de. O que é Direito digital? In: FINCATO, Denise; Matte, Mauricio; Guimarães, Cintia (org.). Direito e Tecnologia: Reflexões Sociojurídicas. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2014.
- CAMPOS, Amália Rosa de. A prova eletrônica. In: FINCATO, Denise; Matte, Mauricio; Guimarães, Cintia (org.). Direito e Tecnologia: Reflexões Sociojurídicas. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2014.
- CEROY, Frederico Meinberg. Os conceitos de provedores no Marco Civil da Internet, <http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI211753,51045-Os+conceitos+de+provedores+no+Marco+Civil+da+Internet>, Maio.
- CHAMONE, Marcelo Azevedo. O dano na responsabilidade civil, <https://jus.com.br/artigos/11365/o-dano-na-responsabilidade-civil>, Junho.
- DUARTE, Nestor. Código Civil Comentado: Doutrina e Jurisprudência. São Paulo: Manole, 2010.
- GOULART, Lucas Moser. Aspectos do trabalho na sociedade “dita” digital. In: FINCATO, Denise; Matte, Mauricio; Guimarães, Cintia (org.). Direito e Tecnologia: Reflexões Sociojurídicas. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2014.
- SANTOS, Pablo de Paula Saul. Responsabilidade Civil: origem e pressupostos gerais, http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11875, Junho.
- TAKAHASHI, Tadao (org.). Sociedade da informação no Brasil: livro verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.
- VILARINS, Ricardo Lopes (org.). Marco Civil da Internet. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015.

GABY - TERMINAL DE CONSULTA DE PREÇO

Vitor Mateus Fank Teixeira, Vanessa Lago Machado,
José Antônio Oliveira de Figueiredo

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL)
Câmpus Passo Fundo
Estrada Perimetral Leste, 150 - Passo Fundo - RS - Brasil
CEP: 99064-440

vitor-fank@bol.com.br,

{vanessa.machado, jose.figueiredo}@passofundo.ifsul.edu.br

Abstract. *In this work, a system was developed to perform price queries through mobile devices. This potential demand is an unexplored area, since the available Price Inquiry Terminals are fixed models and have a high acquisition cost. In this way, an application for mobile devices with hybrid technology has been developed, which allows the user to scan the bar code of the product, using the camera of the smartphone, and verify the data of the same, when found. After implementation and realization of the application tests, it was possible to verify its potentialities.*

Resumo. *Neste trabalho foi desenvolvido um sistema para realizar consultas de preços por meio de dispositivos móveis. Essa demanda em potencial trata-se de uma área não explorada, tendo em vista que os Terminais de Consulta de Preço (TCP) disponíveis no mercado tratam-se de modelos fixos e possuem um alto custo de aquisição. Desse modo, foi desenvolvido um aplicativo, para dispositivos móveis, com tecnologia híbrida, que permite ao usuário escanear o código de barras do produto, com uso da câmera do smartphone, e verificar os dados do mesmo, quando encontrado. Após implementação e realização dos testes do aplicativo foi possível verificar suas potencialidades.*

1. Introdução

Cada vez mais as pessoas buscam agilidade e facilidade, segundo dados do Estadão, o Brasil conta com 168 milhões de dispositivos, gerando a média de 1.6 *smartphones* para cada habitante [Estadão 2016]. Tal realidade prevê a mudança de alguns paradigmas, como o modo de consulta de preços de produtos por meio de outras formas, além do tradicional Terminal de Consulta de Preço (TCP).

Os TCP's mais populares na região visam atender a demanda do comércio referente a falta de informação dos preços nas embalagens dos produtos. Ainda, destaca-se que, até o momento, não foram encontradas soluções móveis para consulta de preços. Visando atender essa demanda, o presente trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de consulta de preços *mobile*, o qual conta com um banco de dados em *cloud*.

A divisão de seções deste artigo seguiu a seguinte ordem: na seção 2 é apresentado o referencial teórico, o qual refere-se aos TCP's, ao código de barras adotado no Brasil

e a persistência de dados (banco de dados Firebase); na seção 3 apresenta os materiais e métodos que foram utilizados para o desenvolvimento; na seção 4 são apresentados os resultados obtidos após o desenvolvimento do aplicativo e os resultados dos testes, realizado com alguns usuários; e, na seção 5 são apresentadas as considerações finais referente ao trabalho desenvolvido.

2. Referencial Teórico

Nesta seção serão fundamentados alguns conceitos importantes para a compreensão do trabalho, como Terminal de Consulta de Preço, código de barras e o padrão adotado no Brasil, além da compreensão persistência de dados.

2.1. Terminais de Consulta de Preços

O Terminal de Consulta de Preço (TCP) pode ser definido como um “dispositivo eletrônico, dotado de visor e leitor de código de barras, em alguns casos com memória própria, que possibilita ao cliente, através da passagem do código de barras no leitor, a visualização do preço do produto no visor” [Claro 2013].

O Decreto nº. 5.903, de 20 de dezembro de 2006, que regulamenta a Lei nº 10.962, de 11 de outubro de 2004, estabelece a obrigatoriedade dos terminais de consulta de preços em estabelecimentos que possuem produtos com código de barras. A referida lei prevê que o cliente não deve se deslocar mais de 15 metros para ter acesso a um terminal, como é possível verificar em seu artigo 7º, no qual tem-se que: “Os leitores óticos deverão ser dispostos na área de vendas, observada a distância máxima de quinze metros entre qualquer produto e a leitora ótica mais próxima”. Assim, verifica-se a necessidade de implantação dos TCP’s no comércio varejista [Brasil 2006].

2.2. Código de barras linear

No decorrer da década de 30, tecnologias com a mesma finalidade do código de barras linear começavam a ser estudadas, desenvolvidas e testadas. Conforme [Milies 2008], testes com cartões perfurados começaram a ser realizados em um projeto na universidade de Harvard com o objetivo de identificar os produtos, o que influenciou na criação da máquina registradora. Com o surgimento da máquina registradora cada item passou a ganhar uma etiqueta adesiva com seu preço, possibilitando assim o registro dos valores das mercadorias e o cálculo do valor das transações de venda de determinado estabelecimento.

Em 20 de outubro de 1949 foi protocolado um pedido de patente para “Classificação de Aparatos e Métodos”, que descrevia os padrões de impressão. A patente americana foi emitida em 7 de outubro de 1952, sob nº 2.612.994, atribuída aos inventores Woodland e Silver para o primeiro sistema de codificação automática de produtos, que foi a primeira versão do código de barras [VANZ 2012].

Existem vários tipos de códigos de barras, porém um dos mais utilizados é o EAN-13 (ilustrado na Figura 1), padrão adotado no Brasil. Essa adoção de um padrão garante a uniformidade no sistema, o que evita confusões e divergências [VANZ 2012].

O padrão EAN-13 possui uma sequência lógica, o qual é utilizado na construção do código de barras, como pode ser visto na Figura 1. Assim, conforme a GS1 Brasil, o prefixo do país é composto pelos três primeiros números do código de barras, dessa



Figura 1. Características do código de barras EAN-13

forma esses dígitos indicam o país no qual o produto foi cadastrado, independente do país de fabricação. Cada país possui um identificador único, emitida pela entidade autorizada, no caso do Brasil o prefixo é o 789 [GS1Brasil 2018].

Na sequência tem-se o código da empresa, que refere-se a identificação da empresa fabricante (dona da marca). Após, há a identificação do produto, contendo um código único para cada produto. Por fim, o dígito verificador, o qual comprova que a leitura foi realizada corretamente.

2.3. Persistência de Dados com Firebase

A persistência de dados consiste no armazenamento confiável e coerente das informações em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). Uma das soluções para realizar a persistência dos dados é a utilização do banco de dados Firebase.

Desenvolvido pela empresa Google, Firebase refere-se a um conjunto de produtos distribuído gratuitamente, com um limite de utilização. Entre esses produtos, existem serviços de hospedagem, armazenamento em *cloud* e o banco de dados [Firebase 2017].

Segundo a documentação disponível no site do fabricante o Firebase Realtime Database trata-se de um banco de dados com hospedagem em *cloud*. Para isso os dados são armazenados no formato JSON, com sincronismo em tempo real [Firebase 2017].

Dessa forma o Firebase Realtime Database possui uma versão gratuita, a qual permite até 100 acessos simultâneos. Essa ferramenta permite que, com poucas linhas de código, o banco de dados seja adicionado a diferentes plataformas, como aplicações web, Android e iOS, permitindo que todas as plataformas se conectem ao mesmo banco de dados, sem a necessidade de implementações e conhecimentos específicos referentes a cada plataforma.

2.4. Trabalhos relacionados

Foi realizada uma busca por sistemas similares ao proposto, contudo não foram encontrados resultados de aplicativos que correspondem exatamente a mesma proposta deste trabalho. Assim, foram encontrados sistemas similares na área comercial, segundo

[Mannara 2015] “[...] alguns aplicativos permitem fazer uma comparação de preços pelo leitor de código de barras. Viu um produto e quer saber se ele está mais barato em outra loja? Basta apontar a câmera do celular para o código [...]”, os aplicativos citados são (BoaLista¹, Zoom², Mais Preço³, Bondfaro⁴) todos utilizam a tecnologia de escanear o código de barras do produto, e realizar uma comparação de valores entre comércios pré cadastrados no sistema, sendo eles voltados a comparação de valores entre diferentes comércios, o que é relatado também em [ConsumidorModerno 2017].

3. Metodologia - Materiais e Métodos

Neste estudo foi desenvolvido um aplicativo *mobile* com foco no comércio varejista. A aplicação foi desenvolvida com o viés de substituição dos terminais fixos de consulta de preço, devido ao fato de que esses possuem um alto custo para aquisição, além de tal modelo de consulta dificultar, ou em muitas vezes inviabilizar, a consulta do valor de um produto de grande porte, visto que o mesmo deverá ser deslocado até o leitor.

Dessa forma, o aplicativo GABY foi desenvolvido no formato multiplataforma e utiliza tecnologia híbrida, para isso foi desenvolvido utilizando as tecnologias HTML5, CSS e Javascript, por meio do *framework* Ionic. Os projetos criados com essas tecnologias web podem ser distribuídos por lojas de aplicativos nativos, tais como Play Store e Google Play, o que garante a disponibilidade nos principais sistemas operacionais móveis existentes, embora o foco deste trabalho foi a implementação e testes voltados ao Android.

Assim, o fluxo da consulta de preço via aplicativo encontra-se ilustrado na Figura 2, por meio do diagrama de sequência.

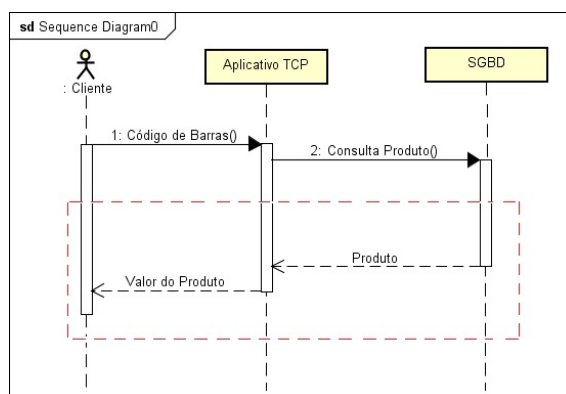


Figura 2. Diagrama de sequência: fluxo da consulta de preço realizada pelo usuário no Aplicativo GABY.

O diagrama de sequência (Figura 2) demonstra o fluxo do sistema e o processo do sincronismo dos dados. Assim, o aplicativo faz a comunicação com o SGBD, o qual realiza a comunicação de retorno à aplicação. Detalhadamente é possível verificar que para utilização do aplicativo o usuário realiza a leitura do código de barras do produto, utilizando a câmera do dispositivo, como um TCP, assim o código lido será enviado ao banco

¹<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/boalista.html>

²<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/zoom.html>

³<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/mais-preco.html>

⁴<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/bondfaro.html>

de dados Firebase, a fim de verificar a existência do registro do mesmo. Se o produto for encontrado o sistema retornará os dados do produto, e exibirá na tela os respectivos dados previamente cadastrados. Concomitante a esse fluxo, além dos dados do produto serem apresentados ao usuário, esses são armazenados em um banco de dados local, denominado `localStorage`, para manter um histórico das últimas consultas realizadas. Por outro lado, caso não seja encontrado o registro do produto, a aplicação está programada para exibir uma mensagem *default*.

4. Resultados Obtidos

O aplicativo foi desenvolvido utilizando a tecnologia de desenvolvimento híbrido com Ionic, logo foi utilizado Ionic e o Apache Cordova, pacotes do NodeJS, o qual foi utilizado a versão `node-v6.11.2-x64` e `NPM 3.10.10`. Em relação ao Ionic trabalhado, foi utilizado a versão `3.19.1`, e em relação ao cordova foi utilizado a versão `8.0.0`. Além disso, foi utilizado o `Android SDK 25.5.5` e `angularfire2 5.0.0-rc.6`. Como ambiente de desenvolvimento foi utilizado a IDE Visual Studio.

O aplicativo desenvolvido pode ser instalado em *smartphone* ou tablet como visto na Figura 3. Desse modo, o aplicativo utiliza um banco de dados em *cloud*, denominado Firebase, possibilitando que as consultas sejam realizadas de qualquer lugar e em qualquer horário.

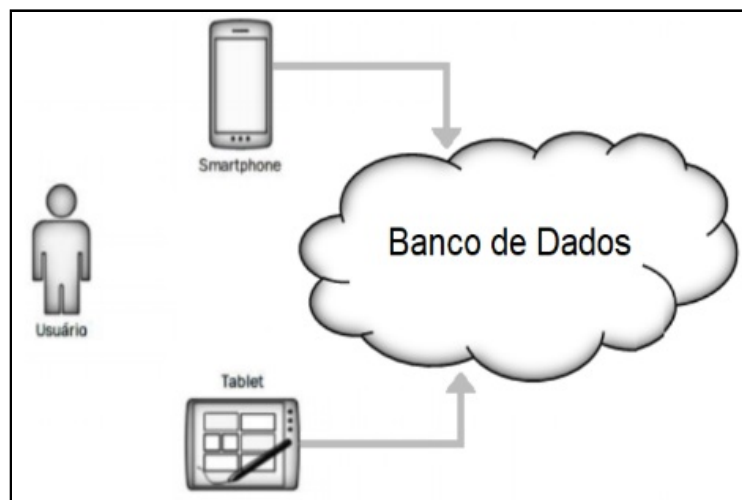


Figura 3. Modelo de funcionamento do sistema desenvolvido.

Para realizar a consulta de preço dos produtos, o aplicativo deverá estar com permissão de acesso à câmera, possibilitando tais consultas. O aplicativo é composto ao todo por três telas, em que é possível observar na Figura 4(a) a tela da Home (página inicial).

Ao realizar a leitura do código de barras, utilizando o plugin nativo `barcodeScanner`, é retornado um valor, o qual será automaticamente utilizado para realizar a comparação no banco de dados, logo uma nova página será carregada. Essa página apresenta os dados do produto encontrado (conforme Figura 4(b, d)), ou os dados *default*, no caso do produto não encontrado (conforme ilustrado na Figura 4(c)). Ainda, posterior ao retorno dos dados, quando o produto é encontrado, uma ação é acionada, na qual os dados são armazenados no banco de dados `localStorage`, visando a recuperação desses pela página de consultas.

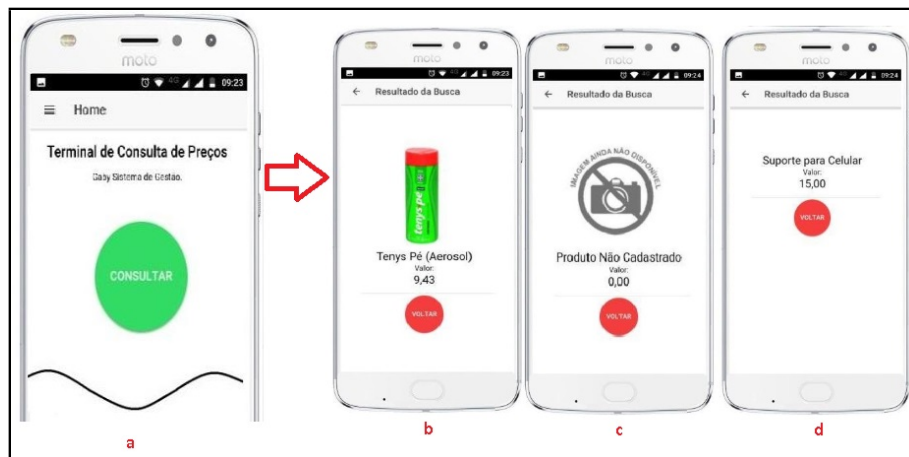


Figura 4. Telas de consulta de preço de produto com o aplicativo Gaby.

O aplicativo permite que o usuário visualize as últimas consultas realizadas (Figura 5), em que toda consulta que for realizada, e o produto for localizado, será armazenada, facilitando assim futuras comparações entre valores dos diferentes produtos escaneados. Para permitir esse histórico, os dados das últimas consultas são armazenados no localStorage, tais dados podem ser removidos ao ser acionado o botão [APAGAR CONSULTAS].



Figura 5. Aplicativo GABY - Tela de Consultas - apresenta histórico das consultas realizadas com os produtos encontrados.

4.1. Avaliação do aplicativo

Uma versão de teste do aplicativo GABY foi disponibilizada para um grupo de sete pessoas voluntárias a avaliá-lo. Os avaliadores foram selecionados aleatoriamente, os quais possuem faixa etária entre 25 e 45 anos, com pessoas de ambos os sexos e sem vínculo profissional com as áreas da tecnologia. Para esse teste foi disponibilizada a versão para Android e os dados foram coletados no dia 29 de maio de 2018.

Após testes em diferentes versões de Android determinou-se os requisitos necessários em relação ao *hardware* e *software* para execução do aplicativo. Nesse sentido verificou-se a necessidade de um *smartphone* contendo uma câmera, Sistema Operacional

Android na versão 4.0.1, ou superior, e espaço em disco liberado de, no mínimo, 500 MB, para a instalação do aplicativo.

Após os usuários instalarem o aplicativo, foi disponibilizado um questionário, para avaliação, juntamente com alguns códigos de barras para simular produtos a serem consultados. No questionário foram apresentadas as seguintes questões: "01 - O que você achou do aplicativo em geral?"; "02 - Foi fácil de usar o aplicativo?"; "03 - Você considera importante o uso de aplicativos como este?"; e, "04 - Você utilizaria um aplicativo para adicionar suas compras ao Carrinho de Compras e realizar o pagamento?".

Para as questões acima mencionadas, o usuário poderia classificar a resposta em "Sim" e "Não", exceto na questão 01, a qual poderia ser avaliada em "Bom", "Razoável" e "Ruim".

Após a análise das respostas recebidas, obteve-se a avaliação do aplicativo em geral (questão 01), em que 100% dos usuários avaliaram de maneira positiva o aplicativo. Com relação à usabilidade do aplicativo (questão 02), 100% dos usuários avaliaram positivamente. No quesito de importância do uso de aplicativos como este no processo de automação comercial (questão 03), 71% dos participantes informaram que consideraram importante. Referente ao questionamento sobre implementações futuras do aplicativo (questão 04), 71% dos participantes afirmaram que usariam o aplicativo para adicionar produtos no carrinho de compras e realizar o pagamento, demonstrando o potencial do aplicativo para novas funcionalidades.

4.2. Forma de implementação do Aplicativo GABY

Para implementação do aplicativo em um comércio existe a necessidade de importação dos dados dos produtos do mesmo para o banco de dados Firebase, para isso os dados podem ser importados com um arquivo do tipo Json, no qual o comércio deve realizar a exportação do seu banco de dados atual, ou seja, realizar um backup dos dados no formato de arquivo de texto JSON, o qual será importado para o banco de dados Firebase. Dessa forma a sincronização dos dados entre o banco de dados local e o banco de dados em *cloud* deverá ocorrer com determinada frequência (sempre que houver alterações dos produtos e com rotina de sincronismo a ser definida junto ao comércio).

Contudo, como o aplicativo desenvolvido realiza a busca dos dados em um banco de dados em *cloud*, o acesso aos dados não fica restrito somente ao funcionamento interno no comércio, ou seja, com o uso do aplicativo implantado e utilizado pelo comércio A, como o código de barras do produto segue um padrão, não sendo único por comércio, ao utilizar o aplicativo para consulta em um comércio B é possível ter o resultado da consulta do valor da mercadoria do comércio A, mesmo estando em outro estabelecimento.

5. Considerações finais

O aplicativo desenvolvido neste trabalho visa atender a uma grande demanda, que não é atendida de maneira adequada pelos sistemas disponíveis. O aplicativo desenvolvido apresenta alguns diferenciais em relação à maneira atual de disponibilizar aos clientes um terminal de consulta de preços.

Dessa forma foi desenvolvido um aplicativo de fácil usabilidade para realizar consultas de preços em determinado estabelecimento, por meio da leitura do código de barras

do produto. Para isso o aplicativo foi desenvolvido usando o *framework* Ionic e para armazenamento dos dados foi utilizado o banco de dados local (localStorage) e o banco de dados em *cloud* (Firebase).

No decorrer do desenvolvimento foi enfrentado alguns conflitos em relação ao versionamento do android cordova com o plugin nativo barcode Scanner, sendo a mesma resolvida, utilizando uma versão anterior do mesmo.

Como trabalhos futuros verifica-se a possibilidade de aperfeiçoamento da usabilidade do sistema e também para aumentar a sua funcionalidade. Em relação à usabilidade é possível realizar melhorias relacionadas ao design do aplicativo. Já em relação às novas funcionalidades verifica-se a possibilidade de: adicionar o produto ao carrinho de compras, após realizar a consulta do valor; adicionar um lembrete caso o usuário desejar receber aviso quando o valor total das mercadorias no carrinho de compras chegar a um valor pré-definido; realizar pagamento das compras via cartão de crédito/débito; e, restringir o uso do aplicativo para acesso somente no interior do comércio.

Referências

- Brasil (2006). Decreto nº 5.903, de 20 de set. de 2006. regulamenta a lei no 10.962, de 11 de outubro de 2004, e a lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990.
- Claro, A. (2013). *Sistemas de informações gerenciais*. São Paulo. 1ª edição. ISBN 978-85-8065-266-0.
- ConsumidorModerno (2017). 9 aplicativos que ajudam a economizar na hora das compras. <http://www.consumidormoderno.com.br/2017/05/12/9-aplicativos-economizar-compras/>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- Estadão (2016). Brasil tem 168 milhões de smartphones. <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2016/04/epoca-negocios-brasil-tem-168-milhoes-de-smartphones.html>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- Firebase (2017). Documentação do firebase. <https://firebase.google.com/docs>. Acesso em: 16 mar. 2018.
- GS1Brasil (2018). Código de barras: Ean/upc. <https://www.gs1br.org/codigos-e-padroes/codigo-de-barras/ean-upc>. Acesso em: 22 mai. 2018.
- Mannara, B. (2015). Use seu android como leitor de código de barras e encontre preços baixos. <https://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2015/05/use-seu-android-como-leitor-de-codigo-de-barras-e-encontre-precos-baixos.html>. Acesso em: 25 mai. 2018.
- Milies, F. C. P. (2008). A matemática dos códigos de barras. *Revista do Professor de Matemática*, 65:46–53.
- VANZ, N. M. (2012). Um estudo sobre a evolução do código de barras linear até o qr code e sua aplicação em um estudo de caso. *TCC (Graduação em Sistemas para Internet). Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL), Câmpus Passo Fundo*, page 65.

7 한글: Aplicativo multiplataforma para aprendizado de Hangul utilizando Flashcards

Suélen Antunes Camargo¹, Anubis G. de M. Rossetto¹, Lisandro Lemos Machado¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense – Câmpus Passo Fundo (IFSUL)
Estrada Perimetral Leste, 150 - Passo Fundo - RS

sowelus.oficial@gmail.com, {anubis.rossetto,
lisandro.machado}@passofundo.ifsul.edu.br

Abstract. *The evolution of mobile devices, such as smartphones, certainly revolutionized the market with ability to perform many of the essential tasks that previously were only present on PC's. Considering the range of possibilities these technologies offer to our daily lives, we present in this work an accessible mobile application that uses such benefits for the learning of the Korean language. This study used the Ionic Framework to build an application able to joining the methods of spaced repetition system of learning and Flashcards with the goal of improving the performance and interest of those who start their studies with the Hangul, the Korean alphabet.*

Resumo. *A evolução dos dispositivos móveis, tais como os smarthphones, certamente revolucionou o mercado com sua capacidade de executar muitas das tarefas essenciais que antes só estavam presentes em PC's. Tendo em vista a gama de possibilidades que essas tecnologias oferecem ao nosso cotidiano, apresenta-se nesse trabalho um aplicativo acessível por dispositivo móvel que usa tais benefícios em prol do aprendizado da língua coreana. Este estudo empregou o Framework Ionic para a construção de uma aplicação capaz de unir os métodos de aprendizado de repetição espaçada e Flashcards com o objetivo de melhorar o rendimento e interesse de quem inicia seus estudos através do hangul, o alfabeto coreano.*

1. Introdução

A disseminação da tecnologia, bem como do acesso à internet pela população, revolucionam cada dia mais o nosso cotidiano. Ocorre que desta ascensão, as gerações contemporâneas criam uma familiaridade intrínseca com a tecnologia de tal forma que se dedica mais tempo a estudos, comunicação e lazeres relacionados à mesma. De certa forma, isso faz com que qualquer atividade em um dispositivo eletrônico seja mais atrativa. Segundo Lévy (1999), isso caracteriza: “[...] Um movimento internacional de jovens ávidos para experimentar, coletivamente, formas de comunicação diferentes daquelas que as mídias clássicas nos propõem”.

Nesse cenário é que se percebe a importância de desenvolver aplicativos móveis que atendam as necessidades dos usuários, estando disponível em qualquer lugar e a qualquer momento. No desenvolvimento, diferentes abordagens podem ser empregadas, porém, uma que vem ganhando destaque é a programação multiplataforma, ou também

conhecida como “desenvolvimento híbrido”, na qual é possível criar aplicações para diferentes plataformas a partir da implementação de uma única codificação.

Por outro lado, na área da educação, à medida que a intervenção das tecnologias fica inevitável, diferentes métodos de aprendizagem podem ser empregados. Neste trabalho, os métodos de repetição espaçada e Flashcards foram escolhidos por compor uma interessante combinação no contexto de dispositivos móveis. A técnica de repetição espaçada consiste em auxiliar o aluno a levar estudos da memória de curto prazo para a memória de longo prazo. Já no processo de memorização através de Flashcards, são apresentados cartões que de um lado há o conteúdo a ser aprendido e no verso a resposta ou explicação.

Tendo como base uma busca realizada na Web, percebeu-se que existem poucos aplicativos voltados para aprendizado de Hangul em língua portuguesa. Grande parte dos encontrados não dispõe de uma interface agradável e intuitiva aos seus usuários. Além disso, é muito difícil encontrar este tipo de aplicativo, com essas características, disponível em diversas plataformas.

Levando esses fatores em consideração, vislumbrou-se a possibilidade de criar um aplicativo acessível via dispositivo móvel com o potencial de auxiliar alunos no processo de aprendizagem da língua estrangeira Hangul. Com base nestes aspectos, o aplicativo, denominado 7 Hangul, foi concebido para ter um visual atrativo e funcionalidades simples e objetivas, para auxiliar no aprendizado utilizando a técnica de repetição espaçada com Flashcards. O desenvolvimento utilizou a abordagem híbrida que permite a distribuição da aplicação para diferentes plataformas, algo essencial tendo em vista a diversidade de dispositivos que atualmente estão no mercado.

Este artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta as duas técnicas de aprendizagem empregadas neste trabalho. A Seção 3 discute alguns trabalhos relacionados. A Seção 4 detalha o aplicativo 7 Hangul desenvolvido. Resultados de uma avaliação feita com usuários são descritos na Seção 5. Por fim são apresentadas as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Técnicas de aprendizagem

Nessa seção são apresentadas a técnica de aprendizagem que usa repetição espaçada e a abordagem que emprega Flashcards.

2.1 Repetição espaçada

Ainda que o aprendizagem por meio de dispositivos móveis tenha um papel importante no processo de autoaprendizagem, o método de ensino também conta muito para a evolução do aluno. Por exemplo, o aprendizado de uma língua estrangeira engloba vários fatores que incluem a capacidade dos alunos de ouvir, falar, escrever e ler com eficiência.

Durante o processo de aprendizagem através do mobile, há um custo de tempo e energia, por isso é importante que os resultados obtidos sejam levados para a memória de longo prazo. Isso se explica, segundo Dell'Isola (2008) pelo fato de que nas primeiras vinte e quatro horas após o estudo, há uma taxa de esquecimento relevante como exemplificado na Figura 1.

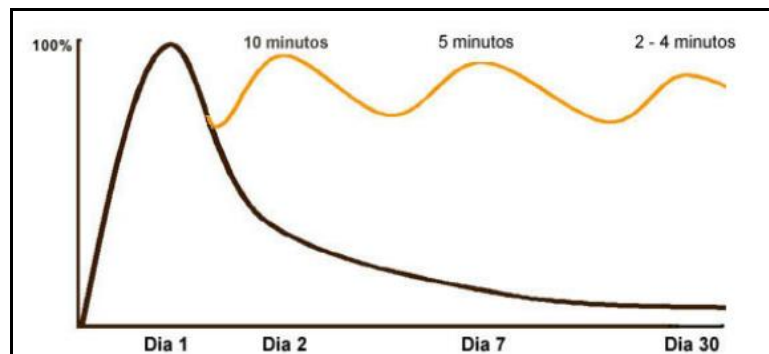


Figura 1 - Curva do Esquecimento (Dell'Isola, 2008)

É nesse ponto onde a técnica de repetição espaçada entra como uma possibilidade interessante. Na Figura 1 observa-se que a linha em cor preta representa a curva do esquecimento, representado no eixo X que ao passar dos dias tem uma redução na taxa de memorização. A linha amarela representa a taxa de memória ao serem realizadas revisões curtas do conteúdo estudado no dia 1 e nos dias seguintes. Através dessa representação pode-se perceber que no período inicial a revisão era de 10 minutos, uma semana após é necessário apenas 5 minutos e após 30 dias, revisões de 2 a 3 minutos tornam-se efetivas para elevar a curva de aprendizagem do aluno para 100%. Em outras palavras, não é necessária demanda de tempo para levar o conhecimento da memória de curto prazo para a memória de longo prazo.

A tecnologia entra como um fator interessante no aprendizado de idiomas, principalmente para aqueles que não dispõem de grande tempo disponível para estudo. Um aplicativo que insere a técnica de repetição espaçada pode oferecer a experiência de estudo de um conteúdo em um período relativamente curto de tempo, revisando-se durante o passar dos dias e levando o aluno a ter um melhor aproveitamento do tempo e estudo.

As primeiras pesquisas sobre a repetição espaçada foram realizadas no século XIX pelo alemão Hermann Ebbinghaus. Atualmente existem vários estudos feitos por filósofos, psicólogos e matemáticos, que foram vinculados ao Mobile Learning para auxiliar na capacidade dos alunos em memorizar de uma forma mais eficaz os estudos. Entre os métodos que se destacam, o uso de Flashcards aparece como uma ótima alternativa.

2.2 Flashcards

O método de aprendizado Flashcards é usado por professores há muito tempo. Consiste em o professor apresentar cartões de papel, que de um lado tem o conteúdo a ser aprendido e no verso uma resposta ou explicação. Esse método de ensino predominava desde o século XIX e foi incrementado ao longo dos anos por estudiosos, como o jornalista Sebastian Leitner que na década de 1970 produziu o sistema para agendamento de Flashcards, para mostrar o cartão ao aluno e ele responder. Caso soubesse a resposta, o cartão era movido para um bloco de cartões estudados, caso contrário era movido para o bloco de cartões a serem revisados. Em 1987 o pesquisador Piotr Wozniak usou essa técnica para produzir o algoritmo SuperMemo que mais tarde foi transferido ao poder computacional, auxiliando no processo de memorização de

assuntos considerados pela sociedade como de extrema dificuldade, como medicina, chinês e japonês [SuperMemo 2017].

3. Trabalhos relacionados

Uma pesquisa de aplicativos para estudo de alfabetos foi realizada e alguns trabalhos encontrados são relacionados a seguir. Avaliou-se tanto trabalhos que usam a técnica de Flashcards quanto outros que não a usam. Dentre os aplicativos analisados, estão: TenguGo Hangul, SuperMemo e Anki.

O aplicativo TenguGo Hangul [Tengo Hangul, 2017] está disponível para smartphones com sistema Android e iOS, sendo focado no aprendizado de vogais, consoantes e regras básicas, com áudios e exemplos. Embora não trabalhe com o conceito de Flashcards, este aplicativo traz alguns textos e áudios. Como pontos fortes podem-se destacar: a inclusão de testes referentes a vogais e consoantes; pode ser usado para praticar a qualquer momento; permite revisar a ordem de escrita dos caracteres em Hangul. Dentre seus pontos fracos, destacam-se: o design que não é atrativo e não chama a atenção para o conteúdo; é disponível somente no idioma inglês; apresenta muitos textos e longas explicações; além disso os anúncios aparecem durante o estudo, gerando incômodo.

O segundo aplicativo estudado foi o SuperMemo [SuperMemo, 2017] que está disponível para uso Web, Android, iOS e também para a plataforma de computador Windows 7. Este aplicativo surgiu dos princípios de aprendizagem de Piotr Wozniak, inventor do algoritmo de escolha dos intervalos entre as repetições dos Flashcards, da qual ele defende na tese básica do SuperMemo. Como pontos fortes observados, destacam-se: a disponibilidade online e off-line; permite transferência de aprendizado entre dispositivos; apresenta um design intuitivo; usuário pode criar seus próprios Flashcards e pode buscar por cursos prontos para incrementar seus estudos. Dos pontos fracos identificados durante o uso do Super Memo, percebeu-se que: ainda não há cursos de coreano dentro desta plataforma, ou seja, usuário deve criar seu próprio estudo, caso tenha interesse em memorizar Hangul; maioria dos cursos é em inglês; e as cores não são muito harmônicas.

Dentre os três aplicativos testados, o Anki [Anki, 2017] se destaca, pois além de estar disponível via Web, também possui versão instalável como programa na plataforma Windows 7 e também para dispositivos móveis como Android e iOS. É fortemente usado no estudo de línguas, sendo apoiado por diversos professores da categoria EAD. Este aplicativo abre a possibilidade do usuário criar seus próprios baralhos e disponibilizá-los publicamente, assim como fazer download de baralhos prontos de outras pessoas para incrementar seu próprio método de estudo. Seus pontos fortes são: a sincronização de cartões em vários dispositivos; conteúdo personalizável; permite incorporar clipes de áudio, imagens, vídeos e marcação científica nos cartões. No entanto, seus pontos fracos são: um visual não agradável; fontes pequenas, o que dificulta a leitura e não chama muito a atenção do usuário para o conteúdo estudado.

4. Aplicativo 7 Hangul

O 7 Hangul consiste em um aplicativo multiplataforma onde o usuário tem acesso a Flashcards separados em 7 baralhos. Ao contrário dos aplicativos analisados em que o

usuário pode inserir conteúdos genéricos e criar seus próprios baralhos e cartões, neste aplicativo o foco é o aprendizado de Hangul com um conteúdo pré-definido.

Nesta seção são apresentadas informações sobre o alfabeto hangul, as tecnologias utilizadas no desenvolvimento e o funcionamento do aplicativo.

4.1 Hangul

O Hangul é o alfabeto usado pelos coreanos. Constitui-se de palavras divididas por sílabas com vogais e consoantes, ao total são 10 vogais e 14 consoantes. Cada sílaba compõe um bloco de no máximo quatro letras. Este alfabeto foi criado em meados de 1443 pelo Rei Sejong que tinha por objetivo criar um alfabeto de fácil memorização e sons fiéis a sua escrita para ajudar no processo de alfabetização e educação de seu povo [Brazilkorea, 2014].

4.2 Tecnologias Utilizadas

No desenvolvimento híbrido utiliza-se a mesma codificação para gerar versões da aplicação para diferentes plataformas. Esse tipo de desenvolvimento multiplataforma é possível graças a Frameworks, como o Ionic. A concepção do 7 Hangul considerou conter características híbridas, uma vez que a aplicação não necessitava consumir muitos recursos de hardware, além da pretensão de disponibilizá-lo para plataformas como o Android e iOS. Por tal motivo foi escolhido o Framework do Ionic, que: “Visa o desenvolvimento de apps híbridas e de rápido e fácil desenvolvimento” [Grillo, 2017]. Além disso, o Ionic foi desenvolvido com base no AngularJS, um Framework voltado para a criação de aplicações Single Page que transicionam os templates carregados sem *reload* de página, ou seja, sem que o usuário seja redirecionado de uma página para outra.

O SQLite foi utilizado para implementar um banco de dados SQL (*Structured Query Language*), embutido, onde no momento da instalação no dispositivo gera um banco de dados pré-populado com os dados da aplicação.

4.3 Funcionalidades do 7 Hangul

A divisão dos Flashcards em 7 baralhos tem como critério o nível de dificuldade. Essa divisão teve como base apresentar nos níveis introdutórios somente vogais simples, após, as vogais compostas, e por fim, as consoantes e suas composições, desde as mais simples até as mais complexas. A Figura 2 apresenta um exemplo de caracteres que são estudados em cada nível.

Caractere Hangul	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ㅛ	ㅜ
Nível (Baralho)	1	2	3	4	5	6	7

Figura 2 – Conteúdo dos Baralhos (Do autor)

A partir do baralho quatro, o usuário já terá conhecimento de todas as vogais e consoantes, assim, podem ser apresentadas as possíveis combinações para efetivar sua

memorização e auxiliar o usuário a aprender a fonética e a composição das sílabas, algo essencial para o aluno que está começando seus estudos na língua coreana.

Quando o usuário acessa a aplicação, inicialmente é apresentado um rápido resumo sobre o aplicativo e a língua coreana. A ideia é que quando o usuário instale o 7 Hangul em seu dispositivo, leia tais instruções e tenha uma visão geral de como tudo funciona. Para acessar as lições não será necessário fazer login ou cadastro, os dados dos baralhos e Flashcards são incluídos no banco de dados local no momento da instalação.

Após acessar um dos níveis (baralhos) disponíveis para realizar seu estudo, (Figura 3.a), o usuário terá uma visão geral do assunto que é abordado na lição, bem como, número de cartões do nível, número de cartões já aprendidos e número restante para aprender (Figura 3.b). Um cartão é considerado aprendido quando o usuário o classifica como “Fácil”.

Ao clicar na opção “Estudar” da tela do nível, será apresentado um cartão por vez, cada um com um Hangul diferente. Ao visualizar o Flashcard, conforme Figura 4, o usuário inicia o processo de memorização. Assim, o usuário pode classificá-lo de acordo com seu conhecimento sobre o Hangul, se ele sabe ou não sabe, podendo visualizar exemplos e explicações sobre o hangul clicando para virá-lo. Para ir ao próximo cartão, é necessário que usuário classifique o Flashcard com uma das opções: “Difícil”, “Bom” e “Fácil”. Inicialmente todos os cartões sem classificação são apresentados.

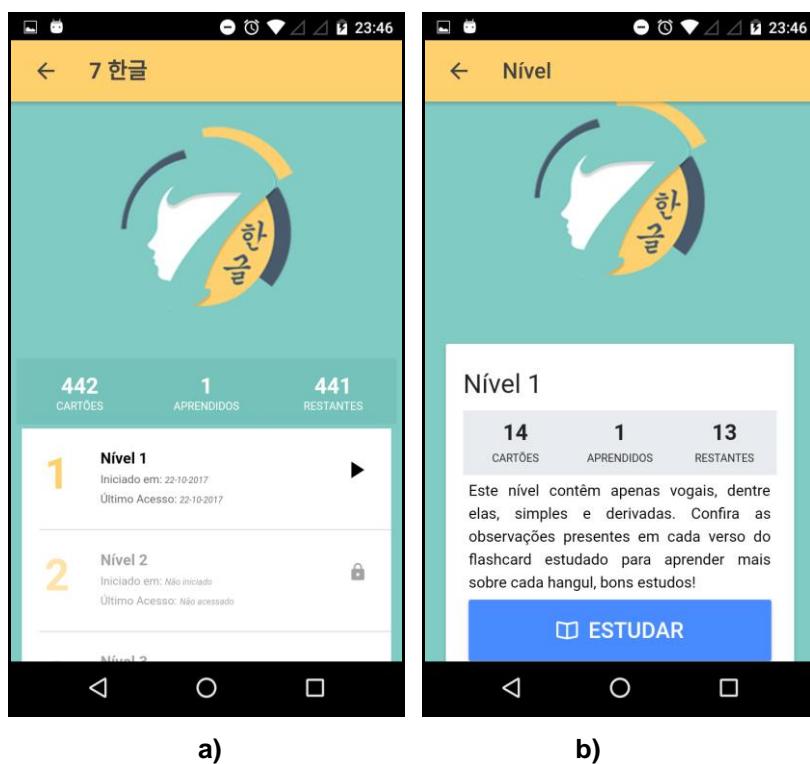


Figura 3 - Tela principal e descritivo de nível

A partir da classificação inicial, a frequência de apresentação leva em consideração essas marcações repetindo até todos os cartões serem classificados como

“Fácil”. Assim, os cartões classificados com as opções “Difícil” e “Bom” aparecem em uma taxa maior durante a lição do que os cartões classificados como “Fácil”.

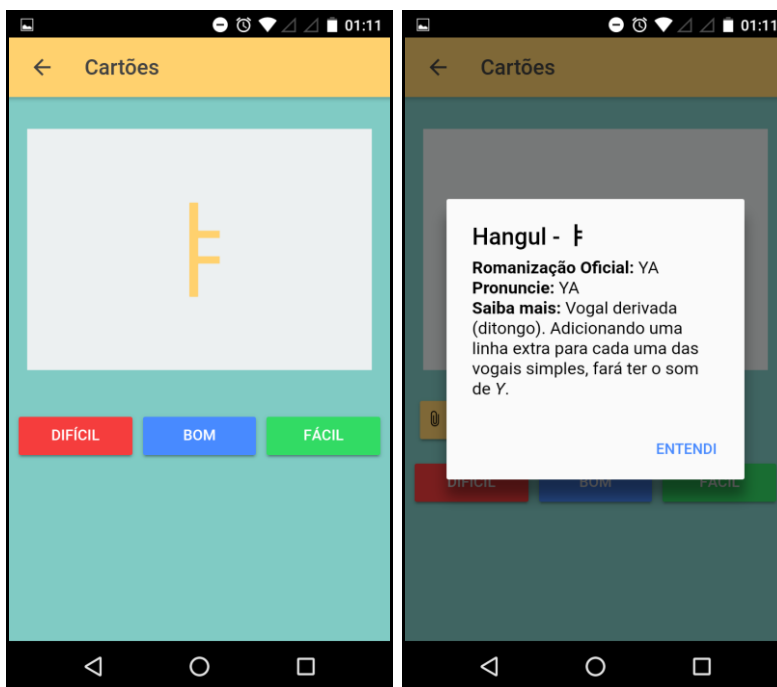


Figura 4 – Flashcard e informações adicionais no verso

4.3 Regra para exibição dos cartões

Este trabalho propôs uma regra para a exibição dos cartões considerando o método de repetição espaçada. Assim, foi definida uma regra que gera um conjunto de cartões para apresentação, onde a exibição destes é feita de forma aleatória. Esse conjunto é composto por todos os cartões marcados como “Difícil”, somados aos cartões aqui definidos como α e β , onde: α equivale aos cartões marcados como “Bom” e seleciona até 30% do total de cartões; e β equivale aos cartões marcados como “Fácil”, selecionando até 10% do total de cartões. Por exemplo, tendo os números de cartões apresentados na Tabela 1 e sendo C o conjunto de cartões definido para uma rodada, temos $C = 8$ cartões “Difícil” + 4 cartões “Bom” + 1 cartão “Fácil”, gerados de forma aleatória. Quando o usuário termina a rodada, um novo conjunto C é gerado.

Tabela 1 : Exemplo de classificação (Do autor)

Total cartões	Difícil	Bom	Fácil
15	8	5	2

Dessa forma, cada vez que o usuário classifica um Flashcard como “Difícil”, o mesmo aparecerá mais vezes durante sua navegação entre os Flashcards do nível. Essa repetição fará automaticamente com que o usuário visualize um mesmo caractere várias

vezes, dedicando mais atenção a sua forma e composição, até memorizá-los. Assim, quando o usuário classificar todos Flashcards da lição como fáceis, aparecerá uma mensagem avisando que o próximo nível já está liberado para estudo.

5. Avaliação com usuários

Uma versão de teste do aplicativo 7 Hangul foi disponibilizada para participantes de uma comunidade de estudos de língua coreana, além de outros usuários. O aplicativo foi disponibilizado em sua versão para Android e iOS.

Inicialmente foi aplicado um questionário aos participantes com o objetivo de verificar o perfil dos usuários, sendo este respondido por 35 pessoas. Identificou-se que a faixa etária dos participantes varia entre 14 a 35 anos. Um dos questionamentos feitos diz respeito a qual o tipo de dispositivo os usuários usam com mais frequência. Destaca-se como resultado deste item que 61,1% utilizam o celular.

Outra questão foi sobre o sistema operacional de seus dispositivos móveis. O sistema operacional Android foi mencionado por 75% dos usuários em comparação ao iOS com apenas 12,5%, taxa de igual proporção com o Windows Phone.

Em relação ao interesse dos usuários em aprender a língua coreana, obteve-se que 9,4% não possuem interesse algum em aprender coreano, contra 90,6% que responderam ter interesse. Sobre a questão de conhecimento prévio da língua, 75% dos participantes já tinham conhecimento básico em relação a outros 18,8% que declararam não ter nenhum conhecimento.

Após os usuários utilizarem o 7 Hangul, outro questionário foi aplicado para avaliar as percepções quanto ao aplicativo. No total 11 pessoas, das 35 que participaram da primeira pesquisa, efetivamente usaram e avaliaram o aplicativo.

No segundo questionário foram apresentadas as seguintes questões:

- O que você achou do aplicativo em geral?
- O que você achou da interface do aplicativo?
- O aplicativo foi intuitivo na questão de usabilidade?
- Você considera importante o uso de aplicativos como este?
- Em sua opinião, o uso de um dispositivo móvel pode auxiliar o processo de aprendizagem?
- Em sua opinião, o aplicativo demonstrou-se relevante para o seu aprendizado do alfabeto coreano?
- Em sua opinião, o aplicativo tem potencial para explorar ainda mais o seu aprendizado na língua coreana?

Para as questões acima, o usuário poderia classificar a resposta numa escala de 1 a 5, onde 1 representa a avaliação mais negativa e 5 a mais positiva. Outras três questões de espaço livre para escrever foram apresentadas:

- Gostaria de fazer alguma sugestão para melhoria do aplicativo?
- Quais pontos POSITIVOS e NEGATIVOS do aplicativo você destacaria?
- O aplicativo apresentou algum problema durante o uso?

Dos 11 participantes, 8 eram usuários da plataforma Android e 3 de iOS. Após a análise das respostas recebidas, obteve-se que, em relação ao aplicativo, em geral, 90% dos respondentes avaliaram de maneira positiva. Considera-se uma avaliação positiva as

respostas 4 e 5 da escala. Com relação a interface, a usabilidade e a intuitividade do aplicativo, 80% avaliaram positivamente. O aplicativo demonstrou-se relevante para o aprendizado do alfabeto coreano para 60% dos respondentes. Já 80% dos participantes informaram que consideram importante o uso de aplicativos como este no processo de aprendizagem. Referente ao questionamento sobre o potencial do aplicativo para explorar o aprendizado na língua coreana, 80% concordaram que o aplicativo tem potencial. Alguns respondentes fizeram apontamentos no campo aberto para sugestões no questionário, destacando tais fatores: aplicativo simples, dinâmico e objetivo; prático e fácil de usar; transcrição do que ouvimos sem seguir a romanização oficial; acessível em qualquer lugar, mesmo sem internet. Com relação aos pontos fracos ressaltados pelos usuários, obteve-se que: devia conter áudios em cada caractere; mesmo os níveis iniciais foram mencionados como difíceis para quem não tinha familiaridade com a língua; dificuldades de manuseio no dispositivo móvel. Entre as sugestões de melhoria, destacam-se: deveria ser mais clara a forma como se passa os níveis para avançar o conteúdo; ter frases e palavras em coreano para treinar vocabulário e leitura; áudio foi mencionado como algo importante a ser implementado pela maioria dos usuário.

6. Considerações Finais

Esse trabalho apresentou o aplicativo 7 Hangul que tem como objetivo auxiliar no aprendizado da língua coreana hangul empregando a técnica de repetição espaçada com Flashcards. Para o desenvolvimento foi utilizado o Framework Ionic, usando codificação em HTML, CSS e Angular. Além disso, foi utilizado o banco de dados local SQLite para armazenamento de todos os baralhos e flashcards. O desenvolvimento deste trabalho permitiu a experiência de englobar diversas áreas de conhecimento, as quais envolvem a área de aprendizagem, língua coreana e o desenvolvimento híbrido de aplicativos.

Foi possível realizar a avaliação com usuários das plataformas Android e com alguns usuários da plataforma iOS. A avaliação realizada permitiu a percepção de que é possível se dedicar a um estudo de uma nova língua utilizando as potencialidades dos dispositivos móveis. Acredita-se que o 7 Hangul é capaz de auxiliar seus usuários de uma forma mais simples e fácil graças ao método que permite “reativar” os estudos feitos, o que acentua o aprendizado através da combinação do sistema de repetição espaçada e dos Flashcards. Sendo assim, o 7 Hangul contribui tanto para o conhecimento de usuários já familiarizados com a língua coreana como também para iniciantes.

Por fim, o feedback obtido por meio da avaliação com os usuários possibilitou a formulação de ideias e futuros aprimoramentos para a aplicação, tais como a inclusão de áudios, notificações para lembrar os usuários de realizar as lições diariamente, internacionalização e a apresentação das telas iniciais apenas na primeira execução da aplicação. Além disso, busca-se disponibilizar para o público em geral o aplicativo em lojas para apps. Tais melhorias contribuirão para uma experiência mais frutífera dos usuários.

Referências

Anki. Disponível em: <http://ankisrs.net/>. Acesso em: 21 de nov. 2017.

- Brazilkorea. Hangul-day-한글날. Disponível em: <http://brazilkorea.com.br/hangul-day-%ED%95%9C%EA%B8%80%EB%82%A0/>. Acesso em: 21 de nov. 2017.
- Dell'Isola, Alberto. A. Curva do Esquecimento. Disponível em: <http://memorizacao.blogspot.com.br/2008/05/curva-do-esquecimento.html>. Acesso em: 23 de out. 2017.
- Grillo, Rafael. Introdução ao Ionic Framework, Tabless, 2015. Disponível em: Acesso em: 12 de Agosto de 2017.
- Lévy, Pierre. Cibercultura. P. Trad. Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999. 260 p.
- SuperMemo. Disponível em: <https://www.supermemo.com/>. Acesso em: 20 de nov. 2017.
- Tengo Hangul. Disponível em: www.tengugo.com/korean/hangul_app/hangul. Acesso em: 16 de out. 2017.

Desenvolvimento de um aplicativo móvel para auxiliar no descarte consciente de lixo eletrônico

Vitor Hugo dos Santos Grenzel¹, Edimar Manica¹

¹Campus Ibirubá– Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)
98.200-000 – Ibirubá – RS – Brasil

vitorgrenzel@gmail.com, edimar.manica@ibiruba.ifrs.edu.br

***Abstract.** Incorrect disposal of electronic waste can cause environmental contamination and damage to waste pickers. This problem has worsened, given that the consumption and production of electronics has increased considerably in recent years, and consequently their disposal as well. This article presents an analysis about the behavior of people with regard to electronic waste, as well as a technological solution to help in the correct disposal of this type of waste. The proposed solution explores the crowdsourcing to ensure its scalability.*

***Resumo.** O descarte incorreto do lixo eletrônico pode provocar a contaminação do meio ambiente e danos à saúde dos catadores. Esse problema tem se agravado, tendo em vista que o consumo e a produção de eletrônicos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, e conseqüentemente o seu descarte também. O presente artigo apresenta uma análise sobre o comportamento das pessoas com relação ao lixo eletrônico, bem como uma solução tecnológica para auxiliar no descarte correto desse tipo de resíduo. A solução proposta explora a contribuição colaborativa para garantir a sua escalabilidade.*

1. Introdução

O avanço da tecnologia permite que todos os anos novos aparelhos eletrônicos sejam lançados no mercado. Com o aumento de poder aquisitivo da população, a compra desses equipamentos tem se tornado cada vez mais frequente, de acordo com a 29ª Pesquisa Anual de Administração e Uso de Tecnologia da Informação nas Empresas, o Brasil superou a marca de um *smartphone* por habitante e hoje conta com 220 milhões de celulares inteligentes ativos (MEIRELLES, 2018). Os números indicam que o brasileiro está comprando aparelhos mais sofisticados, impulsionado pelo barateamento de alguns modelos de *smartphones*.

Com o aumento do consumo de equipamentos eletrônicos, conseqüentemente também aumenta o seu descarte. O lixo eletrônico deve ter um destino especial, pois os mesmos contêm substâncias químicas em sua composição, que podem provocar contaminação do solo e da água, podendo também provocar graves doenças em catadores (KEMERICH et al. 2013). De acordo com a Lei Federal 12.305/10 e o Decreto 7.404/10, consumidores que descumprirem as respectivas obrigações previstas nos sistemas de logística reversa e de coleta seletiva estarão sujeitos à penalidade de advertência (BRASIL, 2010, Art.62, p. 2).

O presente artigo possui dois objetivos principais. O primeiro objetivo é analisar o comportamento das pessoas com relação ao lixo eletrônico. Essa análise envolve o descarte dos resíduos eletrônicos, o conhecimento sobre pontos de coleta, o interesse em instalar um aplicativo para visualizar pontos de coleta e a disponibilidade para cadastrar novos pontos de coleta. O segundo objetivo é apresentar o aplicativo que está sendo desenvolvido para incentivar as pessoas a realizarem o descarte correto do lixo eletrônico. Esse aplicativo permite que os usuários encontrem os pontos de coleta mais próximos de sua localização. O aplicativo é escalável, uma vez que explora a contribuição colaborativa para a inserção dos pontos de coleta.

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta uma análise sobre o comportamento das pessoas com relação ao lixo eletrônico. Na seção 3, é descrita a visão geral do aplicativo proposto. A Seção 4 aborda as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo e apresenta as telas do mesmo. Na Seção 5, são discutidos os trabalhos relacionados. Finalmente, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais e os trabalhos futuros.

2. Análise sobre o comportamento das pessoas com relação ao lixo eletrônico

Esta seção apresenta os resultados de uma pesquisa realizada com o objetivo de identificar o comportamento das pessoas com relação ao lixo eletrônico. As seguintes questões de pesquisa foram abordadas:

1. As pessoas descartam o lixo eletrônico corretamente?
2. As pessoas possuem conhecimento de algum ponto de coleta de lixo eletrônico em sua cidade?
3. As pessoas instalariam um aplicativo para visualizar os pontos de coleta de lixo eletrônico próximos à sua localização?
4. As pessoas registrariam um ponto de coleta de seu conhecimento em um aplicativo para que outros usuários possam visualizar?

Esta seção está organizada da seguinte forma. A Subseção 2.1 descreve a metodologia utilizada para a coleta dos dados. Nas subseções seguintes, os resultados para cada questão de pesquisa são apresentados e discutidos.

2.1. Metodologia

Para responder às questões de pesquisa foi elaborado um questionário no *Google Forms*. Esse questionário foi disponibilizado para o público em geral através de redes sociais e e-mail. Esse questionário ficou disponível entre os dias 27 e 31 de agosto de 2018, abrangendo 102 respondentes.

O questionário incluiu informações demográficas, a partir das quais foi possível determinar que 80% dos entrevistados estão na faixa etária de 15 a 30 anos. Com relação ao gênero, 51% se declararam homens e 49% mulheres.

2.2. Descarte correto

O objetivo desta questão de pesquisa é verificar se as pessoas descartam o lixo eletrônico corretamente. A Figura 1 apresenta os resultados da pesquisa com relação a essa questão. Observa-se que a maioria das pessoas (57%) não o realizam o descarte do lixo eletrônico de forma correta. Apenas 43% realizam de forma correta. Diversos

fatores podem contribuir para esse resultado, como, por exemplo, o não conhecimento de pontos de coleta, bem como a falta de conscientização acerca do tema.

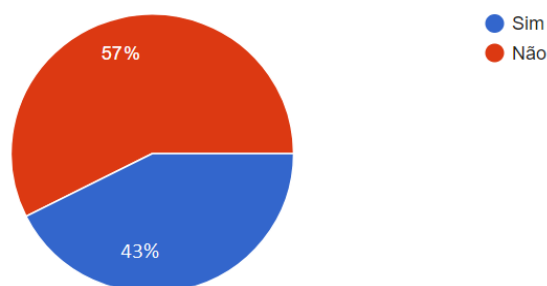


Figura 1. Resposta para a pergunta “Você descarta corretamente o lixo eletrônico?”

2.3. Conhecimento sobre pontos de coleta

O objetivo desta questão de pesquisa é verificar se as pessoas possuem conhecimento sobre os pontos de coleta de lixo eletrônico. A Figura 2 apresenta os resultados da pesquisa com relação a essa questão. Foi constatado que 58% dos respondentes desconhecem pontos de coleta de lixo eletrônico em sua cidade. Apenas 42% tem conhecimento dessa informação. Um dos fatores que contribuem para esse resultado é a falta de divulgação eficiente dos pontos de coleta, uma vez que todos os municípios dos respondentes possuem algum ponto de coleta de lixo eletrônico.

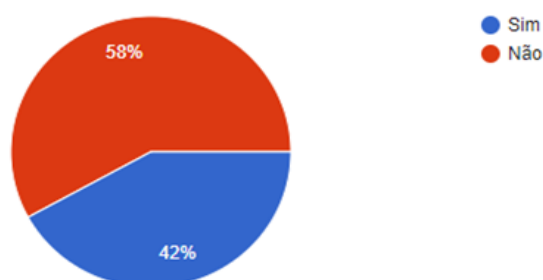


Figura 2. Resposta para a pergunta “Você tem conhecimento de algum ponto de coleta de lixo eletrônico em sua cidade?”

2.4. Instalação de aplicativo para visualizar pontos de coleta

O objetivo desta questão de pesquisa é investigar se as pessoas instalariam um aplicativo para visualizar os pontos de coleta de lixo eletrônico próximos à sua localização. A Figura 3 ilustra os resultados da pesquisa com relação a essa questão. A maioria dos respondentes (73,5%) afirmaram que instalariam o aplicativo. Apenas 26,5% não instalariam. Os resultados mostram que essa é uma demanda existente e que um aplicativo nesse sentido teria aceitação.

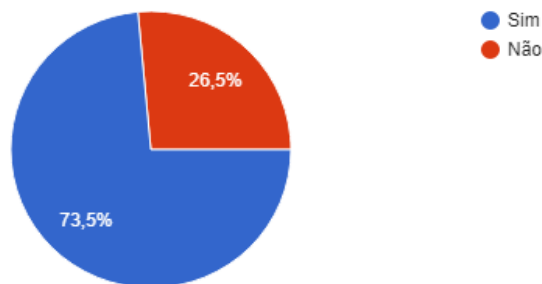


Figura 3. Resposta para a pergunta “Você instalaria um aplicativo para visualizar os pontos de coleta de lixo eletrônico próximos a você? ”

2.5. Registro de pontos de coleta

O objetivo desta questão de pesquisa é descobrir se as pessoas registrariam um ponto de coleta de seu conhecimento em um aplicativo para que outros usuários possam visualizar. A Figura 4 exibe os resultados da pesquisa com relação a essa questão. Dos participantes, 83% afirma que fariam o registro de pontos de coleta de seu conhecimento em um aplicativo, enquanto 17% não o fariam. A partir desses resultados, é possível concluir que esse tipo de aplicativo seria utilizado (conforme os resultados apresentados na Figura 3), bem como teria à colaboração da população para inserir os dados dos pontos de coleta, tornando o aplicativo escalável através da contribuição colaborativa.

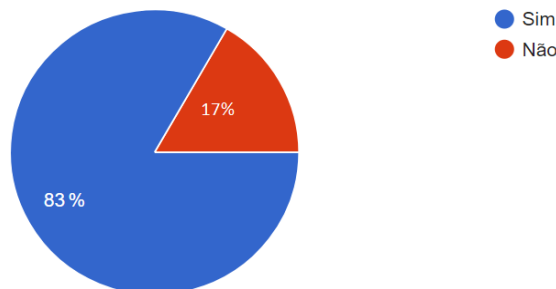


Figura 4. Resposta para a pergunta “Você registraria um ponto de coleta de seu conhecimento no aplicativo, para que outros usuários possam visualizar? ”

3. Recycle-me: visão geral

Esta seção apresenta à visão geral do aplicativo Recycle-me. O objetivo desse aplicativo é incentivar o descarte correto dos resíduos eletrônicos através da divulgação de pontos de coleta. Mais especificamente, o aplicativo permite que o usuário encontre os pontos de coleta mais próximos de sua localização. O banco de dados é populado através da contribuição coletiva, ou seja, a população é quem informa para o aplicativo quais os pontos de coleta. Essa estratégia agrega escalabilidade para o aplicativo.

A Figura 5 apresenta o diagrama de casos de uso do aplicativo, que inclui três atores:

1. **Usuário** - utiliza o aplicativo para identificar os pontos de coleta mais próximos de sua localização;
2. **Contribuidor** - informa ao aplicativo os pontos de coleta;
3. **Colaborador** - analisa dos pontos de coleta informados pelos contribuidores e verifica a veracidade das informações.

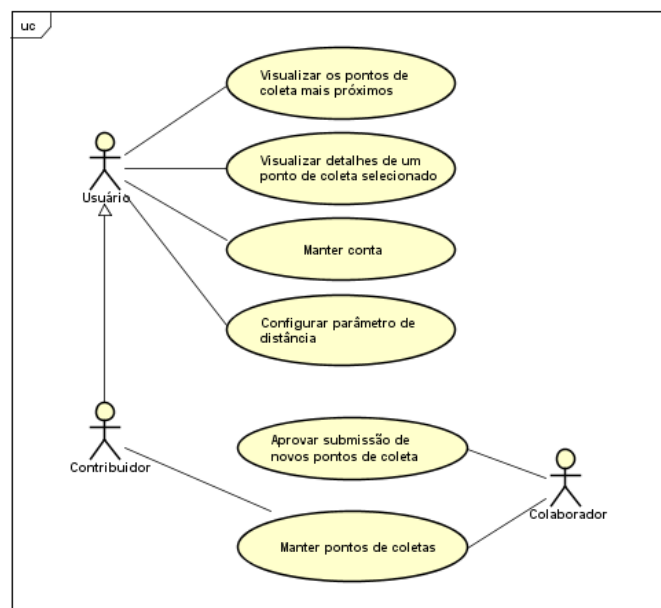


Figura 5. Diagrama de caso de uso

O diagrama de caso de uso acima apresenta uma visão geral da interação dos utilizadores do sistema com suas funcionalidades. O usuário nesse caso se caracteriza por ser um utilizador passivo, onde apenas usa as informações disponíveis para uso próprio, e mantém apenas as informações de sua conta do aplicativo. O Contribuidor se caracteriza por ser um utilizador ativo, possui todas as funcionalidades do usuário, além de participar ativamente da criação e edição das informações dos pontos de coleta. Já o Colaborador é o usuário administrador, responsável por analisar e verificar a veracidade das informações, para que essa vire um ponto de coleta confiável.

4. Recycle-me: protótipo

Esta seção descreve as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo, bem como as telas. Também, é apresentada à fase atual do desenvolvimento do aplicativo.

A tecnologia que está sendo utilizada para o desenvolvimento da aplicação é o Ionic. Ionic é um *SDK (Software Development Kit) open-source* para desenvolvimento de aplicativos móveis híbridos. Possibilitando o desenvolvimento de aplicativos multiplataformas com o mesmo código, isso se deve, pois, sua implementação é baseada em HTML, CSS e JavaScript. Com o diferencial que o Ionic adota o Apache Cordova, desse modo podendo acessar recursos nativos dos *smartphones*.

A Figura 6 apresenta a tela de registro de novos pontos de coleta. Nessa tela, o usuário pode definir o nome, a descrição, o telefone, o e-mail e uma imagem do ponto de coleta. Após o envio das informações, as mesmas são analisadas pelos administradores do aplicativo, onde será entrado em contato com a empresa/instituição/cooperativa que foi passado os dados, para a verificação dos mesmos.

← Registrar ponto de coleta

Descrição

Telefone

E-mail

Frequência de coleta ▾

Imagem

Escolher arquivo Nenhum ar...lecionado

Latitude

Longitude

VOLTAR SALVAR

Figura 6. Tela de registros de novos pontos de coleta

A Figura 7 apresenta a tela inicial do aplicativo onde são listados todos os pontos de coleta ordenados por proximidade, tendo como base a localização atual do usuário. É exibido o nome do local, quais os tipos de resíduos coletados, juntamente com a distância e uma estimativa de tempo até o local. Para o acesso ao aplicativo não é necessário a criação de uma conta, apenas é solicitado o registro para informar ou editar ponto de coleta.

A Figura 8 ilustra a tela de visualização detalhada do ponto de coleta, onde são exibidas todas as informações que foram registradas sobre o ponto de coleta. No ponto de coleta apresentado, é possível verificar que à Prefeitura de Ibirubá é um ponto de coleta que está à 2.6 km da localização do usuário e aproximadamente 18 minutos de carro.



Figura 7. Tela inicial do aplicativo



Figura 8. Tela de visualização detalhada do ponto de coleta

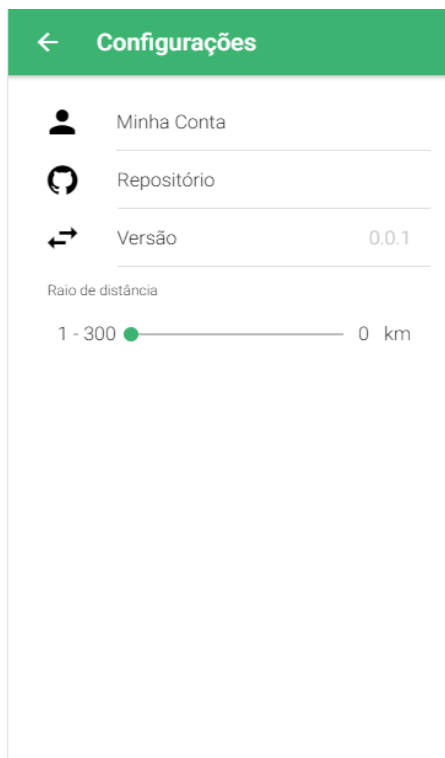


Figura 9. Tela de configurações

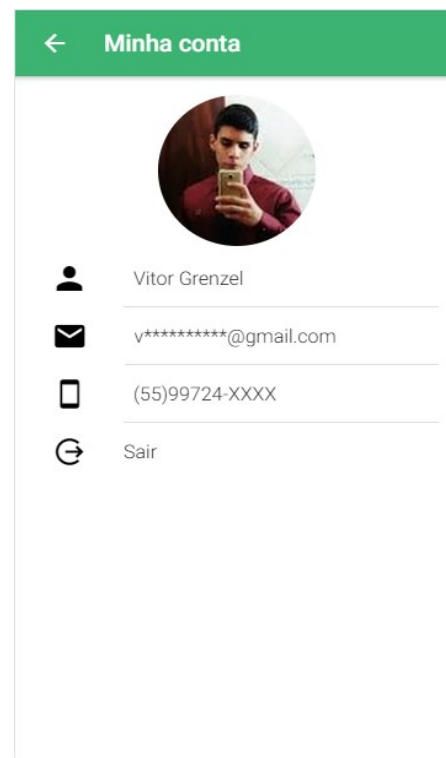


Figura 10. Tela do perfil do usuário

Na figura 9, é apresentada a tela de configurações do aplicativo, onde está disponível um link para acessar a conta do usuário, um link para o repositório do *Github* do projeto, um informativo da versão que o aplicativo se encontra, além de um marcador para que o usuário possa selecionar o filtro de distância que o aplicativo vai utilizar como parâmetro para selecionar os pontos de coleta na tela inicial. Na Figura 10, é ilustrada a tela que exibe as informações da conta do usuário.

Atualmente, o *front-end* foi desenvolvido e o banco de dados criado. Na sequência, será realizado o desenvolvimento do *back-end*. A conclusão da primeira versão do aplicativo está prevista para o dia 15 de outubro de 2018.

5. Trabalhos relacionados

Essa seção apresenta soluções existentes com funcionalidades semelhantes ao Recicle-me. São eles: o Cataki e o Descarte Bem.

O aplicativo Cataki tem como principal objetivo conectar catadores de recicláveis mais próximos ao usuário, assim aumentando a reciclagem e a renda dos catadores. O aplicativo está disponível para Android e IOS e já conta com mais de 10.000 downloads na Google Play, e, segundo o site oficial do aplicativo, 300 catadores já estão cadastrados.

O Aplicativo Descarte Bem foi desenvolvido pelo conselho participativo municipal de Santo Amaro/SP. Esse aplicativo tem como objetivo colaborar com a implementação do PGIRS (Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo), apontando a melhor destinação disponível atualmente para os resíduos, de modo a evitar que sejam descartados em locais públicos e terrenos baldios. O aplicativo está disponível apenas para Android contando com mais de 50 download na Google Play.

O diferencial do aplicativo Recicle-me com relação ao Cataki e ao Descarte Bem é explorar a contribuição colaborativa para garantir a inclusão de novos pontos de coleta de forma escalável. Ao utilizar essa estratégia é possível expandir a sua utilização para todas as cidades brasileiras, fornecendo informação aos usuários e colaborando para minimizar a quantidade de resíduos eletrônicos descartados incorretamente. Como o aplicativo está sendo desenvolvido utilizando IONIC ele será multiplataforma, ou seja, terá versões para Android, IOS e browser.

6. Considerações finais

Com o aumento do consumo de aparelhos eletrônicos vem o aumento do descarte dos aparelhos remanescentes, que devem ser feitos de forma correta para não prejudicarem o meio ambiente e a saúde das pessoas. Nesse contexto, este artigo apresentou uma análise sobre o comportamento das pessoas com relação ao lixo eletrônico. Os resultados mostram que a maioria das pessoas não descarta os resíduos eletrônicos corretamente e desconhecem pontos de coleta. No entanto, a maioria das pessoas instalariam um aplicativo para visualizar pontos de coleta de lixo eletrônico e, também, registariam novos pontos no aplicativo. A partir dessa pesquisa, foi proposto um aplicativo para incentivar as pessoas a realizarem o descarte correto desse tipo de resíduo através da divulgação de pontos de coleta. O aplicativo é escalável uma vez que explora a contribuição colaborativa para inclusão dos pontos de coleta.

Como trabalhos futuros destacam-se: (i) a implementação do back-end; (ii) a realização de testes com potenciais usuários; (iii) publicação do aplicativo nas lojas de aplicativos; (iv) criação de um site para a divulgação do projeto.

7. Referências

- Kemerich, Pedro Daniel da Cunha; Mendes, Sabrina Altmeyer; Vorpapel, Tatiane Hohm; Piovesan, Maurício; “Impactos Ambientais Decorrentes Da Disposição Inadequada De Lixo Eletrônico No Solo”. <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=900&layout=abstract&locale>. Acesso em 05 Out 2018.
- MEIRELLES, Fernando S. “Tecnologia de Informação. 2013. 49f. 29ª Pesquisa Anual do Uso de TI”. <https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/pesti2018gvciappt.pdf>. Acesso em 05 Out 2018.
- BRASIL, Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em 05 Out 2018.
- ANTUNES, Pedro. “Descarte Bem - Santo Amaro”. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pedroantunes.residuos>. Acesso em 05 Out 2018.
- GOOGLE. “Crie lindos formulários”. <https://www.google.com/forms/about/>. Acesso em 05 Out 2018.
- GOOGLE. <https://play.google.com/store>. Acesso em 05 Out 2018.
- IONIC. “Build amazing apps in one codebase, for any platform, with the web.” <https://ionicframework.com/>. Acesso em 05 Out 2018.
- APACHE. “Mobile apps with HTML, CSS & JS”. <https://cordova.apache.org/>. Acesso em 05 Out 2018.
- CATAKI. “O Aplicativo da reciclagem”. <http://www.cataki.org/>. Acesso em 05 Out 2018.

Sistema de Gestão de Cooperativas de Reciclagem de Resíduos Sólidos

Anderson Valter Garcia¹, André Fernando Rollwagen¹, Telmo de Cesaro Junior¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL)
Estrada Perimetral Leste 150, CEP: 99.064-440, Passo Fundo – RS – Brasil.
anderson.epk@gmail.com, andre.rollwagen@passofundo.ifsul.edu.br,
decesarojunior@yahoo.com.br

Abstract. *The lack of information systems that assist in management of solid waste recycling cooperatives leads to the absence of concise data, harming some management decisions. The proposed system aims to provide a tool to support managers in their activities in cooperatives. The system was developed in PHP programming language and in PostgreSQL database. It was necessary to use some technologies like HTML, CSS, Bootstrap and JavaScript. After the system implementation, it was tested, validated and approved by the cooperative managers. They classified the system as a safe tool, with good usability and understandable.*

Resumo. *A falta de sistemas de informação que auxiliam na gestão de cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos leva à ausência de dados concisos, fato que acaba prejudicando os gestores em suas tomadas de decisões. O sistema proposto tem por objetivo disponibilizar uma ferramenta para auxiliar os gestores em suas atividades nas cooperativas. Para o desenvolvimento do sistema utilizou-se a linguagem de programação PHP e o banco de dados PostgreSQL, também foi necessário o uso das tecnologias HTML, CSS, Bootstrap e JavaScript. Após a implementação do sistema, o mesmo foi testado, validado e aprovado pelos gestores das cooperativas, sendo classificado como seguro, de boa usabilidade e de fácil entendimento.*

1. Introdução

A dificuldade na obtenção de informações com qualidade e agilidade sem a utilização de um sistema de informação pode ser percebida quando a informação se limita a fonte de dados obtidos em relatórios manuais mal estruturados [Pinho 2011]. Assim, ocasionando tomadas de decisões precipitadas e equivocadas pela parte dos gestores, devido à análise de dados e informações de fontes ou relatórios duvidosos, incompletos ou até mesmo incorretos.

Um sistema de informação é capaz de armazenar um conjunto de elementos ou componentes inter-relacionados como coleta, manipulação e armazenamento de dados e informações para alcançar um objetivo [Stair e Reynolds 2011]. Analisando esse conceito, é possível concluir que um sistema para gestão de cooperativas de resíduos sólidos é um importante no auxílio aos gestores na busca de dados ou tomada de decisões, trazendo vantagens como diminuição de custos administrativos e acesso seguro à informação.

Os sistemas informatizados destacam outros benefícios, mencionados por Oliveira (2002) como: melhora no acesso a informações; emissão de relatórios mais precisos em menor tempo; melhora na atividade setorial; tomada de decisões efetivas

com acesso à informação de forma ágil e precisa; maior agilidade para enfrentar imprevistos; evolução e melhorias no serviço prestado, redução de custos operacionais; melhorias na organização e fluxo de informações e melhor controle organizacional para os gestores do sistema.

Considerando a relevância dos dados empresariais e as vantagens com a obtenção de informações seguras e eficientes, este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema de gestão para cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos do município de Passo Fundo – RS.

2. Referencial Teórico

Nesta Seção estão retratados conceitos relacionados a resíduos sólidos, e as tecnologias utilizadas no processo de desenvolvimento do sistema.

O crescimento na produção de resíduos sólidos está diretamente ligado ao aumento populacional, aos hábitos e costumes da população, à melhoria na renda familiar e ao consumo cada vez maior de produtos industrializados [Taguchi 2010]. Segundo ABNT (2004 p. 1) resíduos sólidos são definidos como: “Aqueles que no estado sólido e semi-sólido, resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”.

Com base no relato de Taguchi (2010) considera-se de suma importância a reciclagem de resíduos sólidos. O processo de coleta, classificação e encaminhamento desses resíduos para reciclagem pode ser realizado pela gestão municipal, por catadores autônomos, cooperativas de recicladores, entre outros. Esta sequência até a reciclagem gera dados importantes para o processo de gestão de cooperativas de reciclagem. Principalmente com dados organizados e manipulados adequadamente, que podem ser obtidos por meio de sistemas de informação. Os quais são definidos por Laudon e Laudon (2011 p. 12) como “um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam, processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização”.

O processo de desenvolvimento de um sistema de informação é segmentado em quatro estágios, começando com a análise, projeto, implementação e testes [Wazlawick 2004]. A análise deve auxiliar no entendimento das necessidades do cliente, descobrir as funcionalidades a serem implementadas no sistema. Esta fase é iniciada com o levantamento de requisitos, conceituada por Vazquez (2016) como uma área da engenharia de software que executa técnicas para aquisição, documentação e manutenção de requisitos de forma repetitiva e sequencial, que seja condizente com as regras de negócios da empresa e de qualidade. Portanto, é considerada fundamental para o correto desenvolvimento do sistema de informação.

No projeto cria-se uma proposição de solução para atender as necessidades do cliente elencadas na fase de análise. O procedimento de codificação do sistema é denominado implementação, o qual é seguido da fase de testes, responsável por verificar se o artefato cumpre corretamente com as especificações do projeto [Wazlawick 2004].

Na implementação do sistema pode ser necessária a utilização de diversas ferramentas, como a linguagem de programação PHP [PHP 2018] e *JavaScript* [Silva 2010], linguagens para desenvolvimento do *layout* como HTML [HTML 2018], CSS [Silva 2012] e *Bootstrap* [Silva 2015]. Entre os bancos de dados gratuitos, o PostgreSQL destaca-se por ser confiável e seguro [Worsley 2002].

3. Metodologia

O processo de desenvolvimento do sistema iniciou-se com entrevistas aos gestores das cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos do município de Passo Fundo – RS. Posteriormente, aplicou-se a técnica de levantamento de requisitos *role playing* [Leffingwell & Widrig 2000], também conhecida como etnografia [Sommerville 2016], muito útil para complementar ou identificar informações complexas, também usada em casos em que o cliente tenha dificuldade em detalhar seus requisitos. Esta técnica consiste na observação do cotidiano do usuário em seu ambiente de trabalho, caso tal observação não se faça suficiente, o analista pode desempenhar o papel do cliente, passando a ser um usuário do sistema em análise ou desempenhando as tarefas do cliente. Assim, conseguindo identificar os requisitos fundamentais para o sistema.

Após a identificação dos requisitos, foi criado um documento de especificação dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema, de acordo com os dados levantados nas etapas anteriores.

Para uma melhor compreensão do funcionamento do sistema, foi realizada uma análise dos dados coletados através dos levantamentos de requisitos, e a partir desta investigação foi criado o diagrama de casos de uso do sistema.

Após a elaboração do diagrama de casos de uso, e de posse do documento de especificação de requisitos produziu-se o diagrama de classes. Segundo Guedes (2014), este diagrama exibe o relacionamento das classes e as trocas de informações entre elas, elementos que auxiliam na criação da base de dados da aplicação.

O desenvolvimento do sistema realizou-se com a utilização da linguagem de programação PHP, já para o *layout* usaram-se HTML, CSS e *Bootstrap*. Optou-se por um banco de dados gratuito, confiável e seguro, neste sentido elegeu-se o PostgreSQL.

Após a conclusão do sistema, o mesmo foi implantado na sede de gestão das cooperativas de reciclagem de Passo Fundo, onde foi realizado treinamento para validação final e utilização do sistema.

O *feedback* sobre a utilização do sistema deu-se por meio de reunião e preenchimento de questionário, envolvendo questões como completude dos requisitos funcionais e não funcionais e o suprimento das necessidades de gestão das cooperativas, as dificuldades encontradas em sua utilização e possíveis funcionalidades extras que tornariam esse sistema mais satisfatório para o andamento das atividades das cooperativas.

4. Resultados

Nesta seção são apresentados os produtos do processo de desenvolvimento do sistema para as cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos de Passo Fundo – RS. Inicialmente são exibidos os artefatos das etapas de análise e projeto do sistema, seguidos dos resultados da codificação, implantação e *feedback* sobre o uso desta ferramenta.

4.1. Análise e Projeto do Sistema

O levantamento de requisitos deu-se por meio de entrevistas e da aplicação da técnica *role playing*, Assim, foi identificado que o sistema deve permitir o cadastro de usuários que terão acesso ao sistema de acordo com seus níveis de acesso.

Quanto à questão de confiabilidade, os usuários do sistema não poderão ser

excluídos do banco de dados, apenas desativados, já que a manutenção desses dados auxiliará aos gestores em possíveis análises de segurança. O acesso ao sistema é permitido somente através de login e senha, com usuários previamente cadastrados.

O desenvolvimento do sistema foi modularizado, assim, criaram-se os seguintes módulos: gestão relacionada aos catadores autônomos, o qual registrará a hora trabalhada e salário dos colaboradores das cooperativas; cadastros de materiais recicláveis; cadastro de despesas com lançamento das despesas; registro de vendas com atualização do estoque; cadastro de clientes e relatórios em geral. A Tabela 1 exhibe os requisitos funcionais relacionados ao sistema de gestão das cooperativas de reciclagem.

Tabela 1. Requisitos funcionais do sistema de gestão de cooperativas de reciclagem

Requisitos Funcionais
1 – Cadastrar Gestores: Informações: código, razão social, nome fantasia, CNPJ, endereço e telefone da empresa que trabalha, nome do usuário, telefone pessoal, e-mail, data de cadastro, data de desligamento, status de ativação.
2 – Cadastrar Cooperativas: Informações: código, razão social, nome fantasia, CNPJ, endereço e telefone, e-mail, data de cadastro, data de desligamento, status de ativação.
3 – Cadastrar Usuários do Sistema: Informações: código, cooperativa que trabalha, nome do usuário, telefone pessoal, e-mail, data de cadastro, data de desativação, status de ativação.
4 – Cadastrar Clientes: Informações: código, razão social, nome fantasia, CNPJ, endereço e telefone, e-mail, data de cadastro, data de desligamento, status de ativação.
5 – Cadastrar Despesas: Informações: código, descrição, cooperativa.
6 – Cadastrar Recicladores: Informações: código, nome, RG, CPF, data de nascimento, escolaridade, renda familiar, tipo de moradia, número de residentes, se recebe bolsa família, telefone, endereço, data de ingresso no projeto, data de desligamento, status de ativação.
7 – Registrar Salário: Informações: código, mês e valor líquido.
8 – Registrar Horas Trabalhadas: Informações: código, mês, vale.
9 – Cadastrar Materiais: Informações: código, descrição, estoque (em quilos), observações.
10 – Registrar Vendas: Informações: código, data da venda, valor total da venda, cooperativa, cliente.
11 – Registrar Item da Venda: Informações: código, valor do quilo, peso vendido, valor do item, material

Fonte: do Autor, 2018

Com base na Tabela 1 percebe-se a necessidade de gerenciar despesas e receitas, envolvendo desde o salário dos recicladores - conforme quantidade de horas trabalhadas; luz, água e materiais EPIs¹, até as receitas com base nos resíduos vendidos. Também é importante ressaltar a emissão de relatórios envolvendo estoque, usuários, vendas, clientes, recicladores e materiais entre outros, o que acarretará no acesso à informação confiável e ágil por parte dos gestores. A Tabela 2 exhibe os requisitos não

1 Equipamentos de Proteção Individual

funcionais relacionados ao sistema de gestão das cooperativas de reciclagem.

Tabela 2. Requisitos não funcionais do sistema de gestão de cooperativas de reciclagem

Requisitos Não Funcionais		
Nome	Restrição	Categoria
1 – Controle de Acesso	Apenas usuários devidamente cadastrados devem ter acesso ao sistema.	Segurança
3 – Compatibilidade com <i>browsers</i>	O sistema deve ser compatível com os três principais <i>browsers</i> , <i>Mozilla</i> , <i>Chrome</i> e <i>Internet Explorer</i> .	Portabilidade
4 – Facilidade operacional	Sistema de fácil manuseio, usuários com formação básico em computação deve conseguir utilizar o sistema.	Usabilidade
5 – Durabilidade dos dados	Mantém todas as informações registradas ou em banco de dados ou arquivos de registro.	Confiabilidade

Fonte: do Autor, 2018

Os requisitos não funcionais estão associados a segurança, portabilidade, usabilidade e confiabilidade do sistema, os quais são de extrema importância para o correto funcionamento do sistema.

O diagrama de casos de uso tem por objetivo mostrar a interação dos usuários com o sistema, isso ocorre pela relação entre atores e casos de uso. A Figura 1 expõe funcionalidades do sistema como cadastros de recicladores, materiais, despesas, geração de relatórios, registro de vendas, lançamento de despesas e cálculo de salário. Estas tarefas podem ser realizadas tanto pelo gerente quanto pelo usuário/funcionário da cooperativa.

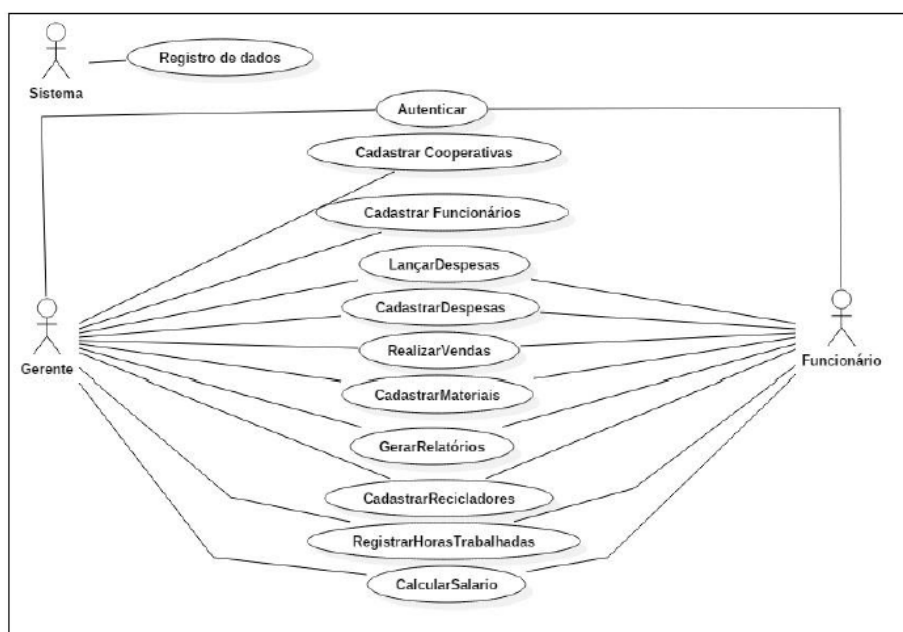


Figura 1 – Diagrama de casos de uso do sistema de gestão de cooperativas de reciclagem [do Autor 2018]

Com base no diagrama supracitado, o caso de uso “Autenticar” registrará

automaticamente as alterações realizadas no sistema, bem como data, hora, endereço IP² e usuário responsável, garantindo assim maior segurança aos dados do sistema. Percebe-se também que apenas o gerente poderá cadastrar as cooperativas e funcionários / recicladores.

O diagrama de classes salientou as funcionalidades do sistema proposto, evidenciando as atividades das cooperativas. Por meio deste diagrama foi possível perceber a relação das vendas de materiais (resíduos sólidos) com os compradores; os tipos de despesas e seus lançamentos nas cooperativas; e o rateio dos rendimentos conforme horas trabalhadas pelos recicladores.

4.2. Desenvolvimento do sistema

O sistema para gestão de cooperativas de reciclagem foi desenvolvido com foco para execução WEB, também podendo ser utilizado com acesso local. O sistema foi desenvolvido em PHP por meio da IDE (Integrated Development Environment) NetBeans 8.1, operando o XAMPP v5.6.24 com apache, com banco de dados PostgreSQL. O layout foi desenvolvido com o *template SB ADMIN 2* em conjunto com o *plug-in datatables* para realizar a comunicação entre *front-end* e *back-end* com auxílio de Ajax.

O acesso ao sistema é permitido somente após o usuário efetuar login. Todas as ações realizadas pelo usuário logado são autenticadas e registradas em arquivos de *log*, fato que aumentou a segurança do sistema. Após o usuário efetuar login é exibida a tela principal do sistema, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Tela principal do sistema [do Autor 2018]

A tela principal do sistema disponibiliza o menu que fornece acesso aos cadastros de recicladores, materiais, despesas e clientes, lançamento de despesas, registro de vendas de recicláveis e relatórios.

O desenvolvimento segue uma estrutura padronizada, as operações são realizadas de forma semelhante, mudando basicamente o número de dados manipulados entre as funcionalidades específicas. Desta forma, como exemplo de cadastro será detalhada a funcionalidade cadastrar despesas, como mostra a Figura 3.

2 Internet Protocol - é um número único que identifica um dispositivo em uma rede (um computador, impressora, roteador, etc.).

Após o registro de uma venda, pode ser emitido o recibo de venda e entregue ao cliente, este relatório pode ser gerado a qualquer momento após a finalização da venda. É importante ressaltar que os dados apresentados na Figura 4 são ilustrativos e fictícios.

O salário de um reciclador é obtido da seguinte forma: subtração da receita bruta pelas despesas, que vai resultar na receita líquida; o valor da hora trabalhada é obtido com a divisão da receita bruta pelo número de horas trabalhadas de todos os recicladores, em seguida multiplica o número de horas trabalhadas do reciclador pelo valor da hora trabalhada. Observa-se ainda que existe um fundo de investimento na cooperativa, que o valor equivalente ao salário do reciclador que obteve maior renda do mês. Este valor serve para eventuais imprevistos e futuros investimentos na cooperativa.

4.3. Implantação e *Feedback* do Sistema

O sistema foi instalado localmente em um computador na sede de gestão das cooperativas, o gestor e um funcionário foram treinados e instruídos para utilizar o sistema. No treinamento foram executadas todas as funcionalidades do sistema pelo funcionário, acompanhado pelo gestor e pelo desenvolvedor do sistema. Não houveram dificuldades por parte dos participantes para entender o funcionamento do sistema, o qual foi considerado de boa usabilidade e fácil entendimento.

Após a utilização do sistema pelos responsáveis pelas cooperativas por aproximadamente quinze dias, foi aplicado um questionário abrangendo da plenitude das funcionalidades à satisfação dos usuários. Assim, foi indagado se as funcionalidades desenvolvidas satisfaziam as necessidades de gestão das cooperativas, a resposta foi positiva, complementando que as funcionalidades estavam em acordo com as suas atividades realizadas pelas cooperativas. Questões de usabilidade também foram realizadas como dificuldades na utilização do sistema, qualidade do *layout* ou ainda se houveram travamentos ou erros durante a utilização do sistema. O gestor elogiou a aparência dos layouts, ressaltou que não teve dificuldades para utilizar o sistema, que não ocorreram erros e a velocidade de resposta do sistema estava adequada.

Também foi questionada a satisfação do gestor em relação ao sistema, e se os relatórios estavam de acordo com os requisitos solicitados, a resposta foi positiva, mas que ainda eram necessários alguns ajustes nos relatórios. Outra resposta positiva foi afirmação do gestor sobre a possibilidade de obter ganhos administrativos com a utilização do sistema.

5. Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema para gestão de cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos de acordo com as necessidades de um grupo de cooperativas localizadas no município de Passo Fundo - RS. O sistema foi desenvolvido com base no levantamento de requisitos que abrangeu características específicas dessas cooperativas.

Importante ressaltar a atenção e comprometimento dos gestores quando informações relacionadas as cooperativas eram solicitadas. Este trabalho em conjunto favoreceu o cumprimento do cronograma de desenvolvimento e a avaliação do sistema após implantação. Assim, pode-se concluir que os objetivos relacionados a requisitos e cronograma foram alcançados.

O sistema foi implantado na sede de gestão das cooperativas para a validação final pelos gestores. Em primeiro momento foi feita a apresentação do sistema e em

seguida realizada a implantação e treinamento para que os gestores pudessem utilizar e avaliar o sistema em operação. O *feedback* obtido sobre a utilização do sistema foi positivo em vários aspectos como funcionalidade e usabilidade, destacou-se o interesse dos gestores em utilizar o sistema em suas atividades diárias nas sedes locais das cooperativas.

Constatou-se a boa manutenibilidade do sistema, pois alguns programas foram alterados facilmente após finalizados, devido a novas sugestões dos gestores. Também há possibilidade de reutilização de código, já que o sistema foi modularizado, fato que facilita adição de novas funcionalidades.

Em relação a segurança, as ações são registradas no momento da execução podendo ser auditadas posteriormente devido ao processo de criação de *logs*. Nenhuma operação que afeta o banco de dados acontece sem que esta seja registrada em um arquivo de *log* contendo data e hora da execução, *IP* da máquina utilizada, usuário que realizou a tarefa, e as informações afetadas. Segundo os gestores esse processo traz maior segurança aos seus dados, já que outros cooperados também alimentarão o sistema.

Como trabalhos futuros pode-se implantar o sistema em um servidor WEB próprio das cooperativas ou um serviço de hospedagem profissional. Deste modo, o sistema das cooperativas poderia ser centralizado e suas informações poderiam ser comparadas resultando em índices de desempenho e produção. Fato que facilitaria a expansão do sistema para atender novas funcionalidades.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas (2004) “NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação”, Rio de Janeiro.
- Guedes, G. T. A. (2014) “UML 2: Guia Prático”, 2ª ed. São Paulo: Novatec editora.
- HTML (2018) “The World’s Largest Web Developer Site (W3C)”, <http://www.w3schools.com/html/>, junho.
- Laudon, K. C., Laudon, J. P., Nascimento, J. B. (Rev.) (2011) “Sistemas de informação gerenciais”, 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Leffingwell, D., Widrig, D. (2000) “Managing Software Requirements: A Unified Approach”, Addison-Wesley.
- Oliveira, F. de O. (2002) “Sistemas de Informação: Um Enfoque Gerencial Inserido No Contexto Empresarial e Tecnológico”, 3ª ed. São Paulo: Érica.
- Soares, W. (2013) “PHP 5: conceitos, programação e integração com banco de dados”, 7ª ed. São Paulo: Erica.
- PHP (2018), “Documentation”, <http://php.net/docs.php>, junho.
- Pinho, P. M. (2011) “Avaliação dos Planos Municipais de gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos na Amazônia Brasileira”. 249 f. Tese de Doutorado em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Stair, R. M., Reynolds, G. W. (2011) “Princípios de Sistemas de Informações”, 9ª ed. São Paulo: Cengage Learning.
- Silva, M. S. (2015) “Bootstrap 3.3.5 - Aprenda a Usar o Framework Bootstrap para Criar Layouts CSS Complexos e Responsivos”, São Paulo: Novatec Editora.

- Silva, M. S. (2012) “CSS3: Desenvolva Aplicações Web Profissionais com uso dos Poderosos Recursos de Estilização das CSS3”, São Paulo: Novatec Editora.
- Silva, M. S. (2010) “JavaScript Guia do Programador”, São Paulo: Novatec Editora.
- Sommerville, I. (2016) “Software Engineering”, 10. ed. Harlow: Pearson.
- Taguchi, R. L. (2010) “Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares com uso do Balanced Scorecard”, 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto.
- Vazquez, C. E., Simões, G. S. (2016) “Engenharia de Requisitos – Software Orientado ao Negócio”, Rio de Janeiro: Braspot.
- Wazlawick, R. S. (2004) “Análise e Projeto de Sistemas de Informação Orientados a Objetos”, 3ª reimp, Rio de Janeiro: Elsevier.
- Worsley, J., Dranke, J. D. (2002) “Practical PostgreSQL”, O'Reilly Media, Inc.

Uma Ferramenta de Validação e Visualização de Restrições de Integridade

Alexandre T. Lazzaretti¹, Fabiano Schaeffer¹, Robert Wiest¹

¹Informática – Instituto Federal Sul-Riograndense – Passo Fundo (IFSUL)
99064-440 – Passo Fundo – RS – Brasil

{alexandre.lazzaretti, roberto.wiest}@passofundo.ifsul.edu.br,
schaefer.fabiano@gmail.com

Abstract. *One purpose of the use of database is to maintain of integrity of data. For this, the DBMS's use the concept of integrity constrains. However, some constraints depends of the data that you need to validate at the moment. For example, it is necessary to validate missing date in a set dialy data. This paper shows a web tool that provides creation and verification of dynamics integrity constraints, allowing data visualization with dynamic graphs. For validate the tool, was used a set of climate observed data in the Itapiranga/SC city.*

Resumo. *Uma das principais finalidades de um banco de dados é garantir a integridade dos dados. Para isto, os SGBDs utilizam regras de integridade. No entanto, existem regras que dependem do conjunto de dados que se deseja avaliar. Por exemplo, deseja-se verificar se existem datas faltantes em um conjunto de dados diário. Neste sentido, este trabalho apresenta uma ferramenta web que auxilia na criação de restrições de integridade dinamicamente, permitindo sua visualização por meio de gráficos interativos. Para testar as funcionalidades da ferramenta, foi realizado um estudo de caso com base nos dados climáticos observados no município de Itapiranga/SC.*

1. Introdução

Dentre as principais finalidades de um banco de dados, destaca-se a busca pela manutenção da integridade dos seus dados. De acordo com Lazzaretti (2005), para garantir a consistência dos dados os SGBDs (Sistemas de Gerência de Banco de Dados) utilizam o conceito de restrições de integridade, as quais são regras que são testadas e indicam se os dados são válidos ou não. Dependendo do que se deseja testar, pode-se ter dificuldade em identificar se os dados estão íntegros, sem a ocorrência de falhas, ou com dados ausentes.

O desenvolvimento de uma plataforma que realize a validação dos dados dinamicamente através de restrições de integridade, possibilita realizar análises no conjunto de dados buscando identificar possíveis falhas e/ou inconsistências. Desta forma, torna-se possível fazer correções no conjunto de dados de maneira que estes possam ser utilizados com a certeza que estão consistentes e com maior segurança.

Com a finalidade de auxiliar agentes na tomada de decisão com base em dados armazenados em um banco de dados, este trabalho apresenta uma plataforma que possibilita a criação de regras de integridade de domínio de forma dinâmica, ou seja, o usuário pode montar a regra de integridade que deseja testar, e estas são verificadas e validadas em uma base de dados existente.

O restante do artigo está organizado conforme segue. Na seção 2, é apresentado o referencial teórico com as tecnologias utilizadas. A seção 3 mostra o desenvolvimento da ferramenta e os resultados obtidos. Por fim, a seção 4 é destinada para as considerações finais.

2. Referencial Teórico

2.1 Restrições de Integridade

O termo "integridade" refere-se à precisão ou correção de dados no banco de dados. As restrições de integridade resguardam o banco de dados contra danos acidentais, garantindo que mudanças feitas por usuários autorizados não resultem em perda da consistência de dados [Date, 2003; Silberschatz *et. al.*, 2012].

Existe uma ampla variedade de restrições de integridade em bancos de dados relacionais. Lazzaretti (2005) classifica-as como: restrições de domínio, restrições de chaves, restrições de integridade referencial, restrições quanto ao momento de verificação e, por fim, restrições baseadas em eventos.

2.2 PostgreSQL

De acordo com Elmasri e Navathe (2011), um SGBD é uma coleção de programas que permite aos usuários criar e manter um banco de dados. O SGBD é um sistema de software de uso geral que visa facilitar o processo de definição, construção, manipulação e compartilhamento de bancos de dados entre diversos usuários e aplicações.

O PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional de código fonte aberto. Atualmente, de acordo com a página oficial, o PostgreSQL está em conformidade com a norma ANSI-SQL:2008, abrangendo a maior parte dos tipos de dados SQL-2008, além de suportar o armazenamento de objetos binários grandes, incluindo imagens, sons ou vídeos.

2.3 Tecnologias Web

Segundo Lamin (2014) em desenvolvimento Web, *front-end* refere-se a etapa inicial de coleta de dados do usuário, realizando o processamento dos mesmos a fim de adequá-los às especificações de utilização do *back-end* (etapa final). Para o desenvolvimento do *front-end* da aplicação Web, foram utilizadas as tecnologias descritas a seguir.

HTML é o acrônimo de *HyperText Markup Language* (Linguagem de Marcação de Hipertexto). É uma linguagem de marcação com uma sintaxe específica que fornece instruções ao navegador sobre como exibir uma página [Tableless, 2017]. Distingue e separa o conteúdo (palavras, imagens, vídeo, etc.) da forma como o mesmo é apresentado [MDN, 2017]. Atualmente, encontra-se em sua versão 5.

CSS - *Cascading Style Sheets* (Folhas de Estilo em Cascata em tradução literal), é uma linguagem para definir a apresentação (aparência) de documentos que adotam para o seu desenvolvimento linguagens de marcação, como o HTML. O CSS define

como são expostos os elementos contidos no código de um documento, destacando-se a separação entre o formato e o conteúdo de um documento [Tableless, 2017].

O JavaScript é uma linguagem de programação dinâmica, normalmente utilizada como parte de páginas Web, cujas implementações permitem que o script do lado do cliente interaja com o usuário e crie páginas dinâmicas. É uma linguagem de programação interpretada, com recursos orientados a objetos [Tutorials Point, 2017]. Dentre inúmeros efeitos possíveis, pode-se citar como exemplo um *Slider* de imagens. Toda a movimentação, ações de cliques nas setas dentre outras, fica ao encargo do JavaScript.

Criada e lançada por John Resig em 2006, o *JQuery* é uma biblioteca *JavaScript* de código aberto criada para simplificar a criação de scripts em páginas HTML [jQuery, 2017]. Dentre as suas funcionalidades, destaca-se a sua utilização na redução de código, possibilidade de utilizar plugins desenvolvidos pela comunidade, além de descomplicar chamadas AJAX e manipulações DOM [W3C School, 2017, JQuery - Tutorial, 2017].

Desenvolvido em meados de 2010 e lançado em agosto de 2011, o *Bootstrap* é um framework de código aberto utilizado no desenvolvimento de aplicações responsivas através de HTML, CSS e JavaScript [Bootstrap, 2017]. Dentre suas inúmeras características, destaca-se a agilidade e facilidade com que uma página responsiva pode ser concebida, além da baixa curva de aprendizagem necessária para utilização do framework.

2.4 PHP

De acordo com o site oficial, o PHP: *Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem de script de código aberto, interpretada, amplamente utilizada para aplicações no lado do servidor e desenvolvimento de páginas Web, podendo ser mesclada dentro do código HTML. Apesar de permitir a mesclagem no HTML, o código PHP é executado no lado do servidor, gerando o HTML que é enviado ao navegador [PHP, 2017]. É uma linguagem acessível para iniciantes, porém fornece recursos avançados para programadores profissionais.

Uma das características mais fortes e significativas do PHP é seu suporte a uma ampla variedade de banco de dados. Escrever uma página Web consultando um banco de dados é relativamente simples usando uma das extensões específicas de um banco de dados, ou usando uma camada de abstração [PHP, 2017]. Além disso, é suportado pela maioria dos sistemas operacionais e servidores Web atualmente disponíveis.

2.5 Linguagem R e pacote Shiny

R é um sistema para computação estatística e gráficos. Ele fornece, por exemplo, uma linguagem de programação, gráficos de alto nível, interfaces para outras linguagens e facilidades de depuração [R Core Team, 2016]. A linguagem R também permite conexão com bancos de dados e leitura de arquivos, como por exemplo a leitura de planilhas (.csv) e de arquivos texto (.txt).

A linguagem R foi criada em 1996 pelo neozelandês Ross Ihaka e pelo canadense Robert Gentleman, inicialmente como um projeto de pesquisa. Foi baseada

em duas outras linguagens, sendo elas a linguagem S e Scheme [Melo *et. al.*, 2013]. A linguagem e o ambiente S foram desenvolvidas na Bell Laboratories (anteriormente AT&T, agora Lucent Technologies) por John Chambers e colegas. A linguagem R pode ser considerada como uma implementação diferente da S. Existem algumas diferenças importantes, mas muito código escrito para S é executado inalterado no R [R, 2017]. A linguagem R encontra-se disponível sob licença GNU (*General Public License*).

O Shiny é um framework de aplicação Web para o R. Transforma suas análises em aplicações Web interativas, não havendo a necessidade de um conhecimento prévio nas tecnologias HTML, CSS ou JavaScript. Permite à programadores R transformarem sua análise em aplicativos Web interativos e acessíveis por todos os navegadores [Radu *et. al.*, 2014].

3. Resultados

3.1 Estudo de Caso

Para o estudo de caso, foram utilizados os dados climáticos observados no município de Itapiranga/SC. O registro climático de Itapiranga passou a ser efetuado a partir de 1935 por Bruno Lengert. Após seu falecimento, as anotações diárias passaram a ser realizadas pelo seu filho Wolfgang J. Lengert, perdurando até os dias atuais [Força d'Oeste, 2014].

Como resultado, tem-se mais de 80 anos de dados climáticos diários, armazenados num livro de registros. Recentemente, estes dados foram transferidos para planilhas eletrônicas. A Tabela 1 apresenta a forma como estes dados estão estruturados:

Tabela 1. Estrutura de armazenamento dos dados coletados.

DAT	MIN	MAX	MED	VENTO	TEMPO	HYGRO	BAROM	CHUVA
1	21,1	35,2	28,2	W-o no no no n no	Ns S S w S Ws w S	96-45	1006-999	
2	22,3	36,9	29,3	Nw- so o o nw os n	n n S SSS w S w S w SS	95-40	1004-1004	
3	23,9	38,7	31,4	n n n n n n n n n n	n S S S Sw Sws s W Ws	94-49	999-1006	
4	24,4	36,4	30,4	nw nw nw nwnw w	N S S S w Ss w SWwrr	95-55	1004-1002	3 mm
5	24,3	37,2	30,8	N nw nw nw nw n	n S S Sws sw SWrr	94-51	1002-995	

Para obtenção das medições de temperatura mínima (MIN) e máxima (MAX), é utilizado um termômetro digital que armazena a menor e a maior temperatura do dia, após é realizado o cálculo da média (MED) da temperatura diária. As variáveis VENTO e TEMPO são observadas durante o dia, sem auxílio de aparelhos, onde a direção do

vento é estabelecida de acordo com a direção das nuvens, e o tempo é determinado de acordo com a quantidade de nebulosidade.

A indicação da umidade do ar (HYGRO) e da pressão barométrica (BAROM) é realizada pelo mesmo equipamento que faz a medição da temperatura. Por fim, em caso de precipitação pluvial (CHUVA), a coleta dos dados é feita por um pluviômetro.

3.2 Arquitetura

Com base nas necessidades do estudo de caso, foi construída uma ferramenta que possibilita a importação dos dados através de um arquivo .csv, e após os insere no banco de dados criado. O projeto do banco de dados se adapta, no sentido de trabalhar com diferentes formatos de arquivos. A Figura 1, mostra a arquitetura da ferramenta.

Após ser realizada a importação do arquivo de dados para o banco de dados, o sistema de gerenciamento da ferramenta fica encarregado de gerenciar os dados. Também, é possível selecionar os dados para visualização (ferramenta de visualização) e, após, determinar quais as restrições de domínio deseja-se avaliar. Por exemplo, ao definir uma restrição para o campo TEMP_MAX (temperatura máxima registrada no dia), onde é definido o valor mínimo como sendo -15° Celsius e o valor máximo +45° Celsius, o usuário estará limitando os valores da coluna TEMP_MAX de acordo com regra de integridade definida.

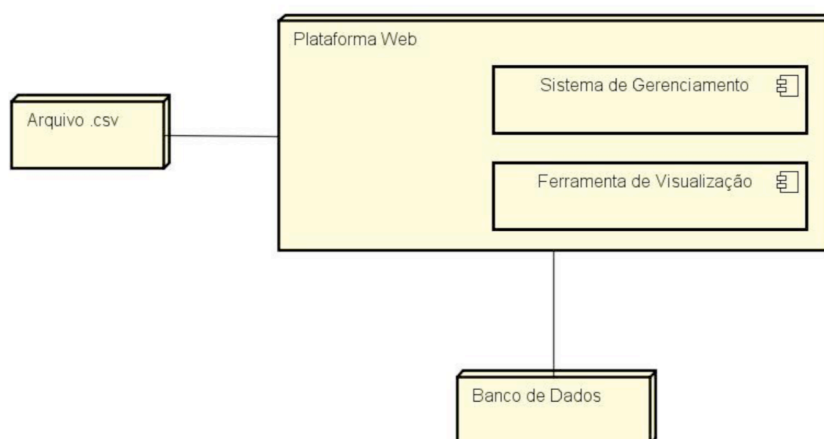


Figura 1. Arquitetura da Ferramenta.

Após criadas todas as restrições de integridade de acordo com as demandas do usuário, é possível verificar as mesmas na ferramenta de visualização. Para tanto, deve-se escolher a variável que se deseja avaliar e o período de tempo (se houver).

Todos os registros que não respeitarem a regra de integridade de domínio que foi imposta pelo usuário serão mostrados na ferramenta. Como exemplo, se para a variável CHUVA, a restrição de integridade imposta indica que a variável não deve permitir valores negativos ou maiores que 500, todo o registro que não respeitar a regra de integridade e estiver no intervalo definido pelo usuário será mostrado na ferramenta.

3.3 Banco de Dados

Para armazenar os dados submetidos a plataforma para posterior visualização, foi construído um banco de dados conforme a modelagem apresentada no diagrama de classes descrito na Figura 2.

As classes **Countries**, **States** e **Cities** são responsáveis pelo armazenamento dos países, estados e cidades respectivamente. A classe **Sources** é responsável por armazenar a fonte/organização que realizou a coleta dos dados submetidos a plataforma. Uma organização pode possuir mais de uma estação, as quais são representadas na classe **Stations** (para o estudo de caso a fonte foi definida como “Wolfgang Lengert” e a estação “Linha Becker”). A classe **Variables** é uma abstração das colunas do arquivo submetido, e a classe **Data** armazena os dados diários de cada variável.

Para a modelagem do banco de dados, utilizou-se o paradigma objeto-relacional. O modelo objeto-relacional surgiu como uma forma de estender os SGBDs relacionais com características presentes em SGBDs orientados a objeto [ELMASRI & NAVATHE, 2011].

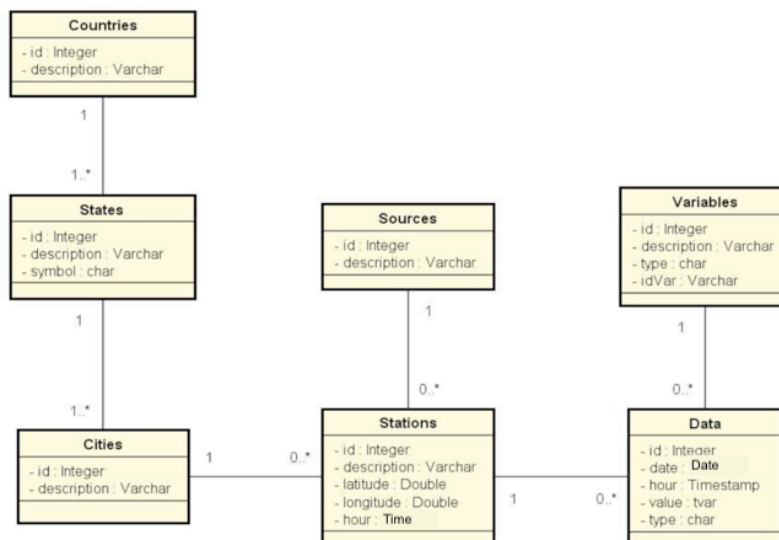


Figura 2 – Diagrama de Classes da Ferramenta.

Uma dessas características é o mecanismo de tipos definidos pelo usuário (UDTs – *User-Defined Types*) que permitem a criação de objetos estruturados complexos. Para a implementação do banco de dados, foi definido um UDT chamado “tvar” como demonstrado na Figura 3.

```

65 create type tvar as (
66     tvar_integer integer,
67     tvar_double double precision,
68     tvar_char char,
69     tvar_time time,
70     tvar_text text
71 );
    
```

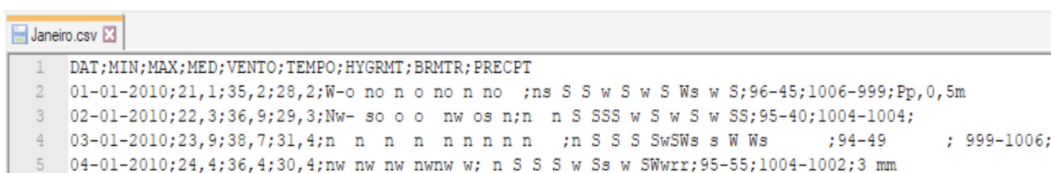
Figura 3 – Script de criação do tipo tvar.

Este UDT foi criado para armazenar dados do tipo inteiro, ponto flutuante, caractere, texto ou datas. O campo value da classe **Data** utiliza este UDT para armazenar o dado recebido do arquivo submetido a plataforma. Por exemplo, se o valor

da coluna no arquivo for 23.7, o tipo do dado assumido pela coluna value será `tvar_double` (ponto flutuante).

3.4 Importação dos dados

Para realizar a análise dos dados através das regras de integridade dinâmicas, faz-se necessário, que estes estejam armazenados no banco de dados desenvolvido. Desta forma, foi desenvolvida uma funcionalidade para importação de dados. Atualmente, a ferramenta possibilita a importação de arquivos com a extensão `.csv` (*Comma-Separated Values*). Para tanto, foi definida uma estrutura para que o arquivo fosse importado (Figura 4).



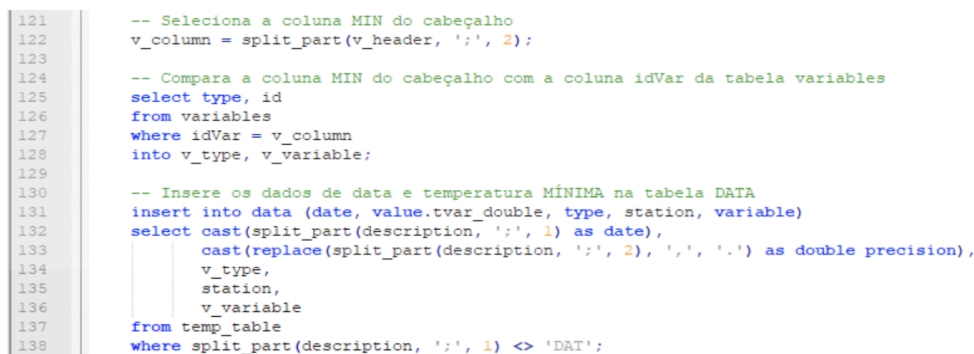
```

1 DAT;MIN;MAX;MED;VENTO;TEMPO;HYGRMT;BRMTR;PRECP
2 01-01-2010;21,1;35,2;28,2;W-o no n o no n no ;ns S S w S w S Ws w S;96-45;1006-999;Pp,0,5m
3 02-01-2010;22,3;36,9;29,3;Nw- so o o nw os n;n n S SSS w S w S w SS;95-40;1004-1004;
4 03-01-2010;23,9;38,7;31,4;n n n n n n n n n ;n S S S SwSWS s W Ws ;94-49 ; 999-1006;
5 04-01-2010;24,4;36,4;30,4;nw nw nw nwnw w; n S S S w Ss w SWrr;95-55;1004-1002;3 mm

```

Figura 4. Estrutura do arquivo de importação usado (.csv).

A submissão do arquivo é feita através de um formulário e os dados são armazenados em uma tabela temporária. Após, é disparada uma função no banco de dados que realiza a inserção dos registros. Para cada coluna do arquivo csv, a função realiza uma inserção na tabela `data`, armazenando o valor e a data em que o registro foi observado. Por exemplo, no mês de janeiro de 2010, a função faz a leitura do cabeçalho e quando a coluna estiver na posição 2, faz a inserção dos registros de temperatura mínima na tabela. Na Figura 5, é descrito o trecho da função responsável por esta parte.



```

121 -- Seleciona a coluna MIN do cabeçalho
122 v_column = split_part(v_header, ',', 2);
123
124 -- Compara a coluna MIN do cabeçalho com a coluna idVar da tabela variables
125 select type, id
126 from variables
127 where idVar = v_column
128 into v_type, v_variable;
129
130 -- Insere os dados de data e temperatura MÍNIMA na tabela DATA
131 insert into data (date, value.tvar_double, type, station, variable)
132 select cast(split_part(description, ',', 1) as date),
133        cast(replace(split_part(description, ',', 2), ',', '.') as double precision),
134        v_type,
135        station,
136        v_variable
137 from temp_table
138 where split_part(description, ',', 1) <> 'DAT';

```

Figura 5. Trecho da função de importação dos dados (`insert_csv_values()`).

A variável `v_column` (linha 122) recebe o valor presente na segunda coluna do cabeçalho do arquivo, que como pode se observar na Figura 4, corresponde ao valor MIN. Entre as linhas 125 e 128 são selecionados `type` e `id` da tabela `variables` que são armazenados nas variáveis `v_type` e `v_variable` respectivamente, respeitando a comparação que é feita entre `idVar` (campo da tabela `variables`) e `v_column`.

Por último, é feita a inserção dos dados na tabela `data` (entre as linhas 131 e 138), onde é informado a data do registro, valor, tipo, a qual estação pertence e variável. Pelo fato das informações estarem em texto no arquivo `.csv`, é necessário realizar a

conversão de alguns dados para seus respectivos tipos no banco de dados, como mostrado nas linhas 132 e 133.

3.5 Visualização de Dados

Outra funcionalidade importante da ferramenta, é a visualização dos dados. Após a importação dos dados para o banco de dados, é possível fazer a visualização e validação dos dados na plataforma. A Figura 6 mostra a tela com as opções de filtro disponíveis para o carregamento dos dados e sua visualização de forma gráfica.

Para verificar a visualização das restrições, é necessário selecionar a estação de onde os dados estão armazenados, a variável que se deseja mostrar, o intervalo de datas e, por fim, se existe algum valor específico ou um intervalo de valores que se deseja informar para restringir a busca (opcional). O gráfico (Figura 6) foi gerado buscando dados de temperatura mínima da Estação Linha Becker no mês de janeiro/2010, sem filtro de valores.

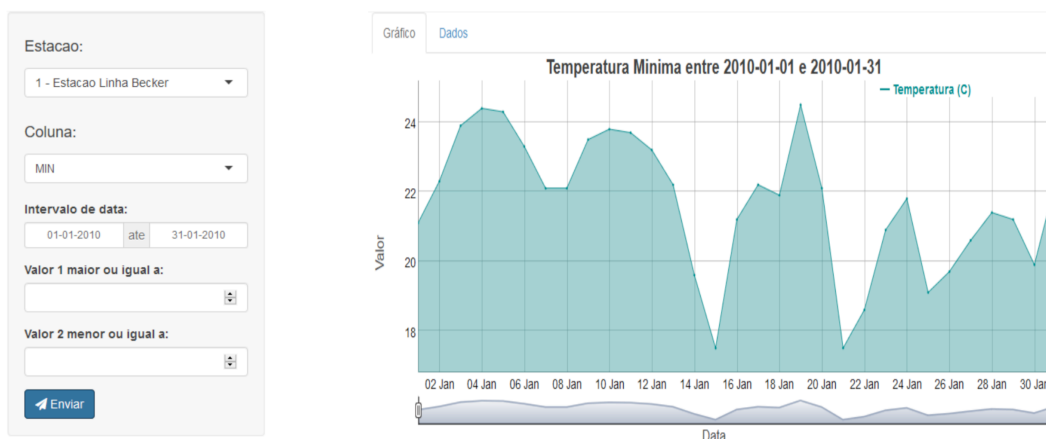


Figura 6. Telas de carregamento e visualização dos dados disponíveis na ferramenta.

Além da visualização, é possível realizar a validação dos dados dinamicamente. No gráfico mostrado na Figura 7, é definida uma restrição que busca dados de temperatura máxima no período de 28 de dezembro/2009 até 15 de janeiro/2010.

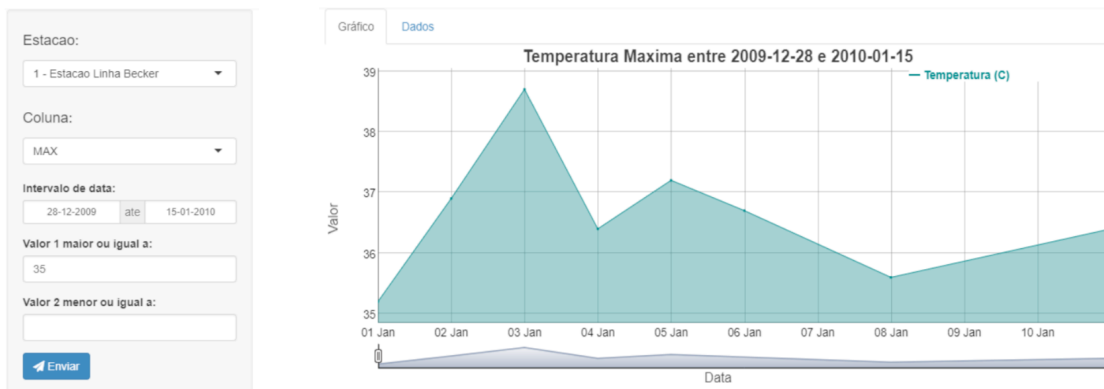




Figura 7. Exemplo de restrições dinâmicas, de valores e datas faltantes.

Além disso, mostra uma restrição de integridade que mostra somente os dados de temperatura maior ou igual a 35° C. Entretanto, outra validação realizada, são as datas faltantes do intervalo informado. Neste caso, não existem registros anteriores a janeiro/2010, desta forma além de exibir o gráfico, também são mostradas as datas faltantes.

4. Considerações Finais

O presente trabalho apresentou uma plataforma para criação e visualização de restrições de integridade dinâmicas a fim de se verificar as informações armazenadas em um banco de dados.

O banco de dados, através de uma modelagem objeto-relacional foi projetado para ser genérico, ou seja, capaz de receber qualquer tipo de dado. Contudo, para a inserção de dados no sistema foi necessário definir uma estrutura de arquivo para possibilitar a inserção correta dos mesmos no banco.

Com a ferramenta de visualização, foi possível verificar a integridade dos dados inseridos no banco de dados através da criação de restrições de integridade dinâmicas. A ferramenta também informa ao usuário se existe algum dado faltante no período de tempo selecionado pelo usuário ao criar a restrição.

Como trabalhos futuros, existem melhorias na parte de controle de acesso a plataforma, restringindo o acesso aos dados apenas àqueles que realizaram a submissão dos mesmos. Desta forma, a plataforma poderia receber dados de fontes variadas, mas os usuários estariam autorizados a manipular somente os dados aos quais possuem permissão.

5. References

- Bootstrap. History. Disponível em: <<https://goo.gl/Tt4jA0>>. Acesso em: maio de 2017.
- Date, C. J. Introdução a sistemas de banco de dados. Ed. Elsevier, 2003. 8a Edição.
- Elmasri, R; Navathe, Shamkant B. Sistemas de Bancos de Dados. Ed. Pearson Addison Wesley, 2011. 6a Edição.
- Força d'Oeste. Wolfgang Lengert é homenageado no legislativo. Disponível em: <<https://goo.gl/ZJVMw5>>. Acesso em março de 2017.
- jQuery-tutorial. What is JQuery? Disponível em: <<https://goo.gl/YtuZed>>. Acesso em: maio de 2017.

- JQuery. What is JQuery? Disponível em: <<https://goo.gl/kP0kQD>>. Acesso em: maio de 2017.
- Lamin, Jonathan. Afinal, o que é Frontend e o que é Backend? Disponível em: <<https://goo.gl/gQyEos>>. Acesso em junho de 2017.
- Lazzaretti, Alexandre Tagliari. Controle de Restrições de Integridade de Domínio em Documentos XML. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.
- Melo, Marcio; Peternelli, Luiz. Conhecendo o R: Uma visão estatística. Ed. UFV, 2013. 1a Edição.
- MDN. Introdução ao HTML. Disponível em: <<https://goo.gl/KQipsx>>. Acesso em: abril de 2017.
- PostgreSQL. About. Disponível em: <<https://goo.gl/FMFqNu>>. Acesso em: maio de 2017.
- PHP. O que é PHP?. Disponível em: <<https://goo.gl/R7mGau>>. Acesso em: maio de 2017.
- PHP. Prefácio. Disponível em: <<https://goo.gl/9Qle5i>>. Acesso em: maio de 2017.
- Radu, Marius; Muresan, Ioan; Nistor, Răzva. Using R To Get Value Out Of Public Data. Revista Română de Statistică nr. 2 / 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/f9ErKb>>. Acesso em: maio de 2017.
- R Core Team. R Language Definition. Disponível em: <<https://goo.gl/e0DwRP>>. Acesso em: maio de 2017.
- R. What is R?. Disponível em: <<https://goo.gl/omqJ90>>. Acesso em: maio de 2017. Shiny. Disponível em: <<https://goo.gl/dbnALR>>. Acesso em: maio de 2017.
- Silberschatz, Abraham; Korth, Henry F.; Sudarshan; S. Sistemas de Banco de Dados. Ed. Elsevier, 2012. 6a Edição.
- Tableless. O que é CSS? Disponível em: <<https://goo.gl/rOfyd3>>. Acesso em: maio de 2017.
- Tableless. O que é HTML? Disponível em: <<https://goo.gl/f2wDyt>>. Acesso em: abril de 2017.
- Tutorials Point. JavaScript Language. Disponível em: <<https://goo.gl/f1W7AK>>. Acesso em: maio de 2017.
- W3Schools.com. JQuery Introduction. Disponível em: <<https://goo.gl/1IhLgo>>. Acesso em: maio de 2017.

As Redes Sociais para Educação no contexto do SBIE: uma revisão sistemática de Literatura no período 2007-2017

Wendel Marcos dos Santos¹

¹Universidade Federal do ABC (UFABC)
Centro de Matemática, Computação e Cognição

wendel.marcos@ufabc.edu.br

***Abstract.** This article aims to present a systematic review of the literature of papers referenced to the use of Social Networks in Education, published in the SBIE (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação) from 2007 to 2017. The results show the need to extend similar revisions to this in similar events searching for other studies that involve the publication of papers on Social Networks in Education, due to the total number of articles related to the theme, compared to the total number of publications per year in the SBIE annals was relatively small.*

***Resumo.** Este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão sistemática da literatura dos trabalhos referentes à utilização de Redes Sociais na Educação, publicados no SBIE (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação) de 2007 até 2017. Os resultados mostram a necessidade de estender revisões semelhantes a essa em eventos similares buscando por outros estudos que envolvam a publicação de trabalhos com a temática Redes Sociais na Educação, pois o total de artigos relacionados ao tema, comparados ao total de publicações por ano, nos anais do SBIE, foi relativamente pequeno.*

1. Introdução

Cada vez mais a utilização de Redes Sociais faz parte do cotidiano das pessoas. Acredita-se que esse crescimento se deve em parte, por suas características, em especial sua ubiquidade de acesso e a portabilidade dos dispositivos móveis [Rosado e Tomé, 2013] combinados com a possibilidade de criação e compartilhamento de conteúdo de forma praticamente instantânea pelo utilizador. Esses atributos, quando tomados no contexto da Educação, permitem que o aluno tenha um papel mais ativo no seu processo de aprendizagem, sendo ele também um coprodutor [Rocha e Massarani, 2016].

Com a introdução das TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) os processos de ensino e aprendizagem ganharam novos contornos, tendo as suas possibilidades ampliadas. A utilização de Redes Sociais na Educação pode contribuir para que a produção de conhecimento tenha aspectos colaborativos, incentivando o desenvolvimento de habilidades sociais. Segundo Barbosa e Taborda (2015) as Redes Sociais confirmam uma conjectura de Piaget, que acreditava que o conhecimento não advém dos objetos ou tampouco dos sujeitos e sim das interações mútuas.

As Redes Sociais também podem ser usadas num contexto de Educação Inclusiva, pois a sua maneira podem apresentar contribuições para a redução de barreiras

para a comunicação permitindo a Educação bilíngue (LIBRAS e Língua Portuguesa) para um público com déficit auditivo [Pereira e Perlin,2016].

Em razão da ampla difusão da utilização de Redes Sociais pela população, observou-se a conveniência de se estabelecer uma Revisão Sistemática de Literatura com o objetivo de investigar os trabalhos produzidos que se referem a utilização de Redes Sociais na Educação. Foram pesquisados trabalhos publicados no período de 2007 a 2017 no SBIE, em razão deste evento ser um dos difusores da produção científica relacionada à Informática na Educação no país.

Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira apresentou a questão abordada pelo trabalho; a segunda mostra o método utilizado; a terceira seção explora os resultados e discussões; a quarta conclui o trabalho apresentando sugestões de trabalhos futuros. O Apêndice lista todos os artigos selecionados nesta Revisão.

2. Método

Esta Revisão Sistemática de Literatura foi dividida em três partes, a saber: definição das questões de pesquisa, seleção dos artigos e sua posterior classificação. A utilização de um roteiro para a execução de uma RSL tem o nome de protocolo de pesquisa. Sobre este assunto o trabalho de Kitchenham e Charter (2007) declara que:

Uma revisão sistemática da literatura é uma forma de avaliar e interpretar toda a pesquisa disponível relevante para a questão de pesquisa particular, área temática, ou fenômeno de interesse. As revisões sistemáticas têm como objetivo apresentar uma avaliação justa de um tema de pesquisa, utilizando uma metodologia confiável.

2.1. Questões da Pesquisa

Este estudo teve como objetivo categorizar os resultados das buscas referentes à utilização de Redes Sociais na Educação, visando a descoberta de trabalhos relevantes publicados e quais foram as instituições que colaboraram para os resultados. Desta forma foram propostas três (3) questões de pesquisa:

Q1: Quais são as instituições que estão envolvidas nessas publicações?

Q2: Quantos artigos se utilizam de Redes Sociais já existentes e quantos propõem uma criação de Rede Social para Educação?

Q3: Quais foram as Redes Sociais usadas?

Q4: No caso de criação de uma nova Rede Social, quais foram os *frameworks* ou ferramentas utilizadas?

2.2. Seleção dos Artigos

Foram selecionados, através de busca manual, feita no site do SBIE (<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/>) todos os artigos publicados no período de 2007 até 2017, onde em seus títulos e resumos estavam contidas as palavras ou expressões rede, rede social, mídia social, *social media*, redes sociais. Na sequência foram lidos os resumos dos artigos para confirmação se estavam realmente relacionados a seus títulos. Após essa filtragem, procedeu-se a leitura dos artigos. Ao término da leitura, procedeu-se com o processo aplicação dos critérios de exclusão que foram:

- Artigos que não nomeavam a Rede Social usada;
- Artigos publicados em anos diferentes, porém derivados de uma única pesquisa;
- Artigos que tratam de Rede Social, mas sem aplicações na Educação;

Na primeira seleção, anterior a aplicação dos critérios de exclusão, foram contabilizados 28 artigos, considerando artigos completos e resumidos, pertencentes aos anais principais da SBIE nos anos de 2007 a 2017. Após a aplicação dos critérios de exclusão os artigos caíram para o número de 21.

2.3. Classificação dos Artigos

Visando responder as perguntas da pesquisa, a classificação dos artigos teve os seguintes critérios como base: número de publicações por cada instituição de Ensino, quantos artigos referenciavam uma Rede Social já existente ou propunham a criação de uma Rede Social própria, quais as Redes Sociais usadas e como foram criadas novas Redes Sociais para os trabalhos de pesquisa.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra um comparativo do resultado da pesquisa nos anais do SBIE, no período de 2007 a 2017, com as palavras rede social, mídia social, *social media*, redes sociais, após a aplicação dos critérios de exclusão.

Tabela 1 - Artigos com palavras “rede social”, “mídia social,” “social media”, “redes sociais” publicados no SBIE no período de 2007 a 2017.

Ano de publicação	Total de artigos sobre Redes Sociais	Total de artigos publicados no evento	Percentual Relativo entre total de artigos sobre Redes Sociais e total de artigos do evento	Artigo Completo	Artigo Resumido
2007	0	135	0%	0	0
2008	0	84	0%	0	0
2009	0	84	0%	0	0
2010	2	132	1,50%	0	2
2011	5	137	3,60%	4	1
2012	4	129	3,10%	3	1
2013	2	109	1,80%	0	2
2014	4	152	2,63%	4	0
2015	1	139	0,70%	0	1
2016	1	145	0,69%	1	0
2017	2	171	1,20%	1	1
Total	21	1417	1,50%	13	8

A Tabela 1 permite observar que a média de publicações de artigos relacionados a Redes Sociais na SBIE é de 1,5%, abrangendo a busca os termos “rede social”, “mídia social,” “*social media*”, “redes sociais“ de uma forma generalizada e não por um nome específico de Rede Social.

Os artigos sobre Redes Sociais não ocupam um lugar de destaque no número de publicações da SBIE. Tal fato contrariou as expectativas, haja visto a penetração da utilização de Redes Sociais pela população, com indicativo de serem os estudantes grandes utilizadores desse artefato. Rodrigues e Lara (2013) demonstram em uma pesquisa feita com estudantes de nível superior a quase universalidade de sua utilização por este público. Existem também estudantes universitários com perfis criados em mais de uma rede social, onde a quase totalidade desses estudantes acessa pelo menos uma delas com frequência. [Grossi et al.,2010].

Chama a atenção também o fato de que por três anos consecutivos (2007 a 2009) não terem sido publicados nenhum artigo abordando o tema Redes Sociais. Este número não apresentou grandes saltos, sendo o ano de 2011 o de maior número de publicações, com o número de 5.

A Tabela 2 apresenta quais foram as instituições envolvidas nas pesquisas sobre Redes Sociais na Educação. Estas informações buscam responder a questão Q1 proposta: **Quais são as instituições que estão envolvidas nessas publicações?** A ordenação foi feita a contar da instituição com maior número de artigos, decrescendo para a instituição com um único artigo.

Tabela 2 – Número de publicações por instituição

Instituição dos Autores	Número de Artigos
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	3
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	2
Universidade Tecnológica do Panamá	2
Universidade Federal do ABC (UFABC)	2
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	2
Centro Universitário de Lins (UNILINS)	1
Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/PALMAS)	1
Colégio Pedro II	1
Instituto Federal de Ed. Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC)	1
Instituto Federal de Ed. Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)	1
Não identificada	1
Proativa Soluções em Tecnologia	1
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)	1
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)	1
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)	1
Universidade Federal da Bahia (UFBA)	1
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)	1
Universidade Federal de Lavras (UFLA)	1

Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	1
Universidade Federal do Pará (UFPA)	1
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	1
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	1
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)	1

Os dados da Tabela 2 mostram que no período correspondente a 2007 até 2017 a instituição que mais publicou trabalhos relacionados à Redes Sociais no SBIE foi a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) com 3 artigos, correspondendo a pouco mais de 10% das publicações. Com 2 publicações, vieram as seguintes instituições: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e a Universidade Tecnológica do Panamá, esta se notabilizando por ser a única instituição estrangeira que colaborou com as instituições nacionais. Respectivamente, cada uma delas corresponde a um percentual aproximado de 6,9%.

Também houve colaboração da iniciativa privada, com a participação da empresa Proativa Tecnologia. Um dos artigos não tinha a identificação da instituição. As demais instituições publicaram somente uma vez, o que levanta a hipótese de não haver grupos de que se estabeleceram nesse tipo de pesquisa dentro daquela instituição.

A Questão Q2: “**Quantos artigos se utilizam de Redes Sociais já existentes e quantos propõem uma criação de Rede Social para Educação?** “ terá seus resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Rede Social já existente ou desenvolvida para a pesquisa

Tipo de Rede Social	Número de Artigos
Já existente	16
Desenvolvida para a Pesquisa	5

Os resultados demonstram que os pesquisadores se utilizam, em sua maioria, de Redes Sociais já existentes para a execução de suas pesquisas. Aproximadamente 76% dos trabalhos foram feitos com base em Redes Sociais ativas no momento da pesquisa, o que conduz a investigação da resposta da questão Q3 “**Quais foram as Redes Sociais usadas?**”. A Tabela 4 busca elucidar essa questão.

Tabela 4 – Redes Sociais usadas nos trabalhos submetidos ao SBIE no período 2007-2017

Nome da Rede Social	Número de Artigos
Facebook	8
Redu	2
Twitter	2
Orkut	2
Gephi (Ferramenta para manipulação e visualização de grafos)	1
Edmodo	1
TecCiencia	1

AVA	1
Moodle-2-share	1
YouTube	1
Contagious	1
Grou.ps	1

A Rede Social mais utilizada pelos autores dos trabalhos foi o Facebook, que apareceu em aproximadamente 35% dos trabalhos analisados. Tal resultado era esperado em virtude desta Rede Social ser uma das mais utilizadas a nível global como um ambiente de interação, transmissão de idéias e compartilhamento de informação [Lemos, Vieira e Moreira, 2018]. Para responder a Q4: **“No caso de criação de uma nova Rede Social, quais foram os *frameworks* ou técnicas utilizadas?”** Alguns autores resolveram dotar alguns Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) com algumas características de Redes Sociais tais como inclusão de foto no perfil, sugestão de amizades, botões para sinalização de aprovação, bem como um sistema (*chat*) de comunicação em tempo real [Coelho, 2012].

Serrão et. al. (2011) utilizaram o software *Moodle-2-Share* para criar Redes Sociais dentro do ambiente *Moodle* de maneira automatizada. Além de facilitar o uso do *Moodle* em dispositivos móveis, o software permite a identificação de alunos com interesses comuns dentro do ambiente.

Dotta (2011) propôs a utilização de uma mídia social como um Ambiente Virtual de Aprendizagem Colaborativa, fazendo utilização do *Grou.ps*. para a condução de atividades de aprendizagem em um curso de graduação. Alguns autores usaram mais de uma Rede Social em sua pesquisa, procurando explorar aspectos complementares entre elas.

Ferramentas para visualização e medição de grafos também foram usadas para a construção de uma rede social. Silva et. al (2017) fizeram utilização do *Gephi*, em sua versão 0.8.2 para transformar nomes de indivíduos em vértices e suas relações em arestas, possibilitando a visualização da rede como um todo e os resultados de medidas como coeficiente de agrupamento e graus de proximidade relativas a cada participante.

3.1. Análise de Redes Sociais

A Análise de Redes Sociais foi abordada em alguns trabalhos. Segundo Silva, Brito e Medeiros (2015), esse procedimento consiste em

estudar como os comportamentos ou as opiniões dos indivíduos dependem das estruturas nas quais eles se inserem, onde a unidade de análise não são os atributos individuais (classe, sexo, idade, gênero), mas o conjunto de relações que os indivíduos estabelecem através das suas interações uns com os outros .

Dessa forma, no trabalho de Marcon, Machado e Carvalho (2012) é apontada a possibilidade de interação e integração de forma rápida entre os diversos agentes (professores e alunos), com rápida proliferação de mensagens entre eles; porém os autores citam a necessidade de uma intensa (embora não exclusiva) mediação por parte

do docente, sob o risco de “fragilidade”, expressa pelos autores como descompromisso, manifestado diminuição do número de colaborações e enfraquecimento dos laços.

Técnicas de *data mining* podem ser utilizadas para a identificação dos papéis em sala de aula [Silvia *et.al* ,2017]. Assim sendo um algoritmo pode ser utilizado para classificar indivíduos dentro de um dos papéis específicos e comparar essas saídas com a classificação feita pelo professor da turma. Assim foi possível identificar quais eram os alunos interessados e que forneciam ajuda, os alunos que cumprem as tarefas e os alunos dispersos.

3.2. Sistemas de Recomendações

Redes Sociais pressupõem a interação entre pessoas, que se influenciam mutuamente no meio digital. Essa influência pode ser feita através de Sistemas de Recomendações, que possuem a característica de sugerir um conteúdo adequado com o objetivo de atender uma necessidade do usuário. Quando a recomendação envolve recursos educacionais, esta pode tornar-se uma ferramenta importante no processo de ensino-aprendizagem [Rolim *et.al.*,2015].

Através da análise de sentimentos, que podem estar expressos em reações a uma publicação, compartilhamentos e curtidas de uma publicação, é possível recomendar outros conteúdos aos usuários. No trabalho de Ferreira *et.al.* (2017) foi descrito o uso de um aplicativo (*Netvizz*) para extrair o conteúdo de *posts* de algumas Redes Sociais. A partir daí propuseram um protótipo de Sistema de Recomendação baseado na análise de sentimentos. Como trabalhos futuros os autores pretendem usar outros parâmetros (não informados) para melhorar este SR.

Almeida *et.al.*(2016) relataram em seu trabalho a possibilidade de extração das diversas características de um usuário do Facebook através de uma API (*Application Interface Programming*). A partir dessa extração, os autores filtraram as relativas a questões educacionais, tais como relação com diversas faculdades, escolas e linhas de pesquisa. Também foi possível extrair a preferência por determinado tipo de mídia, em virtude dos diferentes compartilhamentos.

Dessa forma, o SR busca em outras bases como repositórios de Objetos de Aprendizagem, conjuntos de dados ligados e repositórios de vídeo, fazendo as sugestões para o grupo de usuários dos quais tinham extraído as características. Observou-se uma aprovação da ordem de aproximadamente 70% em relação as recomendações sugeridas. Os autores relatam continuar no desenvolvimento do projeto, com a construção de sistemas de recomendações e na identificação de grupos *não-formais* nas Redes Sociais.

3.3 Criação de Cursos nas Redes Sociais

Thamay e Santos (2015) desenvolveram um curso à distância, com o intuito de abordar conteúdos de Eletrônica Digital. Relataram quais foram os assuntos do curso e que ao final um questionário foi aplicado para mensurar o aproveitamento dos alunos, que foi de 77%. Porém os autores não dão detalhes de como se deu esse curso: quais foram as mídias utilizadas, como foi a interação entre a turma e o professor e como foi desenvolvido o questionário de avaliação. Os autores consideraram haver “bases significativas para pesquisas posteriores”. Além disso relataram “baixa confiabilidade dos resultados”, sendo este um teste piloto.

Já Mata *et. al.*(2014) demonstraram a possibilidade da utilização de recursos de Redes Sociais ao adotar a estratégia *Blended Learning*. Para um curso que se propunha abordar programação de computadores, as aulas presenciais foram utilizadas para as aulas expositivas, que contavam com a apresentação de slides e resolução de exercícios. Os autores relataram a utilização a Rede Social Facebook para compartilhamentos diversos: materiais do curso, atividades, links de instalação de softwares bem como estratégia de comunicação entre os alunos e o professor para o esclarecimento de dúvidas.

Para um grupo de 26 membros, os autores identificaram aproximadamente 2000 interações durante o período do curso. Os autores consideraram que a rede formada foi de baixa densidade, pois houve apenas 37,8% de conexões.

4. Conclusões

Os resultados obtidos a investigação proposta por esta Revisão Sistemática de Literatura apresentam uma visão geral sobre as publicações de trabalhos de pesquisa relacionados a Redes Sociais publicados nos anais do SBIE, no período de 2007 a 2017.

Esta Revisão tinha como objetivo responder as Questões de Pesquisa: 1: Quais são as instituições que estão envolvidas nessas publicações? 2: Quantos artigos se utilizam de Redes Sociais já existentes e quantos propõem uma criação de Rede Social para Educação? 3: Quais foram as Redes Sociais usadas? 4: No caso de criação de uma nova Rede Social, quais foram os *frameworks* ou ferramentas utilizadas?

Em relação a primeira indagação, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) foi a instituição com maior número de publicações, com três; merece atenção o aparecimento de uma instituição estrangeira, a Universidade Tecnológica do Panamá, com 2 publicações. A segunda questão proposta mostra a predominância da utilização de Redes Sociais já existentes, com mais de 76% das publicações seguindo esta linha.

As respostas ao terceiro questionamento mostraram ser o Facebook como o preferido para ser objeto de estudo na temática Redes Sociais, correspondendo a mais de um terço dos trabalhos apresentados. Demais Redes Sociais apresentaram tendência de pulverização pelos trabalhos. Para o quarto questionamento, os autores utilizaram *frameworks* e ferramentas que flexibilizassem a criação de Mídias Sociais ou a integração de alguns de seus recursos para Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) tais como *Grou.ps*, *Gephi*, *Contagious*, *Moodle-2-Share*.

O levantamento também permitiu observar que a publicação de trabalhos com a temática Redes Sociais no SBIE não é tão frequente, o que causa surpresa, pela capilaridade de sua utilização pela população e em especial do público enquanto aluno de alguma instituição de ensino. Por três anos consecutivos (2007 a 2009) não foram apresentados trabalhos com essa temática. Em todos os anos seguintes (2010 a 2017) aconteceram publicações abordando Redes Sociais, porém respondendo por baixa porcentagem em relação ao total dos trabalhos do SBIE.

Como objeto para estudos futuros, sugere-se investigar os motivos pelos quais essa produção tem baixa representatividade e realizar avaliação dos resultados de alguns trabalhos propostos com perspectivas a dar continuidade nas pesquisas já efetuadas.

5. Referências

- Almeida, Rafael F. *et.al.* (2016). **Recomendação de Recursos Educacionais para Grupos: buscando soluções em Redes Sociais.** In: Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2016) – Uberlândia: SBC. 2016
- Brito, Douglas M. *et.al.* (2012). **Ontologia baseada em Objetos de Aprendizagem na definição de Conteúdos de uma Rede Social Acadêmica.** In: Anais do XXIII SBIE - . Rio de Janeiro: SBC. 2012
- Barbosa, Alexandra e Taborda, Márcia (2015). **A utilização das redes sociais na Educação Superior: a experiência do projeto UERJianos pelo mundo.** In: Revista Aproximando v. 1, n. 2 (Out./Dez. 2015)
- Coelho, Willyans Garcia (2012). **Uso dos Recursos de Mídias Sociais na Educação à Distância: Impactos na Percepção da Presença Social.** . In: Anais do XXIII SBIE - . Rio de Janeiro: SBC. 2012
- Dotta, Sílvia (2011). **Uso de uma Mídia Social como Ambiente Virtual de Aprendizagem.** In: Anais do XXII SBIE. Aracaju: SBC. 2011
- Ferreira, Rafael F. *et.al.* (2017). **Sistema de Recomendação de Tópicos e Recursos Educacionais Utilizando Redes Sociais.** In: In: Anais do XXVIII SBIE. Recife: SBC. 2017
- Grossi, Márcia Gorett Ribeiro *et al.* (2014). **A Utilização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação nas Redes Sociais pelos Universitários Brasileiros.** In: **Texto Digital**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 4-23, jul. 2014. ISSN 1807-9288. doi: <https://doi.org/10.5007/1807-9288.2014v10n1p4>.
- Kitchenham, Barbara e Charters, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering.** Technical Report, EBSE-2007-01, School of Computer Science and Mathematics, Keele University and Durham University Joint Report, 2007
- Lemos, Cátia; Vieira, Cristina Pereira e Moreira, José Antonio Marques (2018). **A Promoção de Competências de Aprendizagem em Redes Sociais. Um Estudo Exploratório no Facebook num Curso de Aprendizagem ao Longo da Vida.** In: Revista EducaOnline, Laboratório de Pesquisa em Tecnologias da Informação e da Comunicação – LATEC/UFRJ
- Marcon, Karina *et.al.* (2012). **Arquiteturas Pedagógicas e Redes Sociais: Uma experiência no Facebook.** In: Anais do XXIII SBIE -. Rio de Janeiro: SBC. 2012
- Mata *et.al.*(2014). **Curso Híbrido usando a Rede Social Facebook no Ensino de Programação de Computadores.** In: Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2014). Dourados: SBC. 2014
- Pereira, Simone Lorena Silva e Perlin, Gladis Teresinha Taschetto (2016). **As redes sociais digitais e as possibilidades de uma educação bilíngue de surdos no ciberespaço.** In: Revista EDaPECI São Cristóvão (SE) v.16. n. 2, p. 282-298 (Mai. Ago. 2016)

- Rocha, Mariana e Massarani, Luisa. (2016). ***Divulgação Científica na Internet: Um Estudo de Caso de Comentários Feitos por Leitores em Textos da Ciência Hoje das Crianças Online***. In: ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.9, n.1, p.207-233, Mai 2016
- Rodrigues, Alessandra e Lara, Eduardo Souza. (2013). ***Redes Sociais, Educação Superior e Currículo: Reflexões Sobre o Perfil Acadêmico de Estudantes de Graduação***. In: XI Encontro de Pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Educação: Currículo da PUC-SP. São Paulo- SP. Brasil
- Rolim, Vitor B. *et.al.* (2015). ***Um Estudo Sobre Sistemas de Recomendação de Recursos Educacionais***. In: Anais dos Workshops do VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2017). Recife: SBC. 2015
- Rosado, Luiz Alexandre da Silva e Tomé, Vitor Manuel Nabais (2013). ***As redes sociais na internet e suas apropriações por jovens brasileiros e portugueses em idade escolar***. In: VII Simpósio Nacional da Associação Brasileira de Pesquisadores em Ciberultura. Curitiba – PR, Brasil
- Serrão, Tássia *et.al.* (2011). ***Construção Automática de Redes Sociais Online no Ambiente Moodle***. In: Anais do XXII SBIE. Aracaju: SBC. 2011
- Silvia, Viviane Soares Rodrigues *et. al* (2017). ***Mineração de Dados e Análise de Rede Social para Identificar Tendências de Participação em Aulas Presenciais***. In: Anais do XXVIII SBIE. Recife: SBC. 2017
- Thamay, Arthur Felipe; Santos, Adriano (2013). ***Criação de um curso a distância de Introdução a Eletrônica Digital na Rede Social Educacional REDU***. In: Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Campinas: SBC. 2013.

A Computação Desplugada Aliada à Educação Matemática: Uma Metodologia que Estimula o Pensamento Computacional e a Capacidade de Resolução de Problemas

Luísa Maristela Soares, Élder F. F. Bernardi

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - IFSul - Perimetral Leste, 150 –
99064-440 – Passo Fundo – RS – Brasil

luisa.maristela@gmail.com, elder.bernardi@passofundo.ifsul.edu.br

***Abstract.** This paper proposes to analyze the technique of Unplugged Computer Science as a methodology that can be inserted in the classroom, stimulating Computational Thinking and Problem Solving ability. Through a didactic sequence that dispenses use of a computer, students came into contact with basic fundamentals of Computer Science in a playful and creative way. The analyzes made indicate that if well developed, unplugged activities are a fundamental alternative to combine the teaching of Basic Education with Computer Science, not only in the discipline of Mathematics, but also in the other disciplines of the school curriculum. Therefore, this is a strategy that deserves to be used and valued in order to improve the process of teaching learning and prepare students for technological advancements.*

***Resumo.** O estudo apresentado se propõe a analisar a técnica da Computação Desplugada como uma metodologia que pode ser inserida em sala de aula, estimulando o Pensamento Computacional e a habilidade de Resolução de Problemas. Através de uma sequência didática que dispensa o uso do computador, os alunos entraram em contato com fundamentos básicos da Ciência da Computação de forma lúdica e criativa. As análises feitas apontam que se bem trabalhadas em sala de aula, as atividades desplugadas são uma alternativa fundamental para aliar o ensino da Educação Básica com a Ciência da Computação, não só na disciplina de Matemática, como também nas demais disciplinas do currículo escolar. Logo, esta é uma estratégia que merece ser utilizada e valorizada, a fim de melhorar o processo de ensino aprendizagem e preparar os alunos para os avanços tecnológicos.*

1. Introdução

As constantes transformações do mundo e das novas tecnologias colocam a Computação como uma área que permeia todas as demais áreas do conhecimento. No que diz respeito à Educação, por exemplo, os avanços tecnológicos provocam mudanças significativas na forma como se busca o conhecimento e como se constrói a aprendizagem. Assim, o aluno do século XXI precisa, cada vez mais, desenvolver habilidades e competências que o permitam modificar a realidade em que estão inseridos de forma autônoma, crítica e criativa.

Segundo Papert, “não é surpreendente que, por comparação, a Escola parece a muitos jovens como lenta, maçante e francamente fora de sintonia” [Papert 1994]. Com base nessa ideia é possível supor que o uso das novas tecnologias aliadas à educação vem a influenciar positivamente nestas mudanças educacionais. Isso porque as tecnologias potencializam os processos colaborativos de aprendizagem, possibilitando ao aluno uma apropriação crítica de sua realidade, a circulação e criação de conhecimentos; além de fazer do aluno protagonista de seu aprendizado.

Com base nesse contexto, é possível destacar o ensino da Programação nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental como uma possibilidade de preparar o aluno para a era digital e, ao mesmo tempo, desenvolver seus processos cognitivos. Por outro lado, as investigações sobre o desenvolvimento tecnológico na área da Computação, revelam que o futuro reserva a necessidade de dominar as tecnologias e, sobretudo, as habilidades e competências estimuladas por esta área do conhecimento. Logo, antes de ensinar a programar, é necessário desenvolver com os alunos as habilidades básicas da Ciência da Computação.

Conforme os Referenciais de Formação em Computação da Educação Básica, atualizado pela Sociedade Brasileira de Computação em 2017, “não é mais possível imaginar uma sociedade na qual os indivíduos não necessitem conhecimentos básicos de Computação” [SBC 2017]. Além disso, o documento também expõe que as habilidades computacionais são “tão importantes para a vida na sociedade contemporânea quanto os conhecimentos básicos de Matemática, Filosofia, Física e outras ciências” [SBC 2017].

Nesse sentido, ensinar as competências e habilidades que compõem a Computação nas aulas de Educação Básica é uma proposta que merece ser investigada e implantada nas escolas, sobretudo considerando os diversos contextos escolares e as necessidades do homem moderno. Complementar ao letramento matemático, e apoiado nele, o letramento computacional permite ao aluno utilizar o Pensamento Computacional para solucionar problemas de seu cotidiano, bem como entender e interagir com o mundo digital. Sendo assim, cabe aos educadores a tarefa de buscar uma formação continuada capaz de apresentar alternativas para realizar essa inserção, apresentando aos estudantes conceitos e práticas da Computação dentro do currículo escolar.

Motivado por este problema e pela possibilidade de resolvê-lo, buscou-se investigar quais ações didático-pedagógicas são capazes de oportunizar aos alunos a formação de habilidades e competências computacionais. No decorrer desta investigação, encontrou-se um material desenvolvido pelos professores por [Bell et al 2011], sobre uma técnica chamada de Computação Desplugada, que permite ensinar os fundamentos da Computação através de uma metodologia que dispensa o uso do computador.

Assim, o presente estudo se propõe a analisar a técnica da Computação Desplugada e propor sugestões que possibilitem a inclusão deste material no currículo escolar, especificamente nas aulas da disciplina de Matemática. Além disso, definiu-se com base nos documentos da SBC e na análise das atividades desplugadas, dar ênfase a um dos eixos que estruturam a área da Computação e uma das habilidades fundamentais

quando se trabalha com a Computação. São eles o eixo do Pensamento Computacional e a capacidade de Resolução de Problemas.

2. Computação aliada à educação básica

Ao considerar o papel das tecnologias digitais na educação escolar, [Teixeira 2010] destaca, ainda, que estas contribuem ao processo de aprendizagem, uma vez que permitem aos alunos a (re) significação de alguns conceitos, além de ampliar significativamente a troca de ideias e de culturas entre eles. Nessa perspectiva, a inclusão digital, hoje, constitui-se como “elemento central para o exercício da cidadania numa sociedade globalizada e conectada, cuja base é a vivência de uma cultura baseada na lógica de redes” [TEIXEIRA 2010].

Uma possibilidade inovadora de criar e manter a cultura de rede dentro da escola é a inserção dos fundamentos da Computação como parte do currículo das escolas, desde os Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Conforme os Referenciais de Formação em Computação na Educação Básica, antes de entender as habilidades e competências desenvolvidas pela área da Computação é preciso que, educadores e educandos, entendam o seu conceito. Nesse sentido, o documento enfatiza que a Computação envolve tanto técnicas de resolução e análise de problemas, quanto a construção e uso de máquinas para auxiliar na execução das soluções.

Ainda conforme a Sociedade Brasileira da Computação, a Computação pode ser vista por três ângulos distintos: a ciência que proporciona a criação de um mundo novo; que muda o comportamento humano; e que investiga a resolução de problemas. Nota-se ainda que o aprendizado em Computação pode se iniciar ainda na Educação Infantil, através de atividades lúdicas, e ser aprimorado nos demais níveis de ensino. Nos Anos Iniciais, por exemplo, podem ser trabalhados conceitos de forma concreta, para que o aluno possa se familiarizar com os conteúdos.

Com relação ao eixo do Pensamento Computacional é possível afirmar que este se refere “à capacidade de sistematizar, representar, analisar e resolver problemas”. [SBC 2017]. Apesar de ser considerado pela Sociedade Brasileira de Computação como um termo recente, este já é um dos pilares fundamentais do intelecto humano, juntamente com a leitura, a escrita e a aritmética.

Informações da plataforma Google para Educação referem-se ao Pensamento Computacional como um processo de solução de problemas essencial para o desenvolvimento de aplicativos de computador, mas que também pode ser usado para apoiar a resolução de problemas em todas as disciplinas do currículo escolar. Os alunos que dominam este conhecimento conseguem facilmente encontrar relações entre assuntos trabalhados na sala de aula, bem como entre a escola e a vida fora do ambiente escolar.

Conforme a Sociedade Brasileira da Computação, a aprendizagem do Pensamento Computacional acarreta em impactos significativos à educação escolar, justamente por esta capacidade de aliar a teoria à prática cotidiana dos estudantes. Além disso, esse processo mental desenvolve uma série de habilidades nas diferentes etapas de ensino. Dentre elas, destaca-se a habilidade de Resolução de Problemas, que está sendo explorada nesta pesquisa.

Já no que diz respeito à capacidade de Resolução de Problemas, considera-se que, desde os primórdios da existência humana, esta habilidade é uma das principais necessidades do ser humano. A Matemática, por exemplo, foi construída a partir das relações do homem com o meio em que vivia, a partir das soluções que este encontrava para os problemas que surgiam na vida em sociedade.

Ainda nesse sentido, considera-se que a evolução humana é impulsionada por problemas, na medida em que “cada desafio instiga o ser humano a encontrar soluções, que culminam no aumento do conhecimento e consequente avanço da humanidade” [SBC 2017].

Outro aspecto fundamental a ser destacado é que a Ciência da Computação, como um todo, está diretamente relacionada à resolução de problemas. Mas o que é resolver um problema? Ao responder esse questionamento, Polya revela que

[...] resolver um problema é encontrar os meios desconhecidos para um fim nitidamente imaginado. Se o fim por si só não sugere os meios, se por isso temos de procurá-los refletindo conscientemente sobre como alcançar o fim, temos um problema. Resolver um problema é encontrar um caminho onde nenhum outro é conhecido de antemão [...] [POLYA 2003].

E nesse processo de encontrar um caminho desconhecido é que o aluno é levado a refletir sobre os problemas e suas possíveis soluções. Com isso, tem a possibilidade de escolher por si só a direção a seguir e passa a viver as consequências da escolha. No enfoque computacional, o pilar fundamental da solução de problemas é a abstração. Nesse caso, é necessário que se construa um modelo abstrato da realidade, incluindo aspectos relevantes do problema. Com este modelo, é possível entender o problema e suas condições de contorno, com uma clareza que o torna solucionável.

3. Metodologia de pesquisa

Ao iniciar esta pesquisa, uma das dificuldades encontradas foi definir qual tipo de pesquisa nortearia o estudo. Conforme as ideias de Gerhardt e Silveira considera-se que uma pesquisa qualitativa é aquela que

[...] não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõe uma metodologia própria. [Gerhardt 2009].

Considerando tal informação, optou-se por desenvolver uma pesquisa de abordagem qualitativa, baseada na metodologia da Computação Desplugada, como forma de introduzir os conhecimentos da Ciência da Computação durante as aulas de matemática da Educação Básica. Esta técnica desenvolvida com base em experiências de sala de aula, permite ensinar os fundamentos da Computação de forma lúdica e colaborativa no currículo escolar.

Uma das grandes vantagens desta metodologia é a independência de recursos hardware e software. Por este motivo, “são passíveis de aplicação em localidades remotas com acesso precário de infraestrutura” [BELL et al 2011], podendo inclusive

serem realizadas ao ar livre. Além disso, estas atividades desplugadas podem ser aplicadas a pessoas de diferentes idades e ministradas por pessoas com diferentes níveis de conhecimentos e experiências.

Ao conhecer esta metodologia, a pesquisa voltou-se ao desenvolvimento de planos de aula e posterior aplicação de uma sequência didática desplugada com foco nos conceitos matemáticos de ordenação e comparação, bem como na observação do grupo de estudo, antes e depois dos encontros. Este estudo foi desenvolvido com uma turma do 7º Ano do Ensino Fundamental, totalizando dezesseis alunos, com faixa etária entre onze e treze anos. Foram realizados dois encontros, com duração de duas horas cada um.

A razão para a escolha desta metodologia foi acreditar que este material é um instrumento fundamental à inclusão da Computação na Educação Básica. Por meio de sua utilização é possível suprir algumas dificuldades encontradas pela atual conjectura das escolas e, ao mesmo tempo, apresentar aos alunos um método diferenciado de aprendizagem dos fundamentos da Computação.

Por se tratar de uma pesquisa de cunho qualitativo, as análises e interpretações foram baseadas na compreensão dos resultados obtidos e na vivência das experiências realizadas no decorrer da pesquisa.

4. Da aplicação em sala de aula e análise dos resultados

4.1. Atividade explorada

Foi proposta aos alunos uma atividade desplugada envolvendo as Redes de Ordenação, que explora um conceito fundamental da ciência da computação; bem como foi feita sua relação com os métodos de comparação e ordenação de valores numéricos utilizado em situações práticas do dia-a-dia dos alunos.

4.2. Conhecimentos prévios

Comparação de valores numéricos (“maior que” e “menor que”); ordem crescente e decrescente.

4.3. Habilidades a serem exploradas

Capacidade de Resolução de Problemas e de trabalho em equipe.

4.4. Objetivos específicos

- Buscar estratégias simples de comparação entre dois valores numéricos, para depois entender a importância do pensamento computacional para a otimização deste processo.
- Usar a propriedade de comparação para ordenar diferentes valores numéricos.
- Resolver as atividades propostas, apropriando-se dos métodos matemáticos e desenvolvendo a habilidade de Resolução de Problemas.
- Entender a lógica das Redes de Ordenação, para conseguir relacionar este

conhecimento com a lógica de Resolução de Problemas de um computador.

- Perceber a importância da comparação de valores numéricos, tanto para a Matemática quanto para a Ciência da Computação.
- Perceber que a agilidade de resolução de um problema está diretamente relacionada ao número de comparações que são realizadas simultaneamente.

4.5. Desenvolvimento

A atividade, realizada em dois encontros, consistiu em apresentar de forma dinâmica e interativa os conceitos de redes de ordenação a dezesseis alunos do 7º Ano do Ensino Fundamental, acompanhados pela professora titular da disciplina de Matemática.

O primeiro momento da aplicação pretendeu instigar os alunos a pensarem sobre o que é ordenar e em que situações o ser humano utiliza a ordenação. Surgiram várias ideias e, em seguida, foi exposta aos alunos uma sequência de números e pedido para eles refletirem e colocarem a sequência em ordem numérica crescente. Em seguida, questionou-se qual o procedimento que estes tinham usado para definir que o número “a” é maior que o número “b”, por exemplo.

Na segunda etapa da atividade, desenhou-se na quadra da escola uma rede, com seis entradas e seis saídas, em uma área externa, tal qual ilustrado pela Figura 1.

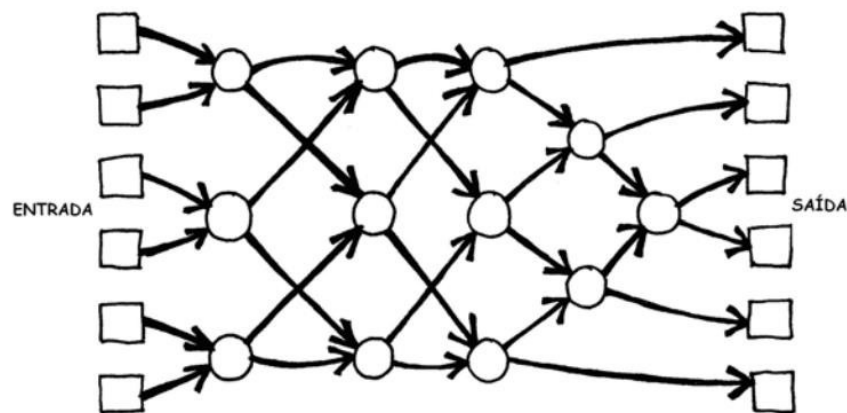


Figura 1. Rede de Ordenação de seis entradas

Em seguida, foram montadas equipes com seis alunos. Como a turma era de dezesseis alunos, formaram-se duas equipes, ficando os quatro alunos que sobraram responsáveis por auxiliar na atividade, inclusive na cronometragem do tempo de realização.

Salienta-se que a primeira parte da atividade seguiu-se exatamente como sugere o livro escrito por Tim Bell, Lan H. Whiten e Mike Fellows. Assim, foi chamada a primeira equipe e foi distribuído um cartão com valores numéricos de 1 a 6 para os componentes do grupo. Foi pedido aos alunos para se posicionarem em uma das posições de entrada e em seguida se moverem na direção das setas desenhadas. Quando chegavam aos círculos esperavam outro colega chegar também e, em seguida, os dois comparavam as suas cartas. A orientação dada à turma era que o aluno com o menor

número deveria seguir o caminho da esquerda e o aluno com o maior número, o da direita.

A atividade foi rapidamente entendida pelos estudantes e todos chegavam facilmente ao destino final. Quando estavam todos posicionados na última carreira de círculos, pediu-se aos alunos desta primeira equipe que falassem em voz alta o seu número. Esperou-se um pouco para ver se alguém tinha se dado conta do que tinha acontecido. Então, um dos estudantes falou que os números tinham ficado em ordem. Despertou-se logo a curiosidade dos alunos para saber se o mesmo acontecia com quaisquer números. Foi aí, que a segunda turma foi chamada para a realização desta mesma experiência, onde se distribuiu cartões com números de 10 a 16. O grupo seguiu a mesma regra da primeira equipe e chegou ao final com os números na ordem correta.

Após esta primeira verificação, orientou-se aos estudantes que invertessem a regra do jogo, isto é, o aluno com o menor número seguia o caminho da direita enquanto que o aluno com o maior número seguia o caminho da esquerda. Ao chegarem ao final da rede, a turma rapidamente concluiu que os valores estavam ordenados do maior para o menor, ou seja, em ordem decrescente.

Assim, alguns dos objetivos desta atividade já tinham sido alcançados, já que os alunos perceberam que, após realizarem corretamente as comparações e chegarem ao outro extremo da rede, os valores numéricos ficaram corretamente ordenados de forma crescente ou decrescente. Logo, os estudantes tomaram conhecimento da lógica das redes de ordenação, ao mesmo tempo em que se apropriaram dos métodos matemáticos e desenvolveram a habilidade de Resolução de Problemas.

Destacou-se também aos alunos que cada círculo desenhado na quadra representava um “nó” na rede, que quando não for corretamente solucionado, impede que a rede termine de forma ordenada. Logo, se a equipe cometesse algum erro de comparação, a ordenação não acontecia, sendo necessário recomeçar a atividade.

Para estimular ainda mais o raciocínio dos alunos, foi proposta a mesma atividade só que envolvendo expressões numéricas. Para isso, uma equipe estava posicionada nos círculos de entrada com um cartão com uma expressão numérica e nos círculos de saída já estavam os membros da outra equipe com os cartões dos resultados das expressões em ordem crescente. Assim, ao chegar ao final da rede os alunos tinham obrigatoriamente que chegar ao círculo com o resultado correto de sua expressão numérica.

Na medida em que os alunos utilizavam a rede com diferentes valores numéricos, estes acabavam concluindo a tarefa cada vez em menor tempo. Realizou-se assim, algumas atividades cronometradas, a fim de estimular o espírito competitivo dos alunos. Ao final deste primeiro encontro, concluiu-se que todos os alunos demonstraram interesse em realizar a atividade envolvendo as redes de ordenação e puderam entender um pouco de sua finalidade para o ensino da Matemática.

Já no segundo encontro, mostrou-se aos alunos que, nas redes de ordenação, as comparações são realizadas de duas a duas, com a finalidade de acelerar o processo de resolução do problema. Ou seja, se comparássemos, por exemplo, um por um os algarismos de 1 a 6, este processo seria muito mais lento. Ao realizarmos as

comparações duas a duas, o mesmo problema é resolvido duas vezes mais rápido. Um exemplo relevante dado a turma, relacionado ao seu cotidiano, é que quando se faz um almoço com várias opções de comida, seria muito mais lento se fosse utilizada uma única panela para preparar toda a refeição, pois cada alimento teria de ser cozido separadamente, um após o outro. Já se utilizarmos mais panelas, esse processo é agilizado e a refeição fica pronta mais rapidamente.

Já no que diz respeito à Ciência da Computação, explicou-se aos alunos que, quando usamos um computador, queremos que este processe as informações o mais rápido possível. Então, uma forma de aumentar a velocidade de um computador é escrever programas que usam o menor número possível de passos para resolução de um mesmo problema.

Dessa forma, conseguiu-se atingir mais alguns objetivos propostos a partir desta situação didática, que consistia em levar os alunos a perceberem a importância da comparação de valores numéricos, tanto para a Matemática quanto para a Ciência da Computação e, também, que a agilidade de resolução de um problema está diretamente relacionada ao número de comparações que são realizadas simultaneamente.

Ainda neste encontro, orientou-se os alunos que desenhassem outras redes de ordenação utilizando a mesma lógica vista no primeiro encontro, mas que ordenassem sequências menores ou maiores que seis números. Além disso, para finalizar a aplicação também foram explorados exercícios envolvendo os valores máximos e mínimos de um conjunto numérico, também por meio de uma rede de ordenação. Com estes exercícios os estudantes exercitaram o seu raciocínio lógico e desenvolveram a habilidade de Resolução de Problemas.

4.6. Avaliação da Atividade

A partir da aplicação desta atividade com base na técnica da Computação Desplugada, percebeu-se que esta tendência merece ser explorada em sala de aula, uma vez que os alunos demonstraram interesse em participar da prática proposta e também de apropriar-se ainda mais deste assunto. Outro ponto a ser destacado é que os alunos foram capazes de analisar e estabelecer relações dos conteúdos didáticos trabalhados com situações práticas de seu cotidiano.

Percebeu-se que os alunos conseguiram resolver os problemas propostos através de um fundamento da computação – redes de ordenação – de forma lúdica e criativa. Ou seja, utilizaram-se do raciocínio lógico e de seus conhecimentos prévios da Matemática e do mundo como uma estratégia para achar a solução de uma situação, para depois entender que estes são fundamentos essenciais à Ciência da Computação.

Ao realizar uma avaliação qualitativa conjunta com os alunos e a professora, foi perceptível que os objetivos definidos antes da realização dos encontros foram atingidos. Isso porque evidenciou-se nas respostas dos alunos a percepção da aplicabilidade do conceito computacional estudado com situações cotidianas. Os alunos conseguiram por si só perceber, por exemplo, que a computação está presente na vida do ser humano.

Além disso, ficou explícita a agilidade com que a turma foi entendendo a lógica

da atividade de redes de ordenação e, dessa forma, realizando a ordenação de diferentes valores cada vez de forma mais rápida. Assim, os alunos conseguiram utilizar os conceitos de comparação e ordenação para fazer a análise e a resolução das situações propostas, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento do seu Pensamento Computacional.

5. Considerações finais

A partir deste estudo, objetiva-se introduzir os fundamentos da Ciência da Computação de forma natural dentro do currículo escolar, na disciplina de Matemática da Educação Básica, por meio da técnica conhecida como “Computação Desplugada”, com ênfase em atividades que desenvolvam a habilidade de Resolução de Problemas. Como contribuição, este relato de experiência visa fornecer informações que podem ser utilizadas para enriquecer o trabalho pedagógico dos professores de diferentes níveis da Educação Básica, como parte de seu processo de formação e construção de aulas voltadas ao ensino da Computação, sobretudo considerando os diferentes contextos escolares.

Percebeu-se a partir da aplicação da atividade prática envolvendo a Computação Desplugada, que a abordagem de conteúdos da Ciência da Computação pode ser aliada à Educação Básica como uma forma de estimular os alunos a entenderem e a pensarem com a lógica computacional. Verificou-se, também, que os alunos conseguem associar este conhecimento às práticas cotidianas, a conteúdos da disciplina de Matemática, bem como são estimulados por meio da prática a desenvolver a habilidade de Resolução de Problemas.

A necessidade de inserir a Ciência da Computação no currículo escolar de qualquer instituição de ensino, independente de seus recursos e da formação de seus professores levou a escolha da metodologia da Computação Desplugada como base da presente pesquisa. Sendo estas as principais dificuldades das escolas de todo o Brasil, pensou-se em abordar estas situações didáticas que, mesmo sem o uso de computadores, possibilitam que o aluno estimule o Pensamento Computacional e também desenvolva a habilidade de Resolução de Problemas.

Ao refletir acerca dos documentos da Sociedade Brasileira de Computação, do material referente às atividades desplugadas e com a aplicação da atividade prática em uma turma da Educação Básica, é possível perceber que trabalhar os fundamentos computacionais das aulas regulares de ensino, pode deixar de ser uma utopia e transformar-se em realidade. Isso porque, os alunos sentem-se motivados a aprender conhecimentos que estão tão presentes em sua vida. Por outro lado, o professor consegue desmistificar a ideia de que a Computação é uma área complexa e aproximar o aluno deste conhecimento essencial ao mundo contemporâneo.

Uma vez que os objetivos traçados inicialmente foram atingidos, verifica-se que a metodologia adotada durante a atividade foi positiva. Torna-se assim, fundamental a disseminação da técnica da Computação Desplugada como uma possibilidade inovadora de incluir a Ciência da Computação nas escolas, desenvolvendo no aluno a capacidade de modelar problemas, encontrando soluções práticas e eficientes para cada situação e entendendo a lógica computacional.

Enfim, educar para as tecnologias é uma ação essencial à vida do homem moderno, indiferentemente da profissão que este deseja seguir.

Referências

- BELL, T.; WITTEN, I.T.; FELLOWS, M. Ensinando Ciência da Computação sem o uso do computador. Trad. Luciano Porto Barreto. Bahia: Fapesb, 2011.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GOOGLE FOR EDUCATION. Disponível em: <https://edu.google.com/intl/pt-BR/>. Acesso em 23 nov. 2017.
- PAPERT, Seymour. A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- POLYA, George. A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- RUIZ, J. A. Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos. São Paulo: Atlas, 1985.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. Referenciais de Formação em Computação: Educação Básica. Porto Alegre: SBC, 2017.
- TEIXEIRA, Adriano Canabarro. Inclusão Digital: novas perspectivas para a informática educativa. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

O uso do computador para o ensino de Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental

Karoline Araújo Nascimento¹, Elielton Pereira de Santana², Laercio Pontin Junior³.

¹Acadêmica de Licenciatura em Computação – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Araguatins.

²Acadêmico de Licenciatura em Computação – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Araguatins.

³Mestrando do Programa de Pós-Graduação – UFPA. Professor EBTT de Informática – IFTO, Campus Araguatins.

{karolaraujo013,elielton24021996}@gmail.com,
laercio.junior@ifto.edu.br}

Abstract. *This work is a research carried out with students of the 3rd year of Elementary School, where the integration of Informatics to the discipline of Mathematics was done through the use of the computer. In order to present this utilization, the techniques applied were an action research with applied purpose. To collect the data, the qualitative method was used. The teaching of Mathematics through the computer was done by the creation of tables in the tool of the Educational Linux, Libre Office Writer, a simple way for these students to learn about multiplication. With the methodology used in the research, it is evident the school and values development, the digital inclusion and an interdisciplinary education in the technological society.*

Resumo. *Este trabalho trata-se de uma pesquisa realizada com alunos do 3º ano do Ensino Fundamental, onde fez-se a integração da Informática à disciplina de Matemática através da utilização do computador. Com o objetivo de apresentar esta utilização, foi realizada quanto as técnicas, uma pesquisa-ação com finalidade aplicada. Para coleta dos dados, fez-se o emprego do método qualitativo. O ensino de Matemática através do computador se deu pela criação de tabelas na ferramenta do Linux Educacional, Libre Office Writer, uma forma simples para esses alunos aprenderem sobre multiplicação. Com a metodologia utilizada na pesquisa, evidencia-se o desenvolvimento escolar e de valores, a inclusão digital e uma educação interdisciplinar na sociedade tecnológica.*

1. Introdução

Os anos iniciais da vida escolar possuem grande importância para os estudantes, pois formam uma base para os anos seguintes, especialmente em relação aos conceitos em Matemática, que serão utilizadas posteriormente, ao longo de sua vida escolar (ALVES, 2016).

Partindo desta perspectiva, o ensino de Matemática para crianças deste público pode ser facilitado com a utilização do computador, fazendo o emprego da Informática à educação e transformando a realidade de muitas salas de aula, onde o professor não utiliza recursos tecnológicos relacionados à Informática e acaba deixando seus alunos à margem da educação para a sociedade tecnológica.

Spies (2013) assegura que existem inúmeras razões pelas quais os professores não fazem a integração da informática na escola, dentre elas, destaca-se a dificuldade no

planejamento de atividades em áreas como os anos iniciais, em que a opção pelos livros didáticos é mais segura para o professor do que buscar soluções na tecnologia.

“A apropriação de conhecimentos para a aplicação do computador na sala de aula vem do interesse de cada professor” (SPIES, 2013, p. 14). Desta maneira, os professores devem estar cientes que as mudanças nos processos de ensino e aprendizagem que esta nova sociedade requer, são capazes de transformar as formas de pensar e promover a evolução dos alunos que estão em permanente contato com a Informática (COLL e MONEREO, 2010).

Assim sendo, este trabalho trata-se de uma pesquisa realizada com estudantes do 3º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública, com a finalidade de apresentar a utilização do computador no auxílio do ensino de Matemática de forma a integrar a Informática à esta disciplina.

2. Procedimentos metodológicos

Este trabalho trata-se, quanto aos seus procedimentos técnicos, de uma pesquisa-ação, que “... vem emergido como uma metodologia para intervenção, desenvolvimento e mudança no âmbito de grupos, organizações e comunidades” (GIL, 2010, p.42) e que, segundo Thiollent,

É um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (1986, p.14).

Quanto a finalidade, é um tipo de pesquisa aplicada, “... voltada à aquisição de conhecimento com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2010, p. 27).

Para obtenção e análise dos dados foi utilizado o método qualitativo, método que se preocupa em analisar e interpretar aspectos mais profundos (LAKATOS, 2010). Os alunos que participaram da pesquisa tinham idade em média de 8 anos e por isso a escola não permitiu outro método para obtenção mais estruturada dos resultados.

A pesquisa foi realizada no primeiro semestre do ano de 2017 com 12 alunos do 3º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública da cidade de Araguatins – Tocantins. A quantidade de alunos foi de acordo com a capacidade do laboratório da escola.

Diante do propósito de incluir a Informática no ensino de Matemática e dos poucos recursos disponíveis para isto, surgiu a ideia de ensinar multiplicação, conteúdo que estava sendo trabalhado em sala de aula, através da criação de tabelas no editor de texto Libre Office Writer, disponível nos computadores do laboratório da escola, onde o Sistema Operacional era o Linux Educacional.

Para utilizar a ferramenta para produção das tabelas, os alunos tiveram que aprender sobre Informática, que foi desde ligar o computador ao aprendizado sobre a utilização do Writer.

A criação de tabelas foi uma forma simples para esses alunos aprenderem sobre multiplicação, pois ao construir uma tabela de por exemplo, 2 colunas e 3 linhas, obtém-se um total de 6 espaços, que é equivalente ao valor desses números multiplicados entre si.

3. Resultados e discussões

Apesar das limitações da escola, tanto em relação às ferramentas tecnológicas disponíveis, quanto em relação à utilização das mesmas com os alunos, a metodologia utilizada apresentou grande relevância para o aprendizado dessas crianças.

Como citado, antes do uso da ferramenta para aprender sobre multiplicação, os alunos aprenderam sobre Informática, como por exemplo ligar e desligar o computador, conheceram as ferramentas disponíveis, bem como diversos *softwares* educacionais.



Figura 1: Alunos utilizando o computador. Fonte: autor.

A figura 1 evidencia a utilização do computador pelos estudantes. Também é possível perceber nesta figura que um dos estudantes auxilia o seu colega. Com isto, observa-se práticas que a interdisciplinaridade ressaltada por Fazenda (2009), propicia para o aprendizado:

Aluno aprendendo com aluno, aluno aprendendo com professor, professor aprendendo com professor, professor aprendendo com aluno. É na troca de experiências entre professor-aluno, é na atitude de abertura, sem preconceitos, que o conhecimento será mutuamente importante (FAZENDA, 2009, p. 61).

Desta forma, percebe-se uma educação interdisciplinar, que faz conexões do conhecimento e o desenvolvimento de valores, como a solidariedade. Com base nisto, Arruda (2004), assegura que nos anos iniciais o ensino deve comprometer-se em formar cidadãos a partir de conteúdos curriculares básicos, bem como ler, escrever e calcular. Ao mesmo tempo, o ensino deve instituir a cidadania através de práticas que respondem por determinadas ações, regras e formalidades observadas entre os cidadãos em sinal de respeito mútuo, tolerância e solidariedade.

A utilização do Writer para criação de tabelas e dessa forma ensinar para os alunos Multiplicação, pôde facilitar o aprendizado e concomitantemente incluir os alunos numa educação que a sociedade atual requer, onde o educando saiba utilizar recursos tecnológicos em prol do seu desenvolvimento escolar, crítico e social.

A figura a seguir mostra como os alunos aprendiam a multiplicar através das tabelas.

3 colunas			
1	2	3	3 linhas
4	5	6	
7	8	9	

Figura 2: Tabela 3x3. Fonte: autor.

Percebe-se por meio da figura acima tabela 3x3 (três por três), que possui 3 colunas e 3 linhas e resulta numa quantidade de espaços igual a 9, o resultado da multiplicação do número 3 por ele mesmo. Foi uma forma simples e prática de aprender Matemática.

Durante a pesquisa os alunos coloriam, utilizavam diversas fontes, relacionavam o conteúdo à realidade e aprendiam a utilizar esta ferramenta, fazendo uma contextualização do conteúdo, que segundo Rocha,

A contextualização torna-se um referencial importante para o docente no ensino de Matemática, por constituir-se em uma ação que possibilita que os conhecimentos matemáticos sejam compreendidos nas dimensões histórica, social e cultural que influenciaram na sua elaboração (ROCHA, 2012, p.33).

Silva (2005), apresenta que a melhoria da qualidade de vida pode ser uma consequência da inclusão digital, que está conceituada como o acesso à informação presente nos meios digitais e a assimilação dessa informação e sua construção em novo conhecimento.

Com a metodologia utilizada com os estudantes do Ensino Fundamental, os alunos tiveram acesso ao computador e puderam participar deste processo de inclusão digital e de acordo com Da Costa (2007, p. 434) “promover a inclusão digital é algo que, além das questões sociais envolvidas, é um direito que o cidadão tem de participar das tecnologias existentes, ter uma educação mais atualizada”.

O uso desta metodologia no ensino de Matemática instigou no aluno o interesse maior pela disciplina, visto que o próprio manipulava seus materiais de estudo. Ao mesmo tempo, foi possível observar o desenvolvimento cognitivo dos alunos, a interação e a troca de experiências.

4. Conclusão

Tendo em vista os resultados apresentados, é notório que houve um avanço no desempenho dos alunos e que a Informática e seus recursos possuem relevância para o ensino no Ensino Fundamental.

Nos anos iniciais, o ensino de Matemática tem grande importância por construir uma base para os anos seguintes e, a metodologia utilizada para a pesquisa apresentou novos meios para os processos de ensino e aprendizagem, que são capazes de auxiliar o professor e os estudantes.

A Informática na Educação deve servir como um instrumento que proporcione de maneira concreta a aprendizagem, pois sabe-se que em alguns casos utiliza-se recursos informatizados apenas como uma forma de entretenimento. Este trabalho apresenta uma forma de incluir a Informática no ambiente escolar, mostrando de maneira simples a adequação dos recursos que ela disponibiliza e como pode ser utilizada de maneira efetiva no ensino de Matemática.

Desta forma, cabe aos professores repensarem sobre a utilização de metodologias como esta, que muitas vezes é vista como um desafio dentro da sala de aula, mas que constata-se por meio deste trabalho que assim como a Matemática, a Informática faz parte do cotidiano e deve fazer parte dos processos educacionais.

Numa perspectiva interdisciplinar, o trabalho apresentou diversas contribuições que o ensino de Matemática integrado ao ensino de Informática mediado pelo uso do computador ofereceu para os alunos, que transpassa a inclusão digital até o desenvolvimento escolar.

Espera-se que haja mais reflexão e mudanças quanto a apropriação dos recursos tecnológicos pelos professores dos anos iniciais.

Por fim, apresenta-se como proposta de trabalho futuro, a pesquisa com alunos dos anos mais avançados e com a utilização de métodos mais estruturados para análise, coleta de dados e apresentação de resultados, bem como o método quantitativo. Pretende-se utilizar novas ferramentas de ensino, bem como softwares específicos de Matemática.

Referências

ALVES, Luana Leal. **A importância da Matemática nos anos iniciais.** XXII EREMATSUL, Curitiba, 2016. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/geemai/files/2017/11/A-IMPORT%C3%82NCIA-DA-MATEM%C3%81TICA-NOS-ANOS-INICIAS.pdf>>. Acesso: 22 ago. 2018.

ARRUDA, Joseane Pinto de. **Cidadania e Matemática no livro didático para as séries iniciais do Ensino fundamental.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87510>>. Acesso: 31 ago. 2018.

COLL, César; MONEREO, Carles. **Psicologia da Educação Virtual: Aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação.** Artmed Editora, 2010.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Didática e Interdisciplinaridade.** Campinas: Papirus, 1998.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** – 5. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica** / Eva Maria Lakatos, Marina de Andrade Marconi. – 5. ed. – 4. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2010.

ROCHA, Márcia Raquel. **O ensino de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental numa perspectiva interdisciplinar**. 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1244/1/PG_PPGECT_M_Rocha%2C%20M%C3%A1rcia%20Raquel_2012.pdf>. Acesso: 31 ago. 2018.

SILVA, Helena et al. **Inclusão digital e educação para a competência informacional: uma questão de ética e cidadania**. 2005.

SPIES, Leani. **Integrando informática nas aulas dos anos iniciais do ensino fundamental**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1315/1/PG_PPGECT_M_Spies%2C%20Leani_2013.pdf>. Acesso: 27 ago. 2018.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa - ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1986.

Análise de Ferramentas para Automação de Testes de Software em Sistemas Web

Eduardo Rodrigues dos Santos¹, André Fernando Rollwagen²

¹Tecnólogo em Sistemas para Internet - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL). CEP: 99.064-440, Passo Fundo – RS – Brasil

²Mestre em Engenharia, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL). CEP: 99.064-440, Passo Fundo – RS – Brasil

eduardo3x7@gmail.com, andre.rollwagen@passofundo.ifsul.edu.br

Abstract. *The computational advancement allowed the emergence of different platforms and categories of software, that need to pass for some stages of testing. The automation of tests is an interesting option in the application of functional tests, because it optimizes this task and consequently saves tester's time. This paper presents a comparative analysis among the software test tools named Badboy, Selenium IDE and Sikuli. Moreover, a web system was developed as a test environment in this study, allowing us to apply the tools and test their functionalities. Thus, advantages and limitations were identified through different aspects analyzed, such as methods, code processing and execution times.*

Resumo. *O avanço computacional possibilitou o surgimento de diferentes plataformas e categorias de softwares, as quais devem passar por etapas de testes. A automação de testes torna-se interessante na aplicação de testes funcionais, otimizando esta tarefa e consequentemente poupando tempo do testador. O corrente trabalho apresenta uma análise comparativa entre as ferramentas de teste de software Badboy, Selenium IDE e Sikuli. Um sistema WEB foi desenvolvido como ambiente de testes, permitindo aplicar as ferramentas e testar as suas funcionalidades. Assim, vantagens e limitações foram identificadas através de diferentes aspectos analisados, como métodos, tratamento com código e tempos de execuções.*

1. Introdução

Uma prática a ser usada no desenvolvimento de programas é acrescentar etapas de testes de software antes de ser concluído e após sua finalização. Um teste pode, além de agregar qualidade ao produto final, prevenir grandes perdas como: tempo, dinheiro e diversos outros tipos de danos. Os sistemas que são classificados como aplicações WEB, exigem um tipo de teste mais específico, com inserção de valores repetidamente, os quais são testados usando as métricas de automação de testes. Para facilitar a aplicação destes testes, que exigem do usuário uma atenção redobrada para analisar e testar cada parte do sistema, o qual pode ser extremamente grande e tornar a tarefa do testador exaustiva, se torna viável e vantajosa a utilização de ferramentas de automação de testes. Tais ferramentas podem auxiliar o testador a criar um teste e replicar seu *script* a todas as situações semelhantes a que ele deseja testar.

Na automação de testes existem muitas ferramentas que auxiliam no processo, porém são apresentadas com foco no teste como um todo, essa generalização pode prejudicar um usuário que deseja utilizar uma ferramenta para automatizar seus testes,

pelo fato de não possuírem documentação que auxilie na escolha de qual ferramenta pode ser mais adequada em relação a sua necessidade.

As diferentes características presentes nas ferramentas de automação de testes de software, permitem a elaboração de um estudo através de uma análise comparativa, verificando vantagens e limitações que estas podem apresentar ao implementar determinadas rotinas de teste em um sistema. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar um comparativo entre as ferramentas de testes automatizados de software BadBoy, Sekuli e Selenium IDE (*Integrated Development Environment*), que tem seu foco no desenvolvimento de aplicações web. Este artigo está estruturado na seguinte ordem: na seção 2 é apresentado o referencial teórico, com uma breve descrição dos conceitos relacionados a testes de software, sobre as ferramentas analisadas e trabalhos relacionados, na seção 3 são expostos os modelos e métodos. Após são apontados os resultados, e posteriormente as conclusões sobre o trabalho desenvolvido.

2. Referencial Teórico

2.1. Testes de Software

O desenvolvimento de um software dependendo de suas características e amplitude, podendo resultar em uma tarefa árdua e complexa. Desta forma, podem surgir diversos problemas, resultando em um produto diferente do esperado pelo cliente. Isto pode ocorrer por inúmeras razões, mas possivelmente relacionadas a erros humanos, como interpretações e entendimentos equivocados de requisitos, e falhas na codificação do software. Com o objetivo de encontrar esses defeitos antes do software entrar e produção são aplicadas atividades de validação, verificação e teste de software [Delamaro 2016].

O teste de software está designado a revelar que o software executa as funcionalidades que está destinado a fazer, e para encontrar os *bugs* existentes antes do software ser entregue ao cliente. Dados fictícios são usados para testá-lo, seus resultados são analisados com objetivo de encontrar defeitos, anomalias ou dados relacionados a atributos não funcionais [Sommerville 2011]. Entre os objetivos do processo de testes de software pode-se destacar dois propósitos fundamentais [Sommerville 2016]:

- Mostrar ao cliente que vai receber o software e ao programador dessa aplicação, que o programa tem condições de atender aos seus requisitos informados no projeto pelo cliente;
- Agregar aos testes de defeitos, os casos de teste que são feitos para expor as falhas. Os testes não podem demonstrar se o software é livre de defeitos ou se ele se comporta conforme foi especificado em qualquer situação. É sempre possível que um teste que tenha sido esquecido seja aquele que poderia descobrir mais problemas no sistema.

Com base nas afirmações do autor supracitado, entende-se que o processo de testes tem o intuito de mostrar que o software opera conforme seus requisitos. Também não é possível garantir que o software está cem por cento correto, pois o plano de testes pode não ter abrangido totalmente o software.

2.1.1 Técnicas de Teste de Software

Entre os métodos usados para executar testes de software, estão os testes unitários, testes de persistência e testes de base de dados, entre outros. Os quais são conceituados

e caracterizados em livros da área de engenharia de software [Paula Filho 2009], [Pressman 2011], [Sommerville 2016], [Rios 2013].

Os testes funcionais, também conhecidos como testes de caixa-preta, são basicamente a comparação dos resultados esperados pelo testador com os resultados obtidos na aplicação dos testes. Assim é possível encontrar os erros e corrigí-los proporcionando maior qualidade ao sistema. Para os testes de estruturas, chamados de teste de caixa-branca, é exigido do testador conhecimento aprofundado da aplicação, pois os testes são baseados no código fonte da mesma ou em meios de testar o próprio hardware [Pressman 2011].

Testes em softwares que não se comunicam com a internet, possuem uma enorme diferença em relação aos softwares WEB no momento em que estiverem sendo realizados. Comparações entre esses dois tipos de software tornam-se inviáveis, pelo fato de que são totalmente diferentes das suas lógicas de desenvolvimento, logo, seus padrões e técnicas de testes no sistema também serão distintas. Para Pressman (2011) o universo dos programas desenvolvidos para a WEB, tem como objetivo, além das funcionalidades rodando corretamente, a velocidade do desenvolvimento e a segurança que o sistema possuirá. O cliente que necessita de um sistema pela WEB procura sempre a praticidade, mas esse é um requisito que se torna delicado perante aos infinitos meios de ameaças que cercam um sistema conectado a internet.

2.2. Ferramentas de teste de Software

Uma ferramenta que dá suporte ao teste de software se torna útil visando maior agilidade nas atividades do processo de teste, a sua utilização de suporte ao teste pode contribuir para consideráveis ganhos de tempo [Eliza 2013].

A ferramenta de teste de software BadBoy auxilia na implementação de testes automatizados de software, por esse motivo foi selecionada, com a finalidade de ser avaliada pelo autor do presente trabalho. O BadBoy utiliza o método de automação *Record and Play*, que consiste em ações dos botões de gravação: *Play*, *Stop* e *Pause*. As ações do método se baseiam respectivamente em: Início da gravação das ações da tela, parada de gravação e pausa na gravação. Além de ser muito útil para testes de validação a ferramenta Badboy atribui o código fonte a *tags* HTML [Badboy 2018].

Segundo Sikuli (2018), o Sikuli é uma ferramenta que baseia-se em reconhecimento de imagem para realizar ações na tela do computador do usuário, como clicar, mover o mouse e digitar, entre outras ações, podendo assim ser utilizada para testar software independente da interface utilizada. O propósito do Sikuli, que é baseado na linguagem Jython (Java + Python), é poder testar qualquer aplicação que apresenta uma interface com o usuário. A linguagem Python pode ser utilizada para a criação da biblioteca, uma vez que apresenta uma linha de aprendizagem extensa e pode ser integrada ao ambiente. O foco do programa é o teste automatizado de software, comparada com as demais ferramentas do mesmo seguimento, o Sikuli possui singularidades consideráveis, as quais, tornam a ferramenta uma das únicas disponíveis que trabalha com o conceito de passos de imagem. Seus planos de teste são criados em sequências de *screenshots*, para que quando for salvo o *script* de teste, possa seguir a ordem em que as imagens foram selecionadas.

A Selenium IDE é baseada em métodos funcionais de teste, que são derivados de gravações na tela. A grande diferença do Selenium IDE com as demais ferramentas, é a sua instalação, pois ele é instalado como um *plugin* no navegador, diferente das outras

ferramentas que são instaladas nas máquinas. Uma das grandes vantagens do Selenium IDE é a possibilidade da realização de testes em qualquer navegador que tenha suporte ao *JavaScript* [SeleniumHQ 2018]. Segundo Galvão (2016), existem duas formas de gerar *scripts* para casos de teste previamente planejados na ferramenta Selenium IDE, a primeira é a gravação das ações efetuadas na interface da aplicação, também conhecida como método *Record and Replay*. Outra maneira é a inclusão dos *script* diretamente na ferramenta pelo testador, para isso, é necessário inserir os mesmos métodos que são acessados no momento em que o usuário realiza a execução na página. Para a execução do *Script* basta acionar o *Play* da ferramenta Selenium IDE.

2.3. Trabalhos Relacionados

Dois trabalhos foram considerados relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa, o primeiro analisado foi “Uma avaliação de ferramentas para testes em sistemas de informação móveis baseada no método *dmadv*”. Este artigo apresentou uma avaliação sobre as principais ferramentas de teste para sistemas de informação móveis baseado na metodologia *Six Sigma*¹ utilizando o método *DMADV*². O trabalho objetivou facilitar o aumento do giro de lançamento de novos produtos da empresa no mercado. Com o método *DMADV* e os aspectos divulgados no trabalho, foi possível comparar determinadas ferramentas de testes para aplicações móveis.

Na avaliação foram usados vários critérios, sendo oito próprios para aplicações móveis. Neste processo utilizaram-se ferramentas gratuitas de teste de sistemas de informações. Os resultados indicaram que as ferramentas cumpriram os critérios selecionados, para analisá-las selecionaram-se os dispositivos *Robolectric*, *Scirocco* e *Robotium*. “Contudo, a avaliação também revelou que boa parte dos critérios não são atendidos pelas ferramentas atuais e que somente uma combinação das ferramentas possibilita uma cobertura maior das necessidades dos testadores, uma limitação deste trabalho foi à não execução de todas as fases do método *DMADV*” [Santos et. al 2016, p.563).

O segundo trabalho relacionado teve como base de teste as ferramentas *DB Stress*³ e *JMeter*⁴. A ferramenta *DB Stress*, segundo avaliação realizada pode ser indicada para empresas que trabalham com grande quantidade de dados, altos volumes de informação, e também serve para administradores de banco de dados, devido às vantagens de possuir vários mecanismos de configuração, simulação de teste com usuários em tarefas diferentes e também as funcionalidades que ajudam a analisar os resultados dos testes executados.

A ferramenta *JMeter* (aplicação de código aberto e multiplataforma) apresenta funcionalidades para testar aplicações na WEB. Como desvantagem permite avaliar os resultados apenas através de gráficos, diante disto pode-se indicar esta ferramenta aos desenvolvedores para realização de teste de carga, desempenho e stress. Com o aumento da acurácia nos acertos o *JMeter* é uma das ferramentas com o maior número de downloads na página oficial de programas do apache⁵ [Pierazo et. al 2013].

1"Seis Sigma – abordagem desenvolvida para aumentar a qualidade e, conseqüentemente, a rentabilidade das empresas.

2"DMADV: Definir (Define), Medir (Measure), Analisar (Analyse), Desenhar (Design) e Verificar (Verify).

3"DTM DB Stress, database stress testing software, product overview."
<http://www.sqledit.com/stress/software.html>.

4"Apache JMeter - Apache JMeter™." <http://jmeter.apache.org/>.

5"Welcome to The Apache Software Foundation!." <https://www.apache.org/>.

3. Modelos e Métodos

Nesta seção são descritos os modelos e métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente foi proposto o desenvolvimento de uma aplicação web, que persiste registros em um banco de dados e exibe os registros na tela do sistema, juntamente com o controle de permissões. Esta aplicação web serviu de ambiente de teste para as ferramentas analisadas neste artigo. Faria (2015) define aplicações WEB como um serviço independente de hardware, ou seja, sites ou sistemas onde parte do desenvolvimento fica hospedado em um servidor na nuvem, assim, o cliente necessita somente um navegador compatível para rodar aplicação.

O sistema desenvolvido como ambiente de testes é um portal de notícias e cadastro de usuários. Este apresenta interações com recursos de textos, imagens, vídeos, download, segurança de informação e interação com API. Na etapa de análise e projeto do sistema foram criados diagramas de casos de uso com as respectivas documentações e diagramas de classes, explicitando a composição dos requisitos para o software em questão.

A implementação foi realizada por meio da IDE NetBeans em ambiente Windows. Java foi a linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento da camada de modelo do sistema, que dentro das especificações JavaEE, foi implantado o componente JavaServerFaces (JSF) que foi usado para desenvolver a parte Web. Também foi utilizado o *Framework PrimeFaces*, o CSS e o Java JSF.

Posteriormente foram criados os casos de testes, que podem ser escritos em forma de documento texto, onde o testador fará as classificações dos passos a serem seguidos, declarando os valores e nomes de variáveis que possivelmente serão transferidas no teste. A Tabela 1 apresenta o caso de teste “CRUD Usuários”.

Tabela 1. Caso de Teste CRUD Usuários

Objetivo do teste:	Garantir que os registros do sistema possam ser persistidos, alterados e excluídos com sucesso.
Pré-condições:	Ser Usuário e Administrador do sistema.
Prioridade:	Alta
Tipo de execução:	Automatizado
Passo 1:	Logar no sistema. Resultados Esperados: O login deve ser efetuado com sucesso.
Passo 2:	Clicar em “Cadastros”, “usuários” Resultados Esperados: Exibir listagens de usuários com os botões de edição.
Passo 3:	Clicar em “+ Novo” Resultados Esperados: O formulário de cadastros deve ser aberto ao usuário.
Passo 4:	Clicar em “Alterar” Resultados Esperados: O formulário de edição de cadastros deve ser aberto.
Passo 5:	Clicar em “Excluir” Resultados Esperados: O usuário deve ser excluído da base de dados.

Fonte: Do Autor 2018

A Tabela 1 expôs o caso de teste “CRUD Usuários” como exemplo de documentação em relação aos demais casos de teste de software do referido trabalho. Segundo Sommerville (2016) os casos de testes são classificações da documentação de teste, que permite aos testadores simular todas as rotas que deverão ser seguidas e implantadas para atingir o objetivo final do teste.

Em seguida foram realizados os testes na aplicação web utilizando as ferramentas de teste de software Badboy, Sikuli e Selenium IDE, com os casos de testes criados para este processo. Essas ferramentas foram escolhidas por permitirem automação de testes de software em sistemas web, e por serem *open source*. A documentação resultante foi utilizada para análise das ferramentas em questão.

4. Resultados

Após a finalização do desenvolvimento da plataforma de testes, foram aplicados casos de testes no padrão automatizado, com as três ferramentas utilizadas, seus resultados foram detalhados e estão descritos nas seções 4.1, 4.2 e 4.3. Para cada resultado dos testes executados foi atribuído um *status*, representando seu sucesso ou falha. A Tabela 2 apresenta a legenda com os *status* para os resultados dos testes de software.

Tabela 2. Legenda dos Status para os Resultados dos Testes de Software

Legenda	Significado
SUCCESS	Teste concluído sem erros
OK	Teste concluído, mas com algum tipo de erro
FAILED	Teste não concluído

Fonte: Do Autor 2018

4.1. Funcionalidades

Com base nos casos de uso “Buscar CEP”, “Listar Doadores”, “Efetuar Login” e “Efetuar Logout”, foram aplicados os testes especificados no caso de teste “Erro Login”, “Sucesso Login”, “Teste Logout” e “Listar Doadores”. A tabela 3 apresenta os resultados de cada uma das ferramentas em relação aos casos de testes citados anteriormente.

Tabela 3. Legendas dos Testes de Funcionalidades

	ErroLogin	SucessoLogin	TesteLogout	ListarDoadores
BadBoy	SUCCESS	SUCCESS	SUCCESS	FAILED
Selenium	SUCCESS	SUCCESS	SUCCESS	SUCCESS
Sikuli	OK	OK	SUCCESS	OK

Fonte: Do Autor 2018

Após a aplicação dos casos de teste, ao analisar a Tabela 3, pode-se constatar que a ferramenta Selenium IDE concluiu todos os casos de teste sem nem uma falha. A ferramenta Sikuli finalizou os casos de teste, porém com algum tipo de erro, os quais estavam relacionados a deficiência na automação dos testes pela parte gráfica da ferramenta para os casos de teste “ErroLogin” e “SucessoLogin”. Esses problemas foram resolvidos utilizando de as próprias funcionalidades da Sikuli. No caso de teste “ListarDoadores” o erro estava relacionado a uma passagem de parâmetro com tipo de dados diferente do esperado. A solução foi alterar o código do teste escrito na

ferramenta. A ferramenta BadBoy apresentou falha ao automatizar o caso de teste “Listar Doadores”, não reconhecendo a funcionalidade que foi implementada com a tecnologia Ajax, e não ofereceu recursos funcionais para tratar esse erro. Assim, o teste não foi completado. Os demais casos de teste foram finalizados com sucesso.

4.2. Tratamento com o Código

Nesta seção são avaliados os atributos gráficos de cada ferramenta, referente ao tratamento de um bloco automatizado manipulado diretamente no código. Nas três ferramentas o *script* gerado ao longo dos testes vai sendo replicado por ordem de criação. Para alterar determinada parte do *script* basta expandi-lo, então, cada uma das ferramentas gera o seu próprio tratamento de caso de teste. Para avaliar os métodos de tratamento de código de cada ferramenta foram aplicados os testes especificados nos casos de teste “Imprimir”, “Ordenar Registros” e “Buscar Nome”. Baseados nos casos de teste citados, a tabela 4 expõe os resultados da execução dos testes referentes ao tratamento de código.

Tabela 4. Legenda dos Testes de Tratamento de Código

	OrdenarRegistros	BuscarNome	Imprimir
BadBoy	SUCCESS	SUCCESS	FAILED
Selenium	SUCCESS	SUCCESS	SUCCESS
Sikuli	SUCCESS	SUCCESS	FAILED

Fonte: Do Autor 2018

Com base na Tabela 4, percebe-se que após a aplicação dos casos de teste, as três ferramentas concluíram os casos de teste “Ordenar Registros” e “Buscar Nome” sem falhas. A ferramenta Selenium IDE concluiu com êxito todos os casos de teste declarados nesta sessão. Em contrapartida, as ferramentas BadBoy e Sikuli falharam na execução do caso de teste “Imprimir”. Pois as mesmas não disponibilizaram um código de tratamento para funcionalidades JSF que realizam a conexão com dispositivos externos, as quais implementam funções de downloads programadas na aplicação.

4.3. Tempos de execução

O desempenho de cada ferramenta foi avaliado ao aplicar os casos de teste “CRUD Usuários” e “Manutenção de Endereços”. Foram realizados comparativos entre os tempos obtidos em cada ferramenta ao realizarem os testes citados anteriormente. Também são comparados os tamanhos de cada arquivo de teste, quando o mesmo é finalizado. O teste ao ser salvo por uma ferramenta se transforma em um arquivo. Cada ferramenta testada neste trabalho gera um arquivo de teste de acordo com suas funcionalidades. Os tamanhos de arquivos de teste variam de cada ferramenta, pois o mesmo teste pode ter sido acrescentado passos adicionais, em relação a outro programa. Um arquivo de teste ao ser inicializado pela ferramenta que lhe construiu, contempla todas as funcionalidades salvas anteriormente no seu desenvolvimento. As ferramentas testadas no presente trabalho possuem características diferentes ao criarem um arquivo de teste, porém elas têm em comum um “log” de cronometragem, referente ao tempo de execução de um teste, através desta funcionalidade tornou-se possível compará-los entre si e descrever conclusões sobre os resultados obtidos, como mostram as tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5. Tempos de Execução e Tamanho dos Arquivos da Ferramenta BadBoy

BadBoy	CRUD Usuários	Manutenção Endereços
Status	OK	SUCCESS
Tempo	Inserir: 3902 (ms) Alterar: 4020 (ms) Excluir: 1502 (ms)	1133 (ms)
Tamanho	Inserir: 598,00 KB Alterar: 688,00 KB Excluir: 201,00 KB	116,00 KB

Fonte: Do Autor 2018

A Tabela 5 exibiu os tempos de execução da ferramenta BadBoy e o tamanho dos arquivos gerados ao executar o caso de teste “CRUD Usuários”, a ferramenta precisou carregar a página inteira antes de aplicar a sua automação. Isso influenciou diretamente na agilidade dos testes. Já a Tabela 6 retratou os tempos de execução e tamanhos dos arquivos resultantes da execução da ferramenta Sikuli.

Tabela 6. Tempos de Execução e Tamanho dos Arquivos da Ferramenta Sikuli

Sikuli	CRUD Usuários	Manutenção Endereços
Status	SUCCESS	OK
Tempo	Inserir:3121 (ms) Alterar:3500 (ms) Excluir: 1102 (ms)	1578 (ms)
Tamanho	Inserir:9,72 KB Alterar:7,64 KB Excluir: 15,7 KB	3,28 KB

Fonte: Do Autor 2018

Com base na tabela supracitada percebe-se que ao executar o caso de teste “Manutenção Endereços”, a ferramenta Sikuli apresentou erro parcial, esse erro é relativo a funcionalidade “*dragDrop*”, o segundo parâmetro não reconheceu o atributo como uma imagem. A solução foi editar o método persistindo um campo de imagem diferente. Na Tabela 7 estão retratados os resultados referentes a ferramenta Selenium IDE.

Tabela 7. Tempos de Execução e Tamanho dos Arquivos da Ferramenta Selenium IDE

Selenium	CRUD Usuários	Manutenção Endereços
Status	SUCCESS	SUCCESS
Tempo	Inserir:1900 (ms) Alterar:2124 (ms) Excluir: 603 (ms)	533 (ms)
Tamanho	Inserir:3,00 KB Alterar:3,91 KB Excluir: 1,10KB	1,00 KB

Fonte: Do Autor 2018

A ferramenta Selenium IDE finalizou com sucesso os casos de teste, além de

obter os melhores tempos no caso CRUD, produziu arquivos mais leves que as demais ferramentas.

5. Conclusões

Atualmente é imprescindível que o desenvolvimento de aplicações web seja amparado por testes de software, tanto pelas métricas manuais quanto automatizadas. O teste em geral permite ao desenvolvedor entregar um produto mais confiável e qualificado ao cliente. Porém quanto maior uma aplicação, mais tempo será necessário para ser testada. A aplicação de testes automatizados se torna muito importante nesse quesito. Uma vez que com o auxílio de uma ferramenta para automatizar um teste, o *script* gerado é salvo e disponibilizado para todas as ocorrências, iguais ou semelhantes que necessitam dos mesmos parâmetros em outro teste. Assim, o presente trabalho teve como objetivo o estudo comparativo entre as ferramentas de automação de testes de software Badboy, Sikuli e Selenium IDE. A partir de um sistema WEB proposto como ambiente de testes, foi possível identificar aspectos relevantes em cada uma das ferramentas. Vale ressaltar que todas as ferramentas comparadas neste estudo cumpriram com o objetivo de implementar os casos de testes no sistema WEB desenvolvido.

A ferramenta BadBoy demonstrou ser mais indicada para testes de validação, ao validar um formulário HTML por exemplo, a ferramenta é nativa de *tags* HTML o que facilita sua aplicação. Os pontos fracos da ferramenta BadBoy são as automações de grande porte, as quais necessitam agilidade, nesse sentido a ferramenta não demonstra grande utilidade.

Na ferramenta Sikuli foi notado um grande potencial de automação para sistemas de pequeno porte, visando que a mesma roda seus *scripts* de teste em velocidade satisfatória quando testada em pequenos sistemas para WEB.

A Selenium IDE obteve os melhores resultados entre as ferramentas testadas no presente trabalho, ela é recomendada para todo o tipo de automação em sistemas de pequeno e médio porte, e principalmente nos sistemas WEB que interagem com *JavaScript*.

Como trabalhos futuros, pode-se estender o estudo da ferramenta Sikuli, desenvolvendo uma interface acoplada a um navegador, onde suas funcionalidades iniciais estejam presentes e acrescentadas a um módulo de tratamento para linguagem HTML e Javascript, usando como base os testes de código da ferramenta Selenium IDE identificados neste trabalho.

Referências

- Badboy (2018) “Badboy Software”, <http://www.badboy.com.au/>, Agosto.
- Delamaro, M. E., Maldonado, J. C. e Jino, M. (2016) “Introdução ao Teste de Software”, 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Eliza, R. (2013) “Ferramentas de suporte ao Teste de Software”, <http://www.devmedia.com.br/ferramentas-de-suporte-ao-teste-de-software/28642>, Agosto.
- Faria, T. (2015) “Java EE 7 com JSF, PrimeFaces e CDI”, 2. ed. São Paulo:Editora USP.
- Galvão, G., Oliveira, M., C., Watanabe, W., M., Ribeiro, R., D. e Delazeri, B., R. (2016). Uso de Testes de Aceitação Automáticos no Desenvolvimento de Aplicação

- Web com o uso de Integração Contínua para Controle de Estacionamento. In Sulcomp – Congresso Sul Brasileiro de Computação, V.8. ISSN 2359-2656.
- Paula Filho, W. (2009) “Engenharia de Software: fundamentos, métodos e padrões”, 3. ed. Rio de Janeiro, RJ:LTC.
- Pierazo, C., Rodrigues, L. e Soares, H. (2013) “Análise Comparativa de Ferramentas de Teste para Aplicações em Banco de Dados”, <http://www.computacao.unitri.edu.br/erac/index.php/e-rac/article/download/121/155>. Abril.
- Pressman, R. S. (2011) “Engenharia de Software – Uma Bordagem Profissional”, 7. ed. Amgh Editora.
- Rios, E., Moreira filho, T. (2013) “Teste de Software”, 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Atla Books.
- Santos, I., Bezerra, C., Monteiro, G., Araújo, I. e Oliveira, T. (2016) “Uma Avaliação de Ferramentas para Testes em Sistemas de Informação Móveis baseada no Método DMADV”, <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2013/0051.pdf>. Março.
- SeleniumHQ (2018) “SeleniumHQ Browser Automation – What is Selenium”, <https://www.seleniumhq.org/projects/ide/>, Março.
- Sikuli (2018) “Sikuli Script”, <http://www.sikuli.org/>, Julho.
- Sommerville, I. (2016) “Software Engineering”, 10. ed. Harlow: Pearson.
- Sommerville, I. (2011) “Engenharia de software”, 9. ed. São Paulo: Editora PEB.

Usabilidade de software aplicado à terceira idade: Implementação de um estudo de caso.

Silvana Lurdes Maschio, José Antônio Oliveira de Figueiredo, Vanessa Lago Machado

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL)
Câmpus Passo Fundo
Estrada Perimetral Leste, 150 - Passo Fundo - RS - Brasil
CEP: 99064-440

{silvana.maschio,jose.figueiredo,vanessa.machado}@passofundo.ifsul.edu.br

***Abstract.** This article is based on the conception and prototyping of a software usability model applied to the elderly, focusing on modeling and changing a profile according to the type of user, facilitating the digital access and inclusion of the elderly. In this sense, the software layout adapts according to user preferences, in which the user profile is defined by choosing the type, color and size of the letter, such configuration is loaded in all accesses of the user. After the development of said software, tests were carried out to evaluate its real use. In this context, it was concluded that the development of specific applications for the elderly is big importance.*

***Resumo.** O presente artigo baseia-se na concepção e prototipagem de um modelo usabilidade de software aplicado à terceira idade, com foco na modelagem e alteração de um perfil de acordo com o tipo de usuário, facilitando o acesso e inclusão digital dos idosos. Nesse sentido, o layout do software se adapta de acordo com as preferências do usuário, em que o perfil do usuário é definido por meio da escolha do tipo, cor e tamanho da letra, tal configuração é carregada em todos os acessos do usuário. Após o desenvolvimento do referido software, foram realizados testes para avaliar seu uso real. Nesse contexto, concluiu-se que é de grande importância o desenvolvimento de aplicações específicas para a terceira idade.*

1. Introdução

Tendo em vista que, atualmente, as aplicações tecnológicas são usadas e gerenciadas por pessoas de diferentes áreas e idades, permitindo a criação de contextos específicos para cada tipo de usuário, auxiliando na garantia da usabilidade. O mercado para esses *softwares* vem crescendo e se tornando cada vez mais lucrativo e promissor, impulsionando o desenvolvimento de programas que apresentam esse diferencial, atendendo, assim, a um número maior de clientes.

A Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003, dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências. A referida lei determina os direitos do idoso, conforme seu artigo 3º, como “[...] a efetivação do direito à vida, à saúde, à alimentação, à educação, à

cultura, ao esporte, ao lazer, ao trabalho, à cidadania, à liberdade, à dignidade, ao respeito e à convivência familiar e comunitária.”, os quais devem ser assegurados pela sociedade (BRASIL, 2003).

Percebe-se a necessidade de criação de aplicações para atender a demanda específica para idosos, uma vez que esses estão, gradativamente, sendo inseridos digitalmente. No entanto, dada a falta de recursos adequados às suas particularidades, esse público ainda sofre para se adaptar e acaba por ter seus direitos violados, culminando na resistência ao aprendizado, muitas vezes desistindo de utilizar determinado programa.

Nesse sentido, verifica-se que alguns sistemas até oferecem opções de usabilidade para terceira idade, porém em cada acesso o mesmo necessita fazer a ajustagem do sistema de acordo com suas necessidades (como é o caso do Website Acessibilidade Legal¹). Armazenar essas informações e carregá-las sempre que o usuário necessitar utilizar a aplicação é uma excelente iniciativa para promover a inclusão digital e a independência tecnológica, pois evita que o idoso precise refazer as suas escolhas a cada acesso ao sistema.

A partir dessa problemática, o presente trabalho possui como objetivo o desenvolvimento de um modelo de aplicação com interface amigável, que motive o idoso a utilizá-lo, buscando respeitar as especificidades dessa faixa etária, bem como suas limitações físicas e psicológicas, além de armazenar o perfil definido pelo usuário. O trabalho apresentado neste artigo poderá nortear futuros *softwares*, aderentes à usabilidade e que também tenham como objetivo minimizar a exclusão digital na terceira idade.

Para seu desenvolvimento, fez-se necessário pesquisar a usabilidade na terceira idade, bem como definir as demandas dos idosos e os requisitos para atendê-las e modelar um perfil de usuário a partir dos requisitos, projetando uma aplicação contendo usabilidade, validando e testando o programa. As demais seções do artigo apresentam: a descrição do estudo de caso; e, os resultados alcançados a partir dos testes efetuados.

2. Referencial Teórico

Nesta seção serão apresentados os referenciais teóricos que serviram de base para o desenvolvimento do artigo.

2.1. Terceira idade e a informática

Embora seja tratado como processo natural, o envelhecimento não acontece homogeneamente. Portanto, o idoso, quando vislumbrado como um ser único, deve ser percebido em sua totalidade e complexidade e não pela representação conjunta dos idosos (CEOLIM E CINTRA, 2000).

Segundo Nanni (2008), por meio do conhecimento da informática, o idoso pode retomar, já aposentado, à atividade profissional, além de propiciar ao indivíduo entretenimento e cultura. Contudo, para permitir que a internet esteja disponível aos usuários da terceira idade, é necessário que equipamentos especializados estejam

¹ <http://www.acessibilidadelegal.com/>

disponíveis, pois, nesta faixa etária, é comum que o idoso se depare com dificuldades no que tange ao uso de computadores (NUNES, 2002).

Estudos apresentaram resultados positivos na aprendizagem e no domínio do computador por idosos, permitindo maior conexão com o mundo tecnológico, reduzindo, assim, a apreensão ao uso da máquina, e ganhando confiança em virtude dos conhecimentos adquiridos (BALDI, 1997). Ainda, constata-se que o domínio de uma nova habilidade influencia no aumento da autoestima, pois permite ao idoso apropriar-se de conhecimentos, ampliando seu universo de oportunidades e conscientização, trazendo significado a sua existência por meio da aprendizagem (LITTO, 1996).

2.1. Usabilidade Aplicada à Terceira Idade

Segundo Amstel (2005), usabilidade é definida como sinônimo de facilidade de uso, ou seja, se um produto é fácil de usar, o usuário obtém maior produtividade: comete menos erro, memoriza as operações e aprende mais rápido a usar. Conforme Nielsen (2002), uma interface baseada na usabilidade pode ser determinada pelo design de uma ferramenta relacionando-se com o usuário e com as tarefas a serem executadas e ao ambiente em que esta é contextualizada.

Ainda, ao referenciar-se a usuários com necessidades específicas, cada especificidade necessita de determinado ajuste para que o usuário possa ter uma boa usabilidade do sistema, nesse contexto, verifica-se que em casos de baixa visão dos usuários, deverão ser criados botões de tamanho grande, com palavras simples e com formato de figuras geométricas básicas. As cores utilizadas serão as que proporcionem maior clareza (BELO, 2012).

Sales (2002) destaca que o *National Institute on Aging* e o *National Library of Medicine* desenvolveram um *checklist* com o objetivo de auxiliar desenvolvedores a verificar a conformidade de páginas web às recomendações ergonômicas específicas de acessibilidade para usuários idosos. Por meio do referido estudo, observou-se que os *softwares* que seguiam o *checklist* no desenvolvimento de interfaces promoviam facilidade na interação por parte dos idosos ao acessá-los, conduzindo-os a um excelente estado de autonomia e independência, resultando em motivação e direcionando-os a uma inclusão no mundo virtual.

Segundo o autor, para compor o *checklist*, foram utilizadas recomendações selecionadas no que se refere às perspectivas sociais, ou seja, considera a capacidade sensorial e funcional do usuário. Na avaliação foram considerados critérios ergonômicos, sendo que, para cada um deles, era aplicada uma questão. Caso a resposta fosse afirmativa, o critério era atendido; caso contrário, avaliava-se uma forma de atendê-lo, a fim de proporcionar usabilidade à terceira idade. Além da referida questão, também era aplicado para cada critério, à informação da sua relevância no contexto dos idosos.

3. Estudo de Caso

Dentre as limitações e dificuldades apresentadas pelos idosos e que necessitam atenção quando se propõe o desenvolvimento de qualquer projeto pensado na terceira idade, optou-se em trabalhar focando duas delas: baixa visão e dificuldade de entendimento de interfaces por conta da poluição visual.

3.1. Definição geral da aplicação

Assim, no presente trabalho é realizado a implementação de um modelo de usabilidade de *software* aplicado à terceira idade, no qual é realizado as adequações para cada usuário, de forma personalizada. Desse modo, a aplicação não tem uma finalidade específica, sendo apenas criada para possibilitar a apresentação do resultado da modelagem do perfil de quem acessou, a partir das características escolhidas e que evidenciam sua preferência. Trata-se, portanto, da tela inicial de um sistema de envio/troca de mensagens que terá como única finalidade demonstrar os resultados das escolhas dos idosos. Assim, uma ideia geral do programa pode ser visualizada no fluxograma representado na Figura 1.

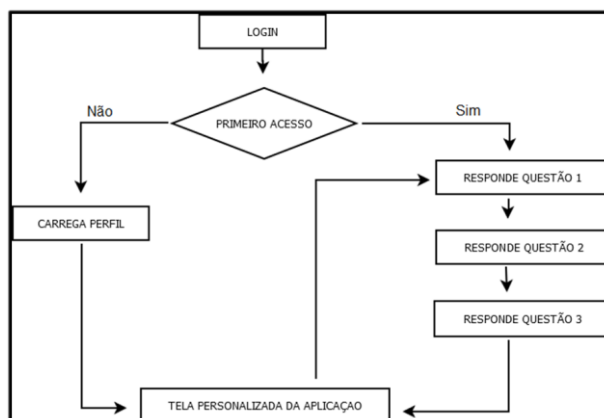


Figura 1 - Fluxograma demonstrando a ideia geral da aplicação para ajuste de perfil

Inicialmente, o usuário realiza o login no sistema. Se for seu primeiro acesso, ele é direcionado para três telas com perguntas, sendo que cada resposta é armazenada em um banco de dados. No banco de dados é criada uma tabela responsável por guardar as informações de cada usuário. Essas respostas formam o perfil de quem acessou.

Depois de realizado o questionário, a tela personalizada da aplicação é carregada, a qual apresenta as características escolhidas pelo usuário. Nessa página, ele tem a opção de alterar o seu perfil, retornando às questões, tal processo pode ser realizado quantas vezes julgar necessário, até obter a aparência que mais lhe agrade.

Para desenvolver a aplicação, foi utilizada a ferramenta Netbeans. Para armazenar as informações dos usuários foi utilizado o sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL. As definições de estilo das telas do sistema foram feitas a partir da linguagem de folha de estilo CSS3 que permite definir especificações de aparência no HTML5, utilizado no projeto.

Em relação aos testes realizados junto aos idosos foi utilizado um notebook com tela grande e um mouse acoplado. A opção do mouse foi feita pensando que, para disparar determinada ação, faz-se necessário clicar no referido periférico, evitando, assim, que idosos não familiarizados com telas do tipo *touchpad* acabassem por realizar ações imprevistas ou indesejáveis.

3.2. Modelagem do Perfil

A modelagem do perfil segue uma sequência simples de passos, em que o próprio usuário escolhe quais apresentações são mais bem visualizadas ou compreendidas. O fluxograma da Figura 1 mostra essa sequência, em que ao acessar a primeira vez o sistema ou quando o usuário desejar alterar seu perfil, ele é direcionado a três páginas com perguntas que oferecem tipos e tamanhos diferentes de fontes e opções de cores.

A primeira página, referente à primeira questão, corresponde ao tipo de fonte, como pode ser visto na Figura 2. Nela o idoso seleciona o tipo de fonte que lhe ofereça melhor legibilidade, ou seja, facilidade de leitura, no que diz respeito à fluência e reconhecimento de letras, palavras, parágrafos e frases.

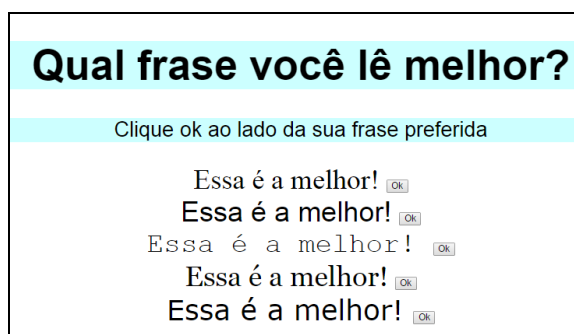


Figura 2 - Tela contendo a pergunta sobre qual o tipo de fonte que é melhor visualizada.

Na sequência, o usuário é direcionado para as demais páginas de perguntas, na qual é convidado a escolher seu tamanho e cor de fonte. A configuração do tamanho da fonte facilita a leitura do texto, evitando esforços para reconhecer determinada letra ou distorções em função de tamanho excessivo. A configuração das cores facilita a leitura e auxilia os usuários com sensibilidade à luz e outras características, influenciando diretamente na qualidade da apresentação das informações transmitidas, além de ser um dos elementos mais importantes ao se trabalhar no quesito de usabilidade.

Após responder a última questão, o usuário completa a modelagem do seu perfil, finaliza seu cadastro no sistema e visualiza a tela personalizada da aplicação, com a aparência pré-definida, a qual pode ser vista na Figura 3, considerando que as opções do usuário foram, nesse caso, fonte do tipo "Arial", com tamanho de 25px e na cor azul.

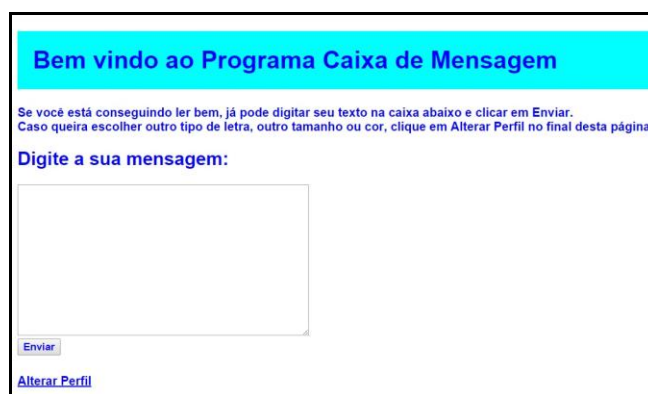


Figura 3 - Tela Final da Aplicação

Nos demais acessos ao sistema o usuário é direcionado diretamente ao sistema com a configuração definida para seu perfil, podendo, se assim quiser, alterar as suas preferências, clicando no link “Alterar Perfil”.

3.3. Avaliação dos resultados e apontamentos

Com o objetivo de avaliar o sistema, foi realizado um teste com 15 pessoas, com idade entre 65 a 79 anos. A proposta foi que as mesmas acessassem a aplicação e a utilizassem de forma independente, ou seja, sem a ajuda de terceiros. De maneira geral, todos os usuários conseguiram acessar o sistema, embora três deles (20% dos participantes) precisaram de ajuda inicial para utilizá-lo, principalmente em função de não ter conhecimento da tecnologia ou por desconhecer o funcionamento do *software*.

Foi possível observar que, para os idosos, a insegurança no uso de tecnologias é uma constante, no entanto, com várias repetições, segurança e tranquilidade vão aparecendo, confirmando a suposição de que, se o sistema é de fácil utilização, vai se construindo um contexto que aproxima e não repele o idoso a utilizá-lo.

Os usuários que já tinham certo conhecimento e mais facilidade julgaram a aplicação simples e fácil de manipular, demonstrando grande aprovação na utilização, principalmente pelo fato de terem suas preferências já atendidas ao acessar o sistema.

4. Considerações Finais

O modelo desenvolvido neste trabalho visa atender a uma demanda emergente, possibilitando aos idosos o acesso adequado a aplicações Web, garantindo seus direitos, com ênfase na convivência comunitária. O modelo desenvolvido apresenta como diferencial a criação de contexto individual, com o armazenamento do perfil definido pelo usuário, em relação à maneira atual de dar acessibilidade aos sistemas *online*.

Dessa forma foi desenvolvido um modelo que pode facilmente ser seguido para a criação de aplicações voltadas ao idoso. Ainda, tendo em vista os resultados positivos obtidos por intermédio dos testes realizados junto aos idosos, considera-se que o projeto atingiu seu objetivo.

Trabalhar a usabilidade na terceira idade é relativamente fácil. O desafio maior, porém, é assistir a todas as pessoas, atentar ao que cada indivíduo necessita e promover a inclusão digital. Destaca-se que este modelo proposto, na visão de desenvolvedores, é relativamente simples. Porém, as limitações a serem trabalhadas são inúmeras e as soluções são diversas. Dessa forma, é de suma importância que se pense menos em apenas desenvolver *softwares* para venda e mais em humanizá-los.

Assim, como trabalho futuro pretende-se ampliar o modelo desenvolvido para atender a outras limitações que abrangem o idoso, além disso, deseja-se propor uma *Application Programming Interface* (API) com a implementação de tal modelo, possibilitando sua inserção em sistemas web já desenvolvidos, ou em desenvolvimento.

Referências

Amstel, Frederico Van. (2005). “Afiml, o que é usabilidade?”
http://www.usabilidoido.com.br/afiml_o_que_e_usabilidade.html, dez. 2017.

- Baldi, R. A. (1997). Training older adults to use the computer: Issues related to the workplace, attitudes, and training. *Educational Gerontology: An International Quarterly*, 23(5), 453-465.
- Belo, Carlos José. (2012). “Projeto de Website: usabilidade – cores e ícones”, <http://www.professionaisti.com.br/2012/11/projeto-de-website-usabilidade-cores-e-icoes>, out. 2017.
- Brasil (2003). Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências, Brasília, DF, out 2003.
- Ceolim, M. F., & Cintra, F. A. (2000). Implantação do Grupo de Atenção à Saúde do Idoso (GRASI) no Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (SP): relato de experiência. *Revista Latino-americana de Enfermagem*, 8(5), 85-90.
- Litto, F. M. (1996). Repensando a educação em função de mudanças sociais e tecnológicas recentes. *Informática em Psicopedagogia*. São Paulo: Editora SENAC, São Paulo.
- Nanni, Daniela. (2008). “Idosos na internet: adeus à info-exclusão”, <https://claudinhasimao.wordpress.com/2008/06/02/idosos-na-internet-adeus-a-info-exclusao>, mai. 2017.
- Nielsen, Jakob. (2002). Usabilidade na Web.
- Nunes, S. S. (2002). A acessibilidade na Internet no contexto da sociedade da informação. Porto: Universidade do Porto.
- Sales, M. B. D. (2002). Desenvolvimento de um checklist para a avaliação de acessibilidade da Web para usuários idosos.