

# XIII Encontro Anual de Computação - EnAComp 2017

24 a 26 de maio de 2017 - Catalão - GO - Brasil

[www.enacomp.com.br](http://www.enacomp.com.br)



# enacomp

**ISSN: 2178-6992**



**UFG**  
UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE GOIÁS

**Regional  
Catalão**

**DCC**

Departamento de Ciência  
da Computação

**CEC**

Coordenação de  
Extensão e Cultura



**FAPEG**  
Fundação de Amparo à Pesquisa  
do Estado de Goiás

**SBC**  
Sociedade Brasileira  
de Computação



**Anais do  
XIII Encontro Anual de Computação  
EnAComp 2017**

*24 a 26 de maio de 2017*

*Catalão - GO - Brasil*

**Universidade Federal de Goiás - UFG**

**ISSN 2178-6992**

**Publishers**  
**Núbia Rosa da Silva**  
**Luanna Lopes Lobato**



# Comitê Organizador

<b>Coordenação:</b>	Núbia Rosa da Silva	IBiotec/UFG
<b>Vice-coordenação:</b>	Márcio Antônio Duarte	IBiotec/UFG
	Dalton Matsuo Tavares	IBiotec/UFG
	Dayse Silveira de Almeida	IBiotec/UFG
	Douglas Farias Cordeiro	FIC/UFG
	Flávia Gonçalves Fernandes	IBiotec/UFG
	Geraldo Sadoyama Leal	IBiotec/UFG
	Luanna Lopes Lobato	IBiotec/UFG
	Márcio de Souza Dias	IBiotec/UFG
	Marcos Aurélio Batista	IBiotec/UFG
	Sérgio Francisco da Silva	IBiotec/UFG
	Tércio Alberto dos Santos Filho	IBiotec/UFG
	Thiago Jabur Bittar	IBiotec/UFG

<b>Suporte técnico</b>		
Adriano Lopes Leão da Silva		UFG
Alana Costa Machado		UFG
Allan Leite Peres		UFG
Ana Paula Soengas Rabelo de Moraes		UFG
Daniel Augusto da Neves Carrijo		UFG
Dhalton de Paulo Marcelino		UFG
Dimas Antônio Rosa Júnior		UFG
Fábio Lucas de Almeida		UFG
Fernando Canedo de Souza		UFG
Gabriel Peres Leopoldino		UFG
Hallefy Ferreira Clariano		UFG
Ivo Palheta Mendes		UFG
Kelvyn Lucas da Silva		UFG
Larissa Pereira Carneiro dos Santos		UFG
Lucas Gonçalves Silva		UFG
Lucas Mesquita Borges		UFG
Luiz Eduardo Costa da Mota Leite		UFG
Jhonatan de Carvalho		UFG
Maicon de Jesus Lima		UFG
Marcos Misael		UFG
Mario Victor de jesus Santana Sousa		UFG
Melque Henrique de Lemes de Castro		UFG
Olávio Gonçalves de Almeida		UFG
Patricia Duarte da Silva		UFG
Paulo Henrique Silva Azevedo		UFG
Roger Jhonson de Almeida Mesquita		UFG
Vitor do Vale Bernardo		UFG
Wagner Silva Filho		UFG
Washington Machado Fernandes		UFG



# Comitê Científico

Acrílio José Nascimento Júnior	IBiotec/UFG
Antônio Carlos de Oliveira Junior	INF/UFG
Bruno de Souza Monteiro	UFERSA
Celso Augusto Raposo Lisboa Brennand	DCC/UFRPE
Christiane Borges Santos	IFG
Cristiane de Fátima dos Santos Cardoso	IFGO
Dalton Matsuo Tavares	IBiotec/UFG
Douglas Daniel Del Frari	Devry FAFICA
Ednaldo Dilorenzo de Souza Filho	IFPB
Einar César Santos	UFU
Fernando Antônio Asevedo Nóbrega	ICMC/USP
Gláucya Carreiro Boechat	UFBA
Gleibson Rodrigo Silva de Oliveira	Pólo Tecnológico do Recife
Hercílio de Medeiros Sousa	UFPB
Iuri Santos Souza	UFBA
Ivan do Carmo Machado	UFBA
Ivan Sendin	FACOM/UFU
Ivonei Freitas da Silva	DCC/UNIOESTE
Iwens Sene Júnior	INF/UFG
Jeneffer Cristine Ferreira	UFRPE
Jonatas Bastos	Info/IFBA
Juliana de Albuquerque Gonçalves Saraiva	UFPB
Júnior César de Lima	IFGO
Kádna Maria Alves Camboim Vale	UFRPE
Larissa Rocha Soares	DCC/UFBA
Leandro Agostini do Amaral	ICMC/USP
Leonardo Fernandes Mendonça de Oliveira	UFRPE
Leandro Marques do Nascimento	UFRPE
Liliane do Nascimento Vale	IBiotec/UFG
Luanna Lopes Lobato	IBiotec/UFG
Luiz Fernando Elias Martinez	UFG
Marcílio Ferreira de Souza Júnior	IFAL
Márcio Antônio Duarte	IBiotec/UFG
Márcio de Souza Dias	IBiotec/UFG
Marcos Aurélio Batista	IBiotec/UFG
Nádia Félix Felipe da Silva	INF/UFG
Núbia Rosa da Silva	IBiotec/UFG
Rafael de Amorim Silva	IC/UFAL
Rafael Serapilha Durelli	UFLA
Raphael Pereira de Oliveira	IFS
Renata Maria de Souza	IFBA
Renata Teles Moreira	SWQuality Consultoria e Sistemas

Rhavy Maia Guedes	IFE
Robson Eduardo de Grande	NSERC DIVA Strategic Research Network
Rodrigo Rocha Gomes e Souza	UFBA
Sérgio Francisco da Silva	IBiotec/UFG
Simone Silveira Amorim	DCC/UFBA
Sofia Larissa da Costa	ICMC/USP
Tercio Alberto Santos Filho	IBiotec/UFG
Thiago Souto Mendes	IFBA
Thiago Jabur Bittar	IBiotec/UFG
Ulysses Roberto Chaves Vitor	IFPE
Valdemar Vicente Graciano Neto	INF/UFG
Vaston Gonçalves da Costa	UFG
Wesley Barbosa Thereza	DC/UNEMAT
Wyliams Barbosa Santos	UPE

# Agradecimento

O XIII Encontro Anual de Computação - EnAComp 2017 cordialmente agradece a FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás) pelo financiamento do EnAComp 2017.



# Sumário

<b>Apresentações orais</b>	<b>13</b>
<b>Diego da Costa do Couto, Ádamo Lima de Santana</b> <i>Análise dos problemas da evasão e Retenção: Uma abordagem através de mineração de dados educacionais</i>	<b>13</b>
<b>Flávia Gonçalves Fernandes, João Ludovico Maximiano Barbosa</b> <i>Automação residencial aplicada para pessoas com limitação motora</i>	<b>21</b>
<b>Flávia Gonçalves Fernandes, João Ludovico Maximiano Barbosa</b> <i>Classificação de imagens por meio de extração e seleção de atributos</i>	<b>29</b>
<b>Flávia Gonçalves Fernandes, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Revertón Gustavo De Queiroz Silva, Caroline Araújo Marquez Valentini, Alexandre Cardoso, Renato Aquino Lopes</b> <i>Jogos aplicados para pessoas com limitação motora utilizando o dispositivo vestível Myo</i>	<b>37</b>
<b>Francirley Resendes Borges Costa</b> <i>Regressão linear aplicada na predição de fuzzy time series e auxílio de tendência em conjuntos nebulosos</i>	<b>45</b>
<b>Francirley Resendes Borges Costa, José Robson Mariano Alves</b> <i>Implementação de algoritmo NSGA-III com operador de estimativa de distribuição</i>	<b>53</b>
<b>Hallefy Ferreira Clariano, Erly de Araújo Lima Filho, Thiask Alves dos Santos, Thiago Jabur Bittar, Luanna Lopes Lobato</b> <i>Desenvolvimento de um aplicativo mobile para a Universidade Federal de Goiás</i>	<b>61</b>
<b>Halyson Rezende Nery, Luiz Alexandre de Sousa Freitas, Mateus Augusto Sousa Pereira, Ana Maria Martins Carvalho</b> <i>Teste de performance em tecnologias de armazenamento de dados no client-side Web com abordagem ao Offline First</i>	<b>69</b>
<b>Jackson Alves Rodrigues, Ana Maria Martins Carvalho, Lucas Souza Montanheiro</b> <i>Análise da vulnerabilidade XSS em Aplicações Web</i>	<b>76</b>
<b>Joel P. Oliveira, Marly G. F. Costa, Cícero F. F. Costa Filho</b> <i>Detecção de áreas desmatadas utilizando redes neurais artificiais associados a métodos para melhoria da generalização</i>	<b>84</b>
<b>Kleber Zuza Nobrega, Edeilson Pereira Pestana</b> <i>Desenvolvimento de uma nova ferramenta computacional para auxílio na pesquisa acadêmica avançada</i>	<b>92</b>
<b>Maximiliano N. Biscaia, Cristhof J. R. Runge, André Angellis, André Leon S. Grad-vohl</b> <i>Utilização de ambiente de alto desempenho para simulação de sistemas de comunicação utilizando linguagem JAVA</i>	<b>100</b>

<b>Naiane Maria de Sousa<sup>1</sup>, Gabriel da Silva Vieira</b>		
<i>Produzindo mapa de profundidade esparso com câmera monocular</i>		<b>107</b>
<b>Patrícia C. Andrade, Sílvio L. Vieira</b>		
<i>Algoritmo computacional para monitoramento interno da temperatura em materiais via um sistema de termometria por ultrassom</i>		<b>115</b>
<b>Tarcísio R. Júnior, Diego F. Pereira, Mônica S. Pais, Cristiane F. S. Cardoso</b>		
<i>Aplicação do algoritmo K-Means na segmentação de cobertura vegetal em imagens de satélite</i>		<b>123</b>
<b>Thiago de Jesus dos Santos, Jose Augusto de Castro Machado, Ms. Jorcivan S. Ramos</b>		
<i>Realidade aumentada como método de aprendizagem</i>		<b>131</b>
<b>Welker Arantes Ferreira, Marcel da Silva Melo</b>		
<i>Desenvolvimento de aplicações multiplataforma usando Javascript: Uma análise prática</i>		<b>138</b>
<b>Apresentações pôsteres</b>		<b>146</b>
<b>Ana Cláudia B. Rezende, Sílvio L. Vieira</b>		
<i>Método da birrefringência acústica para avaliação de anisotropia em materiais</i>		<b>146</b>
<b>Antônio. A. Santos, Henrique J. Q. de Oliveira, José da S. Azanha Neto, Débora V. Canne</b>		
<i>Modelo para disponibilização do prontuário eletrônico único do paciente em dispositivos móveis</i>		<b>154</b>
<b>Aryel Evelin Vieira Garcia, Rodrigo Elias Francisco</b>		
<i>Gestão de processos: Alinhamento estratégico entre TI e negócio com BPMN</i>		<b>162</b>
<b>Eliane Barros Carneiro, Brunna Caroline do Carmo Mourão, Thatiane de Oliveira Rosa, Erna Augusta Denzin</b>		
<i>Validação de um aplicativo para salão de beleza utilizando a metodologia Startup Weekend</i>		<b>170</b>
<b>João Ludovico Maximiano Barbosa , Valterson Balduino Romes Filho, Flávia Gonçalves Fernandes, Saulo De Moraes Garcia Júnior</b>		
<i>Simulação de semáforo de automóveis e pedestres para aprendizagem escolar utilizando arduino</i>		<b>178</b>
<b>Lucas Souza Montanheiro, Ana Maria Martins Carvalho, Jackson Alves Rodrigues</b>		
<i>Utilização de JSON Web Token na autenticação de usuários em APIs REST</i>		<b>186</b>
<b>Luiz Alexandre de S. Freitas, Fernando Barbosa Matos, Paulo Eduardo Nogueira</b>		
<i>Estudo experimental sobre paralelismo na linguagem Go usando Goroutines</i>		<b>194</b>
<b>Melque Henrique Lemes de Castro, Luanna Lopes Lobato, Thiago Jabur Bittar</b>		
<i>Desenvolvimento de um aplicativo para solicitação e acompanhamento de manutenção em Instituição</i>		<b>202</b>

# Análise dos problemas da Evasão e Retenção: Uma abordagem através de Mineração de Dados Educacionais

Diego da Costa do Couto, Ádamo Lima de Santana

<sup>1</sup>Laboratório de Inteligência Computacional e Pesquisa Operacional (LINC)

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Caixa Postal 479 – 66.075-110 – Belém – PA – Brasil

{diegocouto, adamo}@ufpa.br

**Abstract.** This paper applies classification algorithms in a large database with the purpose of diagnosing the causes of two problems faced in Brazilian universities, college dropout and retention. The accuracies of many algorithms were measured with a focus on verifying the ability to correctly classify available instances. Results showed that the Bayesian Network method reached an overall precision approximately 86 % and it is considered a very satisfactory solution for the discovery and representation of knowledge about academic performance of undergraduate students, especially those who are willing to give up or extrapolate the deadline for completing to the course.

**Resumo.** Este artigo aplica algoritmos de classificação em uma grande base de dados com finalidade de diagnosticar as causas de dois problemas enfrentados em universidades brasileiras, a evasão e a retenção. Foram mensuradas acurácia de diversos algoritmos com foco em verificar a capacidade de classificar corretamente as instâncias disponíveis. Os resultados apontaram que o método Rede Bayesiana atingiu precisão geral de aproximadamente 86% sendo considerada uma solução bastante satisfatória para descoberta e representação do conhecimento acerca do desempenho acadêmico dos alunos da graduação, especialmente aqueles propensos a desistir ou extrapolar o prazo para conclusão do curso.

## 1. Introdução

O Censo da Educação Superior revelou que entre os anos de 2013 e 2014 houve um acréscimo de, aproximadamente, 2,5% no número dos cursos ofertados em 2.368 Instituições de Ensino Superior (IES). Vale destacar que entre 2003 e 2014, a matrícula na educação superior registrou aumento de 96,5% [INEP 2014]. Estas constatações corroboram os avanços em termos quantitativos da educação superior no país nas iniciativas privada e estatal. Sobretudo, ressalta-se que gestores devem continuamente avaliar se este aumento em quantidade se converteu igualmente em qualidade, ao estudante, à instituição de ensino superior e à sociedade.

Os levantamentos realizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), também apontam descompasso entre os números de matrícula, ingressantes, cursos e concluintes [INEP 2014]. Essas informações denotam um importante diagnóstico: o aumento na quantidade de vagas não está impactando diretamente na permanência do aluno até a sua formatura. Esta problemática, conhecida

como evasão resulta em vagas ociosas ou remanescentes, as quais se destinam a outros processos de seleção. A retenção, por sua vez, é outro entrave verificado em IES brasileiras, que caracteriza-se quando o aluno excede o tempo máximo permitido para conclusão da graduação. Ambas as problemáticas, em algumas instituições de ensino, estão vinculadas, visto que alguns regimentos preveem a prescrição da vaga após certo período de retenção, consequentemente o estudante é, obrigatoriamente, desvinculado do curso.

Considerando que os problemas da evasão e retenção possuem inúmeras causas e consequências negativas para estudantes, instituições de ensino e comunidades nas quais esses indivíduos estão inseridos, este trabalho tem como objetivo a criação de subsídios que auxiliem gestores da instituição de ensino superior a identificar alunos, dos cursos de graduação, em situação de vulnerabilidade à evasão ou à retenção dentro dos seus ambientes de aprendizagem. Dentre os subsídios importantes à gestão, destacam-se: previsão de quais alunos são propensos a desistir ou permanecer além do tempo estipulado pelo currículo; representação desta informação; e identificar quais atributos, dentre os disponíveis, são mais relevantes durante a classificação desse aluno.

Pretende-se alcançar estes objetivos pela utilização da Descoberta de Conhecimento em Base de Dados (*Knowledge Discovery in Database* – KDD) que representa um “processo não-trivial de extração de informações implícitas, previamente desconhecidas e potencialmente úteis a partir de dados” [Frawley et al. 1992]. Uma das suas etapas, denominada de Mineração de Dados (*Data Mining*) [Fayyad et al. 1996], onde ocorre a extração de padrões dos dados através do uso de algoritmos específicos, foi empregada para verificar a relação entre as variáveis e a problemática explicitada. A etapa de *Data Mining* pode ser aplicada em diversas áreas [Han et al. 2012] [Fayyad et al. 1996] desde que estas possuam razoáveis volumes de dados históricos.

Foram testados algoritmos, durante a etapa de *Data Mining*, a partir da tarefa de classificação, que define-se como “o processo de atribuir, a uma determinada informação recebida, o nome de uma classe à qual ela pertence” [Rich e Knight 1993] ou ainda constrói um modelo ou classificador [Han et al. 2012]. Dentro do contexto aplicado, a classificação permite presumir a situação (classe) do estudante na universidade, dado um conjunto de atributos a respeito desse aluno. Avaliaram-se métricas relativas ao desempenho dos classificadores, cujas características possam atender aos requisitos associados ao objetivo deste trabalho, com o intuito de testá-los e, posteriormente, selecioná-los à resolução do problema pesquisado.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta os trabalhos correlatos. Por sua vez, na Seção 3 são apresentados os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa. Em seguida, Seção 4 serão discutidos os resultados. Na Seção 5 apresentação das considerações finais.

## 2. Trabalhos Correlatos

A Mineração de Dados Educacionais (*Educational Data Mining* – EDM) é uma disciplina emergente cujo objetivo está no desenvolvimento de métodos para explorar os dados provenientes de cenários educacionais e como essas metodologias são empregadas para compreender os alunos nos seus ambientes de aprendizagem [JEDM 2016]. Argumenta-se a existência de um aumento considerável no interesse por pesquisas valendo-se de EDM [Sachin e Vijay 2012]. Nesta perspectiva, [Romero e Ventura 2010] elaboraram um

trabalho relativo ao estado da arte da Mineração de Dados Educacionais, no qual são discutidos 235 publicações mais relevantes até o ano de 2009.

[Cortez e Silva 2008] obtiveram dados no período letivo de 2005 e 2006 de escolas públicas de Portugal. Os atributos constituíram-se de registros coletados de relatórios emitidos pelo sistema escolar e questionários com perguntas sobre aspectos sociais, demográficos e emocionais dos estudantes. A finalidade dos autores era predizer o desempenho escolar nas disciplinas básicas de Matemática e Português. Os resultados atingidos foram satisfatórios em testes com árvores de decisão, onde conseguiu-se a melhor taxa de acerto (93,0%). [Cortez e Silva 2008] priorizaram a geração de conhecimento especialista, os autores descobriram importantes regras das árvores de decisão.

No Brasil, as investigações em Mineração de Dados Educacionais se consolidaram em 2012, na ocasião, [Manhães et al. 2012, Manhães et al. 2014] elaboraram um estudo de caso para avaliar a evasão em 155 cursos de graduação ofertados por 28 unidades da UFRJ. Para a pesquisa em discussão, foram selecionados dados acadêmicos dos discentes que ingressaram nos dois semestres letivos dos anos de 2003 e 2004. O classificador *Naive Bayes* foi elegido pela interpretabilidade dos resultados aliada a precisão global superior a 80%.

O nosso trabalho, proposto neste artigo, possui similaridades com aqueles discutidos anteriormente, visto que, por exemplo, vale-se de algoritmos classificadores para detecção de variáveis associadas à evasão e retenção em âmbito acadêmico. Contudo diferencia-se dos demais nos seguintes aspectos: i) aplicação em uma grande base de dados, composta por quase 100 mil amostras, pois a maioria dos trabalhos usam *data sets* com algumas centenas de registros; ii) análise sobre todos os cursos de graduação, enquanto muitos trabalhos avaliam cursos ou disciplinas de maneira isolada. Além disso, este trabalho visa fortalecer o campo de EDM, uma vez que esta área é nova, há poucos estudos nacionais e exerce grande influência na resolução de problemas atrelados ao desempenho escolar.

### **3. Materiais e Métodos**

#### **3.1. Base de Dados**

Os dados selecionados à pesquisa são registros acadêmicos, oriundos do sistema informatizado da Universidade Federal do Pará (UFPA), referentes aos discentes de graduação ingressantes até 2016. Inicialmente foram consideradas 175.779 amostras, porém removeram-se da base os alunos com situação indefinida quanto às classes ou com tuplas inconsistentes, permanecendo 98.698 linhas. A Tabela 1 apresenta os 31 atributos selecionados e os seus respectivos significados, alguns deles serão discutidos na Seção 3.2.

#### **3.2. Pré-Processamento e Transformação de dados**

Os significados dos atributos de 1 a 12, considerados intuitivos, podem ser consultados nas descrições dispostas na Tabela 1. Os atributos de 20 a 22 denotam a probabilidade de um discente formado nos últimos cinco anos possuir um dos índices acadêmicos igual ou superior aos demais alunos pertencentes ao mesmo curso e matriz curricular. Foram usados os indicadores MC, IRA e IEA, uma vez que estes, em suas definições matemáticas e conceituais, aferem a eficiência do aluno durante o seu percurso acadêmico.

**Tabela 1. Atributos selecionados à pesquisa**

Número	Variável	Descrição
1	sexo	sexo que o discente pertence
2	idade	idade que o aluno ingressou no curso
3	interior	informa se o discente estuda no <i>campus</i> capital ou em um dos <i>campi</i> do interior do estado
4	turno	turno no qual o discente estuda
5	forma_ingresso	forma de seleção pela qual o discente ingressou na universidade
6	numero_trancamento	Número de vezes que o discente trancou a matrícula
7	numero_vinculos	Número de vezes que o discente fez outras graduações (vínculos) até o ingresso no curso atual
8-10	perc_ch_{tipo}	Percentual das cargas horárias prática, teórica e de estágio
11	sem_ordem	O percentual das disciplinas cursadas fora da ordem proposta pelo currículo do discente
12	primeiro_semestre_ocorr	Informa qual o semestre que o discente cursou pela primeira vez uma disciplina fora de ordem
13-19	indices_academicos	representam os indicadores de rendimento acadêmico acumulado, a saber: Média de Conclusão (MC), Média de Conclusão Normalizada (MCN), Índice de Rendimento Acadêmico (IRA), Índice de Eficiência em Carga Horária (IECH), Índice de Eficiência em Períodos Letivos (IEPL), Índice de Eficiência Acadêmica (IEA) e Índice de Eficiência Acadêmica Normalizado (IEAN). Essas métricas quantificam o desempenho dos alunos da graduação e nos cálculos consideram-se dados do histórico acadêmico, tais como: quantidades de reprovações, aprovações, trancamentos, cargas horárias acumuladas e esperadas para integralização do curso, entre outros.
20-22	prob_idx	Refere-se a probabilidade de um discente formado nos últimos 5 anos possuir o índice acadêmico maior ou igual ao aluno avaliado (Teste z)
23-30	perc_{conceito}_{avaliação}	Refere-se ao percentual de um conceito conseguido pelo discente dentro do período avaliado
31	status	Denota a situação (classe) a qual o estudante pertence

A média das notas obtidas pelo estudante em cada disciplina, em um período letivo, é convertida em conceito, definido segundo a escala apresentada na Tabela 2. As variáveis indexadas de 23 a 30 referem-se ao percentual de um determinado conceito de acordo com o período de avaliação, seja este geral (acumulado por todo o curso) ou para o primeiro ano cursado. Por exemplo, a variável *perc\_ins\_primeiro\_ano* denota o percentual de conceitos do tipo INS referentes ao primeiro ano de graduação.

**Tabela 2. Correspondência entre a média das notas e o conceito**

Conceito	Intervalo da média
Insuficiente (INS)	[0-4,99]
Regular (REG)	[5-6,99]
Bom (BOM)	[7-8,99]
Excelente (EXC)	[9-10]

Finalmente, o atributo 31 representa a classe a qual o discente pertence, cujos possíveis valores são: “Formado”, “Evadido” e “Retido”. Os alunos considerados na classe “Formado” são aqueles que conseguiram integralizar a carga horária prevista pelo curso. Por sua vez, o rótulo “Evadido” remete-se aos alunos que, por decisão própria ou processo de prescrição previsto em regimento da instituição, abandonaram a graduação. Os estudantes com matrículas ativas, porém que ultrapassaram um ano do prazo de conclusão estabelecido no currículo do curso foram classificados como “Retido”. Há na base de dados 65.758 (66,63%) amostras referentes a classe dos alunos formados; 25.581 (25,92%) dos registros, pertencem aqueles que desistiram dos estudos; e por fim, os alunos em retenção são menos representativos, 7.359 (7,46%).

### 3.3. Aplicação Proposta

Durante a etapa de *Data Mining*, foram testados algoritmos classificadores, a partir disso analisou-se a precisão global (acurácia) de cada um deles, para finalmente selecionar aquele que obteve uma taxa de acerto aceitável. Considerou-se ainda à seleção do algoritmo dois critérios: a representação dos resultados e o quanto esta informação pode ser interpretada por especialistas e usuários inseridos no domínio. Para estas finalidades, a Rede Bayesiana se mostra uma importante ferramenta, pelos seguintes aspectos: representação gráfica da relação entre estados; a rede expressa o conhecimento especialista acerca do domínio; e os resultados numéricos (probabilidades) podem ser visualizados através de gráficos.

A estratégia utilizada para segmentar a base de dados em conjuntos de treinamento e testes, destinados a estimar precisão e confiabilidade do modelo construído pelo classificador, foi a validação cruzada com k-conjuntos estratificada (*stratified k-fold cross-validation*), por ser uma das mais empregadas em mineração de dados [Han et al. 2012].

Os algoritmos de aprendizado supervisionado [Rezende 2005] empregados nesta pesquisa estão disponíveis na ferramenta de código aberto (*open source*) Weka [Weka 2017], divididos de acordo com as seguintes abordagens: árvores de decisão, probabilísticos, baseados em instâncias, baseados em funções e redes neurais artificiais. Os classificadores probabilísticos foram *Naive Bayes* e Redes Bayesianas (*Bayesian Networks*). Os métodos baseados em instâncias e funções foram representados pelos indutores *K-Nearest Neighbor* (KNN) e *Support Vector Machine* (SVM), respectivamente. O método *Multilayer Perceptron* foi empregado segundo a abordagem Redes Neurais Artificiais (RNA). Finalmente, testaram-se os algoritmos, de árvores de decisão, *Random Tree*, *Random Forest* e *Classification And Regression Trees* (CART).

## 4. Resultados

### 4.1. Análise de desempenho dos algoritmos

A Tabela 3 apresenta os 9 algoritmos e as métricas usadas: tempos para treinar e testar o modelo, acurácia e coeficiente Kappa. Os resultados mostram que a melhor solução foi conseguida através do indutor *Random Forest* cuja acurácia superou 87%. Não obstante o algoritmo *Bayesian Network* revelou precisão global próxima de 86% e tempos aceitáveis para construção e testes do modelo, além disso este algoritmo obteve valor de estatística Kappa igual a 0,6961, considerado um nível substancial de concordância interobservador [Viera e Garrett 2005]. Destaca-se que aplicações nas quais o tempo de processamento é considerado requisito crucial ao domínio, soluções como *Multilayer Perceptron* e SVM são consideradas inviáveis, embora apresentem boas taxas de acerto.

### 4.2. Análise da evasão e retenção via Redes Bayesianas

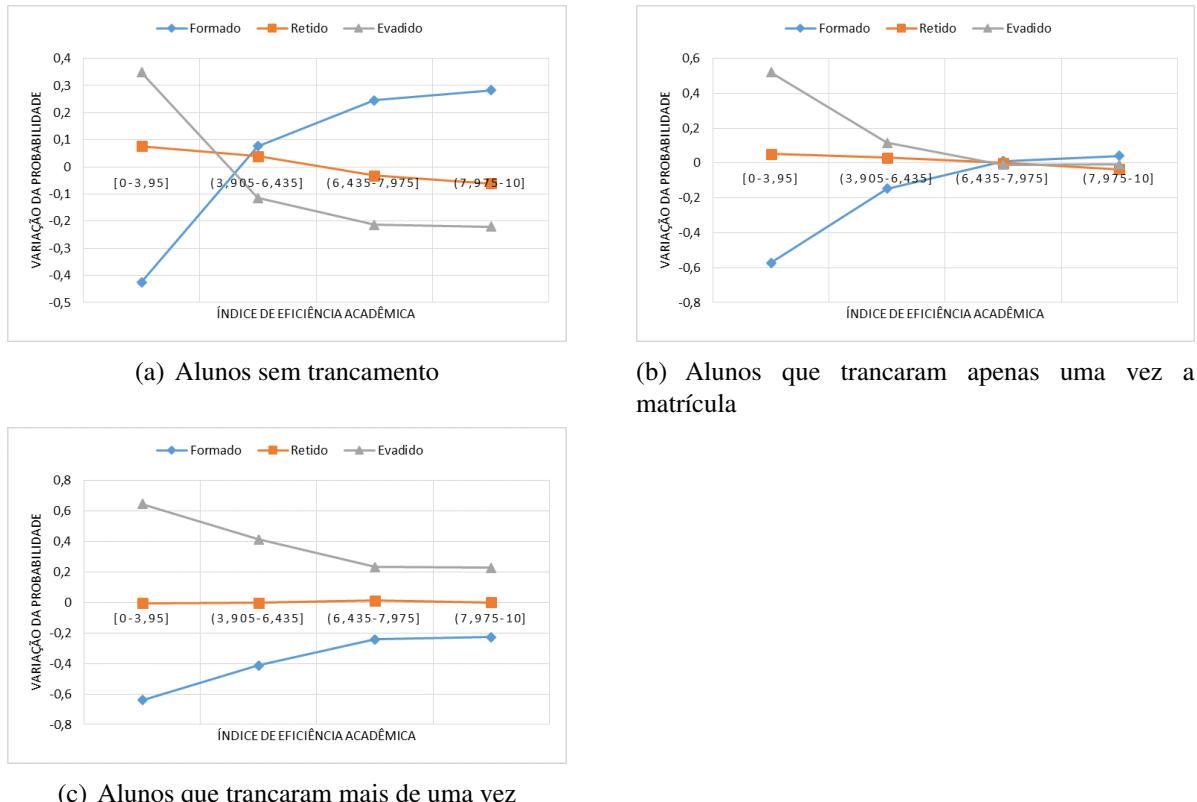
Foram selecionados os 14 atributos mais relevantes, de acordo com ganho de informação [Han et al. 2012]. Após a redução no número de variáveis, aferiu-se novamente a acurácia do algoritmo *Bayesian Network*, apresentando precisão de 83,5%, ratificando a sua robustez. O algoritmo de busca gulosa (*greedy search*) K2 [Cooper e Herskovits 1992] foi empregado para construção da topologia da rede, atingindo-se maior precisão global com o parâmetro de número esperado de pais por nó definido a 5.

**Tabela 3. Métricas de desempenho geral dos classificadores**

Algoritmos	Tempo para treino (s)	Tempo para teste (s)	Acurácia (%)	Kappa
Naive Bayes	0.31	2.14	78.7736	0.5688
Bayesian Network	6.77	1.26	85.865	0.6961
KNN	0.29	1153.27	83.8041	0.6483
SVM	1418.69	1288.21	86.6938	0.6999
Multilayer Perceptron	4739.78	3.56	86.2054	0.7048
C4.5	1.62	1.44	86.2449	0.6984
Random Tree	0.55	1.48	80.5021	0.5924
Random Forest	12.31	8.24	87.1102	0.7118
CART	236.39	0.63	86.5104	0.7023

Para a inferência Bayesiana, escolheram-se os atributos IEA (iea) e número de trancamentos (numero\_trancamento). Os estados, de todas as variáveis, foram conseguidos por intermédio da discretização com distribuição uniforme de frequência. Os atributos numero\_trancamento e iea tiveram, respectivamente, três e quatro intervalos para conversão de dados contínuos em discretos, sendo estas quantidades determinadas após análise dos dados.

As Figuras 1(a) a 1(c) representam os gráficos das variações de probabilidade, comparativamente por classes de discentes, número de trancamento e evolução do IEA.


**Figura 1. Variação da probabilidade de acordo com a classe de alunos, número de trancamentos e Índice de Eficiência Acadêmica (IEA).**

Depreende-se do gráfico da Figura 1(a) que, alunos sem trancamento, possuem

mais chances de graduar-se a mesma proporção do crescimento do IEA. O intervalo do índice de eficiência acadêmica entre 3,905 e 6,435, revela um importante diagnóstico – nesta faixa começa o decrescimento das chances de o aluno evadir-se e acentuam-se as possibilidades de diplomação em tempo previsto pela instituição de ensino. O aluno que conseguiu IEA entre 0 e 3,95, incrementa em mais de 30% as possibilidades de abandonar os estudos. O cenário desejável ocorre a um IEA superior a 7,975, pois neste caso há acréscimo de quase 30% de aluno formar-se e a redução que supera 20% para evasão.

Alunos com exatamente 1 trancamento têm suas possibilidades de formatura reduzidas em até 57,2%, caso possuam IEA próximo a 3,95, conforme ilustra o gráfico Figura 1(b) e crescem até 4,2%, caso tenham IEA excedente a 7,975%. Naquele mesmo cenário, intensificam-se os indícios de retenção (5,1%) e, principalmente, da evasão (52,1%). Constata-se um importante comportamento nos dados – apenas 1 trancamento do curso não implica a propensão à desistência do curso, se o índice de eficiência acadêmica inferior a 6,435, todavia é um alerta à retenção.

Após 1 trancamento, há uma variação positiva de 64,5% para evasão, caso o aluno possua até 3,95% de índice de eficiência acadêmica e atenua-se, ao passo que este indicador cresce, até 22,8%, de acordo com a Figura 1(c). A variação da probabilidade à formatura não atingiu em nenhum momento valor positivo, isto é, na prática a interrupção da matrícula por mais de uma vez diminuem as chances de o aluno conseguir a diplomação, elevando consideravelmente as chances da desistência.

## 5. Considerações Finais

Esta pesquisa utilizou mineração de dados sobre uma base de dados com quase cem mil registros acadêmicos dos discentes de graduação para entender as causas associadas ao abandono dos estudos e a permanência além do prazo estipulado para conclusão do curso. Neste trabalho foram testados nove algoritmos classificadores, sendo que o método *Random Forest*, apresentou a melhor acurácia, superior a 87%. Contudo, priorizou-se a escolha de um classificador capaz de possuir fácil representação de resultados e que esta possa expressar o conhecimento do especialista sobre o domínio estudado. Nessa perspectiva, o classificador *Bayesian Network* foi elegido e, ratificou sua escolha por também obter desempenho satisfatório, visto que sua precisão global ultrapassou 85%.

A Rede Bayesiana construída mediante o uso do método de buscas K2 viabilizou a extração de importantes conhecimentos a respeito dos problemas analisados, permitindo a sua vinculação ao índice de eficiência acadêmica e a interrupção da matrícula em período letivo. Os resultados alcançados não são exaustivos, dessa forma outras pesquisas são necessárias para consolidar as respostas acerca dos principais fatores ligados à evasão e retenção em âmbito universitário. Como trabalhos futuros, serão realizadas novas investigações com atributos adicionais de caráter socioeconômicos, fato que permitirá relacionar o desempenho acadêmico a situações de vulnerabilidades sociais e, principalmente, quantificar o impacto dessa dependência, o que propiciará aos gestores a criação de mecanismos eficazes de combate a evasão e retenção.

## Referências

- Cooper, G. F. e Herskovits, E. (1992). A Bayesian Method for the Induction of Probabilistic Networks from Data. *Mach. Learn.*, 9(4):309–347.

- Cortez, P. e Silva, A. (2008). Using data mining to predict secondary school student performance. In *Proceedings of 5th Annual Future Business Technology Conference*, pages 5–12, Porto, Portugal.
- Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P., e Uthurusamy, R., editors (1996). *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*. American Association for Artificial Intelligence, Menlo Park, CA, USA.
- Frawley, W., Piatetsky-Shapiro, G., e Matheus, C. (1992). Knowledge Discovery in Databases: An Overview. *AI Magazine*, 13(3):57–70.
- Han, J., Kamber, M., e Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann, 3 edition.
- INEP (2014). Censo da Educação Superior 2014 - Notas Estatísticas. [http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/documentos/2015/notas\\_sobre\\_o\\_censo\\_da\\_educacao\\_superior\\_2014.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2015/notas_sobre_o_censo_da_educacao_superior_2014.pdf). [Online; Acessado em 16/04/2016].
- JEDM (2016). Journal of Educational Data Mining. <http://www.educationaldatamining.org/JEDM>. [Online; Acessado em 26/01/2016].
- Manhães, L. M. B., da Cruz, S. M. S., Costa, R. J. M., Zavaleta, J., e Zimbrão, G. (2012). Identificação dos Fatores que Influenciam a Evasão em Cursos de Graduação Através de Sistemas Baseados em Mineração de Dados: Uma Abordagem Quantitativa. In *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 468–479, São Paulo.
- Manhães, L. M. B., da Cruz, S. M. S., Zavaleta, J., e Zimbrão, G. (2014). The Impact of High Dropout Rates in a Large Public Brazilian University. In *CSEDU – 6th International Conference on Computer Supported Education*, pages 126–129, Barcelona, Spain.
- Rich, E. e Knight, K. (1993). *Inteligência Artificial*. Makron Books.
- Romero, C. e Ventura, S. (2010). Educational Data Mining: A Review of the State of the Art. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 40(6):601–618.
- Sachin, R. e Vijay, M. (2012). A Survey and Future Vision of Data Mining in Educational Field. In *Advanced Computing Communication Technologies (ACCT), 2012 Second International Conference on*, pages 96–100, Rohtak, Haryana, India.
- Viera, A. e Garrett, J. (2005). Understanding interobserver agreement: The kappa statistic. *Family Medicine*, 37(5):360–363.
- Weka (2017). Weka 3: Data Mining Software in Java. <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>. [Online; Acessado em 06/02/2017].

## **Automação Residencial Aplicada para Pessoas com Limitação Motora**

**Flávia Gonçalves Fernandes<sup>1</sup>, João Ludovico Maximiano Barbosa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG) – Catalão – GO – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia – MG – Brasil

flavia.fernandes92@gmail.com, joaolmbarbosa@gmail.com

**Abstract.** *The home automation is making it more and more the life of residents. With the technological evolution of the electronics and the Virtual reality, this practice becomes more accessible, allowing comfort to a greater number of people. Thus, this work aims to present the development of a home automation system and Virtual reality using the Myo device, and also a mobile version, linking the areas of health, engineering and technology. Therefore, this application can provide its users greater comfort, optimization of the time due to the decrease in routine tasks, practicality and economy, especially for people with physical disabilities and difficulties of locomotion.*

**Resumo.** A Automação Residencial está facilitando cada vez mais a vida dos moradores. Com a evolução tecnológica tanto da eletrônica como da Realidade Virtual, esta prática torna-se mais acessível, possibilitando conforto para uma maior quantidade de pessoas. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema de Automação Residencial e Realidade Virtual utilizando o dispositivo Myo, e também uma versão mobile, unindo as áreas da saúde, engenharia e tecnologia. Logo, esta aplicação pode proporcionar aos seus usuários maior conforto, otimização do tempo devido à diminuição das tarefas rotineiras, praticidade e economia, principalmente para pessoas com deficiência física e dificuldades de locomoção.

### **1. Introdução**

A Tecnologia Assistiva, no Brasil, de acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, está relacionada a produtos, recursos, metodologias, tecnologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a acessibilidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social [Brasil, 2015].

Os recursos de Tecnologia Assistiva, quando combinados aos recursos tecnológicos de automação residencial e realidade virtual, podem atender a uma grande diversidade de usuários com deficiências. Com o avanço tecnológico, os usuários estão, principalmente, interessados em serviços práticos que tornam o ambiente altamente inteligente e facilitam significativamente suas atividades [Santarosa; Conforto; Basso, 2012].

A deficiência física torna-se um grande obstáculo na vida das pessoas com necessidades especiais que são privadas de realizar até mesmo suas atividades do dia-a-dia sem a necessidade de ajuda de outros indivíduos.

Nesta linha de raciocínio, este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma ferramenta de Realidade Virtual para Automação Residencial com a finalidade de comandar cargas elétricas (ligar/desligar) através de gestos capturados por meio do dispositivo *Myo* para auxiliar as pessoas a executar atividades do cotidiano.

## 2. Materiais e Métodos

Neste trabalho, as metodologias de pesquisa empregadas foram coletas e análise de informações, realização de experimentos e seus delineamentos. Dessa forma, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre Automação Residencial, Realidade Virtual, aplicações utilizando dispositivos vestíveis e desenvolvimento de sistemas para dispositivos móveis.

Em relação aos aspectos metodológicos e tecnológicos, para a construção do módulo de automação residencial, utilizou-se o Arduino, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-source, projetada com um microcontrolador Atmel AVR de placa única, com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em *Wiring*, e é essencialmente C/C++ [Arduino, 2014].

A automação residencial trata-se da aplicação de sistemas de controle automáticos para as funções encontradas no ambiente, integrando seus acionamentos e visando sempre a praticidade, simplicidade e objetividade dos comandos. Mas, também considera a estética da aplicação, o conforto do usuário e a valorização do ambiente [Muratori; Bó, 2010].

No contexto da Automação Residencial, as pessoas têm ao seu alcance uma diversidade de possibilidades práticas e econômicas, desde a básica até a mais abrangente, com sistemas adaptáveis para diversos espaços. O resultado pode ser um ambiente prático, confortável, agradável, mais bonito, valorizado e seguro, de acordo com o interesse do usuário [Muratori; Bó, 2010].

Realidade Virtual (RV) é um sistema computacional usado para criar um ambiente artificial, no qual o usuário tem a impressão de não somente estar dentro deste ambiente, mas também habilitado, com a capacidade de navegar no mesmo, interagindo com seus objetos de maneira intuitiva e natural [Kirner; Siscoutto, 2007].

Desse modo, a Realidade Virtual está sendo cada vez mais aplicada/utilizada no setor da saúde, principalmente nas áreas de treinamento de procedimentos (simulação médica e cirurgias), apresentação de conteúdo (ensino da medicina), fisioterapia (reabilitação motora), diagnóstico de problemas na coluna vertebral, tratamento de fobias [Kirner; Siscoutto, 2007].

Dispositivos portáteis ou vestíveis, também conhecidos como *wearables*, são pequenos dispositivos eletrônicos que podem ser facilmente acoplados ao corpo do usuário. Eles possibilitam a presença da Realidade Virtual em diversas aplicações, visto que é uma tecnologia de interface avançada entre um usuário e um sistema computacional [Myo, 2016].

O *Myo* é um dispositivo vestível com formato de bracelete, também chamado de braçadeira. Este dispositivo pode controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. Além disso, não exige câmeras para rastrear os movimentos da mão ou braço e possuem baixo custo [Myo, 2016].

Ele é utilizado no antebraço do usuário, conforme pode ser visto na Figura 1. Para utilizá-lo, é necessária a calibração da braçadeira para cada usuário, pois cada um possui atividades e contrações musculares específicas. Após efetuada a sua calibração, o *Myo* possibilita controlar softwares e outras aplicações por meio de gestos e movimentos. Seu propósito é controlar computadores, telefones e outros dispositivos, enviando os dados capturados por ele via *Bluetooth* [Myo, 2016].



**Figura 1: Dispositivo vestível *Myo***

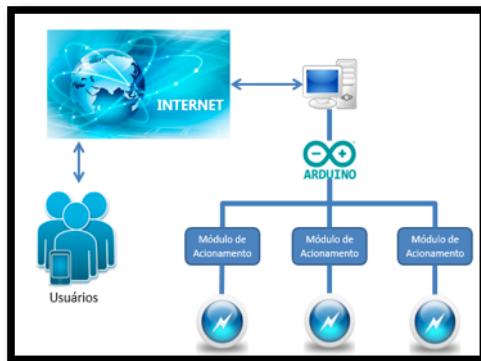
No sistema prototipado, efetua-se o controle de botões por meio de gestos realizados pelo usuário que esteja utilizando o dispositivo *Myo* em um ambiente de Realidade Virtual acoplado a um sistema de automação residencial, permitindo que o usuário consiga ligar/desligar cargas elétricas através de gestos sem a necessidade de se locomover até o local onde elas se encontram.

Nesta aplicação, o Arduino é o responsável pela parte de controle do sistema de automação, recebendo os comandos e os encaminhando para as cargas elétricas a serem controladas.

A arquitetura de hardware adotada neste trabalho, foi a conexão de um Arduino ao servidor que hospeda a parte web (*WebService*) da aplicação através de comunicação serial. E também a conexão dos módulos de acionamento das cargas elétricas diretamente ao Arduino através de suas portas de entrada/saída.

Ao adotar esta arquitetura, há algumas desvantagens, como a necessidade de se ter na residência o servidor de hospedagem da aplicação web (*WebService*) e também fazer grandes mudanças estruturais na residência, já que é preciso centralizar os módulos de acionamento e refazer a fiação das cargas elétricas a serem comandadas. Outra desvantagem é que o número de cargas elétricas que se pode comandar dependerá do número de portas de entrada/saída disponíveis no Arduino.

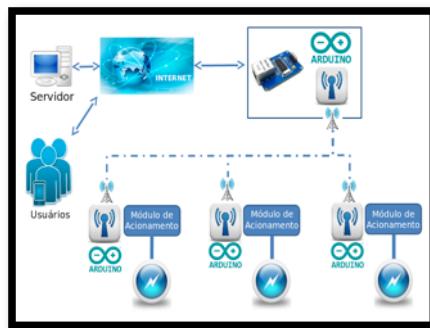
Na Figura 2, pode-se visualizar o esquema de ligação da arquitetura Arduino com comunicação serial, mencionada anteriormente.



**Figura 2: Arquitetura Arduino com comunicação serial**

Mas, comumente, em sistemas de automação residencial, preferem-se aqueles que não necessitem de grandes mudanças estruturais na residência para a sua instalação. Dessa forma, os sistemas que operam sem fio (*wireless*) ganham destaque, pois não necessitam fazer grandes mudanças estruturais na residência para adaptar o sistema elétrico à sua instalação.

Desse modo, na Figura 3, é mostrado um exemplo de arquitetura genérica que trabalha sem fio.



**Figura 3: Arquitetura Arduino com dispositivo wireless**

Visto que esta arquitetura trabalha sem fio, torna-se necessário utilizar dispositivos *wireless* que comuniquem entre si e com o Arduino para a troca de informações e comandos entre os módulos de acionamento e a central de comandos, exemplos desse tipo de dispositivo são: NRF24L01, módulo *Xbee*, *WifiShield*.

Nesta arquitetura, o servidor que hospeda a aplicação web (*WebService*) não precisa estar conectado diretamente ao Arduino devido à criação de uma central de comandos que se conecta à Internet, a qual é composta por um Arduino, um *EthernetShield* e um dispositivo *wireless*, que encaminha os comandos para os módulos de acionamento. Nos módulos de acionamento, conecta-se o dispositivo *wireless* ao Arduino para receber os comandos da central. Nestes módulos, o Arduino é utilizado para interpretar os comandos recebidos e ligar ou desligar as cargas elétricas.

Seguindo esta arquitetura, o número de cargas elétricas que podem ser controladas não depende mais do número de portas de entrada e saída do Arduino, mas sim do protocolo de comunicação desenvolvido para a troca de dados entre a central de comandos e os módulos acionadores.

Para desenvolver este protótipo, construiu-se uma maquete em isopor e colocou-se led's para representar lâmpadas (cargas elétricas) a serem comandadas. O controle (ligar/desligar) dessas cargas foi realizado através do Arduino que esta conectado a um servidor *WebService*, que expõe um serviço e recebe os comandos de controle da carga elétrica através da internet, podendo ser através da aplicação mobile, ou da aplicação que utiliza o *Myo*, conforme ilustra o esquema da Figura 4.

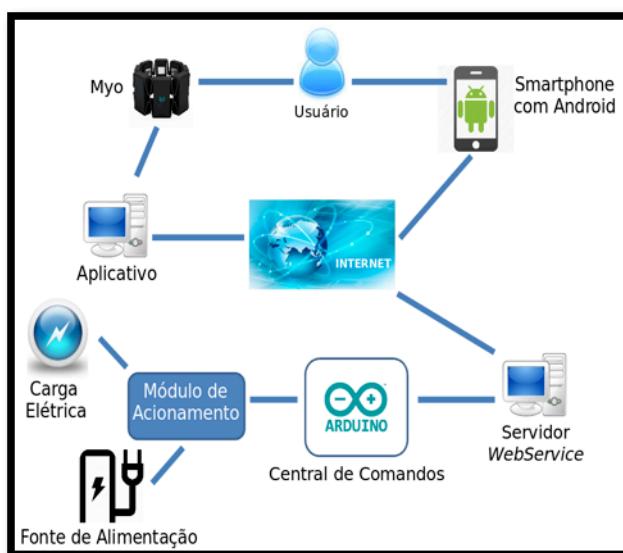


**Figura 4: Esquema da aplicação**

### 3. Resultados

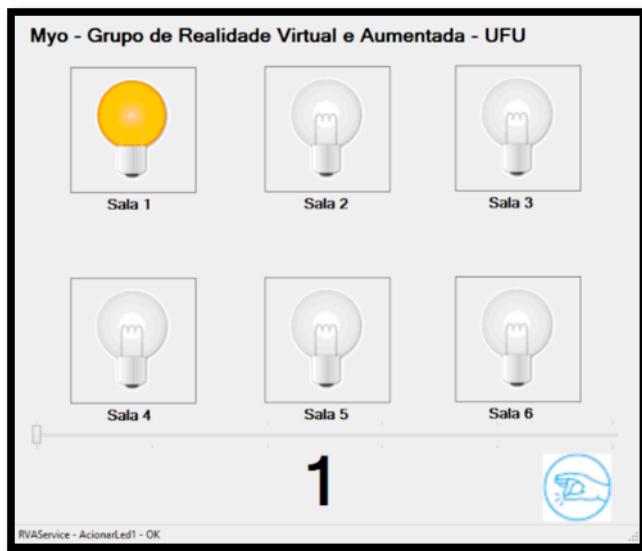
O protótipo desenvolvido funciona da seguinte maneira: o usuário pode manipular o sistema de automação residencial através de gestos utilizando o dispositivo vestível *Myo*, onde seleciona-se o cômodo da casa que deseja executar a ação para, então, acionar os comandos ligar/desligar. Estes comandos, por sua vez, são enviados para um *WebService*, feito em linguagem de programação C# utilizando o software *Microsoft Visual Studio*. Posteriormente, o servidor que hospeda este *WebService* encaminha o comando para o sistema de automação residencial através de comunicação serial.

Na Figura 5, é exibida a arquitetura completa do sistema desenvolvido.



**Figura 5: Arquitetura da aplicação**

Na Figura 6, é mostrada a interface da aplicação desenvolvida no *Visual Studio*, após o usuário ligar a lâmpada da sala 1 do protótipo. O símbolo de estalar os dedos no canto inferior direito da tela é o responsável por ligar ou desligar as cargas elétricas do sistema utilizando o *Myo*.



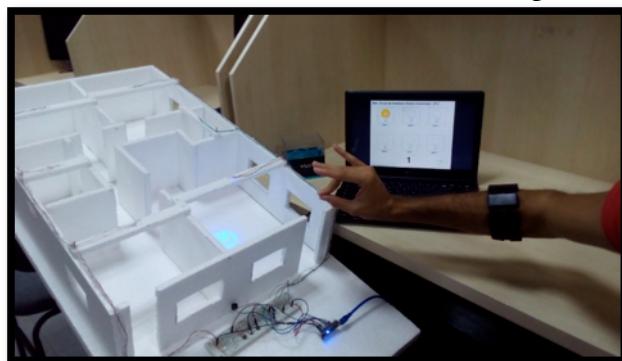
**Figura 6: Lâmpada da sala 1 ligada.**

Os símbolos apresentados na Figura 7 são os gestos mapeados para a utilização do aplicativo. Assim, o usuário executa uma ação do sistema de automação residencial ao realizar o gesto com o *Myo*, os quais são: “Ligar/Desligar a lâmpada” (*Double Tap*), “Ir para a esquerda” (*Wave Left*) e “Ir para a direita” (*Wave Right*).



**Figura 7: Gestos executados pelo usuário com o Myo**

A Figura 8 apresenta a maquete da aplicação com a lâmpada da sala 1 ligada juntamente com usuário fazendo o gesto “*Double Tap*” que é o comando de ligar/desligar mapeado no *Myo*. Para efeitos demonstrativos, utilizou-se LED's no circuito eletrônico, ao invés do módulo acionador com a lâmpada.



**Figura 8: Lâmpada 1 ligada na maquete com o gesto “*Double Tap*” realizado com o Myo**

A Figura 9 apresenta a maquete da aplicação com todas as lâmpadas ligadas juntamente com o gesto “*Wave Right*”, que significa “Ir para a direita” na aplicação, onde o usuário seleciona uma sala (ou cômodo da casa), da qual deseja ligar ou desligar a lâmpada. Ao executar este movimento, é incrementado o número de identificação da sala a ser comandada, por exemplo, da sala 5 para a sala 6, conforme ilustrado a seguir.



**Figura 9: Gesto “*Wave Right*” realizado com o *Myo***

A central de comandos do *WebService* ainda se comunica com um sistema de RV disponibilizado em dispositivo móvel (celular) com plataforma Android, o qual realiza as mesmas ações, permitindo selecionar o cômodo da residência e acionar os comandos ligar/desligar das cargas elétricas que estão sendo controladas, conforme pode ser observado na Figura 10.



**Figura 10: Tela da aplicação na plataforma Android**

Dessa forma, percebe-se que a automação residencial proporciona diversos benefícios para a população, os quais geram demanda enquanto suprem razões para que os construtores incluam a automação residencial em suas novas construções e ao mesmo tempo ainda ofereçam serviços de readequação para residências já existentes.

#### 4. Discussão

Nessa perspectiva, este trabalho visa auxiliar na acessibilidade e na autonomia de pessoas com deficiência física ou dificuldades de locomoção, visto que o controle deste sistema é realizado por gestos transmitidos ao dispositivo vestível *Myo* que funciona como um bracelete.

O dispositivo vestível *Myo* destaca-se dentre tantas tecnologias de controle por gestos, muitas das quais dependem de câmeras ou exigem hardware volumoso para reconhecer os gestos do usuário e traduzi-los em ações em uma tela.

Dessa maneira, o usuário executa atividades, como ligar e desligar as lâmpadas da casa, por exemplo, sem a necessidade de se deslocar pela sua residência.

Para pessoas que utilizam cadeiras de rodas de maneira permanente ou temporário (estado de reabilitação), esta aplicação é muito útil para promover maior independência desses pacientes, além de tornar a rotina menos trabalhosa e desgastante.

## 5. Conclusões

Portanto, este trabalho apresentou a utilização da tecnologia de Realidade Virtual combinada a Automação Residencial para aumentar a praticidade de controle de ambientes, permitindo ampliar as possibilidades de acessibilidade e comodidade das pessoas, principalmente daquelas com deficiência física e dificuldades de locomoção.

Além disso, o sistema desenvolvido pode proporcionar aos seus usuários maior conforto, otimização do tempo devido à diminuição das tarefas rotineiras e principalmente praticidade e economia.

Como proposta de melhorias futuras, propõe-se adicionar novas funcionalidades na aplicação, tais como, automatizar outras áreas da residência, melhorar o ambiente virtual e desenvolver o sistema de automação utilizando *wireless*.

## Referências

- Arduino. “Arduino Build Process”. 2014. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Hacking/BuildProcess>. Acesso em: 21 jan. 2017.
- Brasil. “Subsecretaria Nacional de Promoção dos direitos da pessoa com deficiência – CORDE”. 2015. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br/corde>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- Kirner, C.; Siscoutto, R.. “Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações”. Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: SBC, 2007. 202 p.
- Muratori, J. R.; Bó, P. H. D.. “Automação residencial: histórico, definições e conceitos”. 2010. Disponível em: [http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed62\\_fasc\\_automacao\\_capI.pdf](http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed62_fasc_automacao_capI.pdf). Acesso em: 30 jan. 2017.
- Myo. “Thalmic Labs – Gesture Control Armband”. 2016. Disponível em: <https://www.thalmic.com/myo/>. Acesso em: 20 jan. 2017.
- Santarosa, L. M. C.; Conforto, D.; Basso, L. D. O. “Eduquito: ferramentas de autoria e de colaboração acessíveis na perspectiva da web 2.0”. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 18, n. 3, 2012. ISSN 1413-6538.

## Classificação de Imagens por meio de Extração e Seleção de Atributos

Flávia Gonçalves Fernandes<sup>1</sup>, João Ludovico Maximiano Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG) – Catalão – GO – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia – MG – Brasil

flavia.fernandes92@gmail.com, joaolmbarbosa@gmail.com

**Abstract.** *The selection of attributes is a problem of optimization and search for the smallest subset with the best accuracy in the classification process. The process of selection of attributes is executed on the basis of distances between pairs of statistics classes. There are several ways to measure the distance between sets of different classes in the attributes space. In this perspective, the objective of this work is to present the development of a system for extracting attributes of intensity, texture attributes, geometric attributes and attributes wavelets of set of images available, in order to try solve the problem of separation of classes of images in the given set.*

**Resumo.** *A seleção de atributos é um problema de otimização e busca pelo menor subconjunto com a melhor acurácia no processo de classificação. O processo de seleção de atributos é executado com base em distâncias estatísticas entre pares de classes. Há várias formas de medir a distância entre conjuntos de classes diferentes no espaço de atributos. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um sistema para extração de atributos de intensidade, atributos de textura, atributos geométricos e atributos wavelets do conjunto de imagens disponível, a fim de tentar resolver o problema de separação de classes de imagens no conjunto dado.*

### 1. Introdução

A evolução da tecnologia de computação, em termos de hardware, bem como o desenvolvimento de algoritmos mais eficientes para manipulação de imagens digitais, tem proporcionado um aumento nas aplicações de reconhecimento de padrões. O desenvolvimento de um sistema de reconhecimento de padrões requer: a definição do padrão das classes, um ambiente de aquisição dos dados, a representação do padrão, a extração e seleção de atributos, a análise de agrupamento, o desenvolvimento e aprendizado do classificador, a seleção das amostras de treinamento e teste, e a avaliação do desempenho do classificador [Jain et al., 2000].

A extração de características (atributos) em uma imagem evidencia as diferenças e similaridades entre os seus objetos. Algumas características são definidas por uma aparência visual na imagem, podendo ser: o brilho e/ou textura de uma determinada região dela, amplitude do histograma, entre outros. O principal objetivo da extração de

atributos é caracterizar os objetos da imagem para serem reconhecidos através de métricas [Pratt, 1991].

No processamento digital de imagem, uma representação de uma região não consiste apenas na diferenciação dos níveis de cinza dos objetos, mas também da delimitação de sua fronteira através da forma dos objetos (região) [Duda; Hart; Stork].

Nessa linha de raciocínio, este trabalho apresenta um sistema de extração de diversos tipos de atributos em dois grupos de imagens: de ruas arborizadas e de ruas movimentadas, com a finalidade de descobrir quais atributos são melhores para discernir os dois conjuntos.

O uso de descritores de intensidade, textura, geométrico e *wavelets* de modo computacional em processamento de imagens já é bem conhecido. Os descritores de textura fornecem medidas, como suavidade, rugosidade e regularidade, as quais, isoladamente, não produzem bons resultados para a classificação de contorno; mas, junto com outras técnicas, podem contribuir no que diz respeito a informações sobre a variação de intensidade ou alterações sutis entre o objeto e o fundo da imagem.

Além disso, o processamento de imagens pode auxiliar na detecção de doenças, como o câncer, por exemplo, fazendo com que o diagnóstico do médico possa ser mais assertivo, uma vez que, a análise realizada pelo especialista continua sendo bastante subjetiva e a identificação de uma lesão como suspeita ou não dependem muito da experiência do médico. Assim, ferramentas automáticas para o auxílio ao diagnóstico, que tentam fornecer uma análise baseada em dados mais objetivos através de valores extraídos da própria imagem tornam-se mais atrativos.

Nessa linha de raciocínio, este trabalho apresenta um sistema de extração de diversos tipos de atributos em dois grupos de imagens: de ruas arborizadas e de ruas movimentadas, com a finalidade de descobrir quais atributos são melhores para discernir os dois conjuntos.

## 2. Fundamentação Teórica

Os atributos de intensidade visam caracterizar as imagens pelos seus tons de cinza. Assim, as medidas devem ser extraídas das imagens em tons de cinza e não segmentadas, podendo ser extraídas a partir do histograma da imagem [Gonzalez, 2000].

Os atributos extraídos do histograma de uma imagem são: média, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo, pico, porcentagem do menor valor, porcentagem do maior valor, diferença entre a média e o menor valor, diferença entre a média e o maior valor, quantidade de pixels menores que o pico, quantidade de pixels maiores que o pico e quantidade de níveis de cinza [Gonzalez, 2000].

Os descritores de textura são calculados a partir da determinação da matriz de co-ocorrência da imagem em quatro ângulos ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ), que fornece a distribuição de probabilidades de uma sequência de pixels ocorrer na imagem, em cada um dos ângulos [Haralick, 1998].

Com base nos cálculos realizados sobre os valores da matriz de co-ocorrência, forma-se um conjunto de 14 medidas (atributos), sendo elas: uniformidade ou energia, contraste, correlação, variância, momento da diferença inversa, média da soma,

variância da soma, entropia da soma, entropia, variância da diferença, entropia da diferença, medida de informação de correlação 1, medida de informação de correlação 2 e máximo coeficiente de correlação [Haralick, 1998].

Técnicas qualitativas e quantitativas são desenvolvidas para caracterizar a geometria dos objetos nas imagens. Há várias outras maneiras de representar e descrever a variação da forma dos objetos, como através da teoria do código da cadeia, teoria das assinaturas, dos números de formas, circularidade, entre outras. Assim, os atributos geométricos encontrados em imagens são: área, perímetro, compacidade, irregularidade e os momentos invariantes e centrais [Gonzalez, 2000].

*Wavelet* é uma função capaz de decompor e descrever ou representar outra função (ou uma série de dados) originalmente descrita no domínio do tempo (ou outras variáveis independentes, como o espaço), de forma que pode ser analisada em diferentes escalas de frequência e de tempo. A decomposição de uma função com o uso de *wavelets* é conhecida como transformada *wavelet* e tem suas variantes contínua e discreta. Graças à capacidade de decompor as funções tanto no domínio da frequência quanto no domínio do tempo, as funções *wavelets* são ferramentas poderosas de processamento de sinais, muito aplicadas na compressão de dados, eliminação de ruído, separação de componentes no sinal, identificação de singularidades, detecção de auto semelhança, e muito mais [Chen, 1995].

Assim, os coeficientes mais utilizados como extração de atributos de imagens por *wavelets* são [Chen, 1995]:

- CA: Coeficiente de Aproximação;
- CH: Coeficiente de Detalhes Horizontais;
- CV: Coeficiente de Detalhes Verticais;
- CD: Coeficiente de Detalhes Diagonais.

### 3. Metodologia

Primeiramente, foram selecionadas dez imagens de ruas arborizadas, representando a Classe 1, conforme visto na Figura 1, e dez imagens de ruas movimentadas, representando a Classe 2, de acordo com a Figura 2.

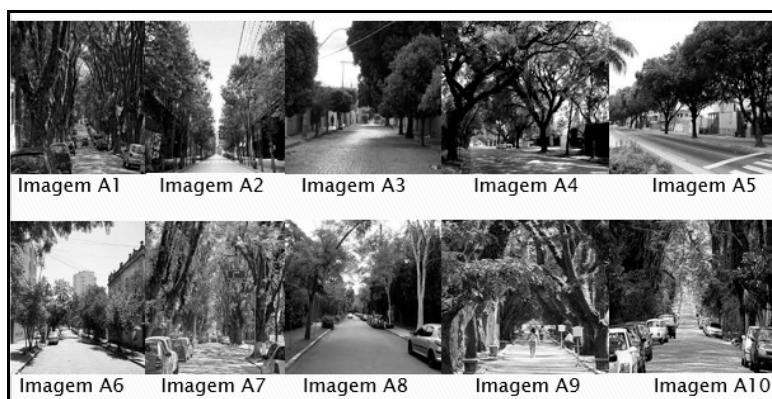
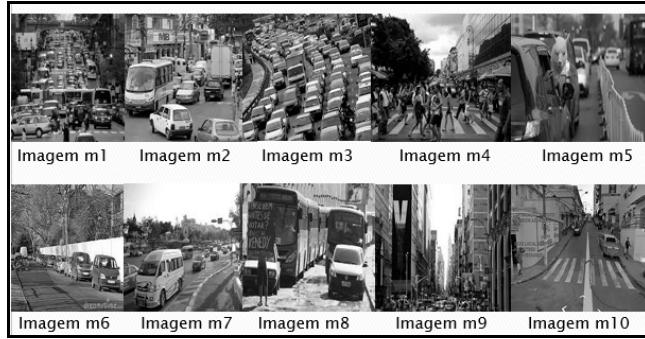


Figura 1: Imagens da Classe 1 – ruas arborizadas.



**Figura 2: Imagens da Classe 2 – ruas movimentadas.**

Em seguida, através do MATLAB [Matlab, 2016], um *software* que possui uma linguagem baseada em matrizes, voltado para o cálculo numérico, processamento de sinais, construção de gráficos; sendo bastante utilizado para propósitos científicos e de engenharia. Foram desenvolvidos diversos algoritmos para a realização da extração e seleção dos atributos de imagens. Extraíram-se os seguintes atributos: intensidade, textura, geométricos e *wavelets* para cada uma das imagens mostradas nas Figuras 1 e 2.

Após a extração dos atributos, os valores de cada um deles foram normalizados individualmente utilizando a fórmula de normalização pelo valor máximo dos elementos, conforme Equação 1.

$$A' = \frac{A}{Max} \quad (1)$$

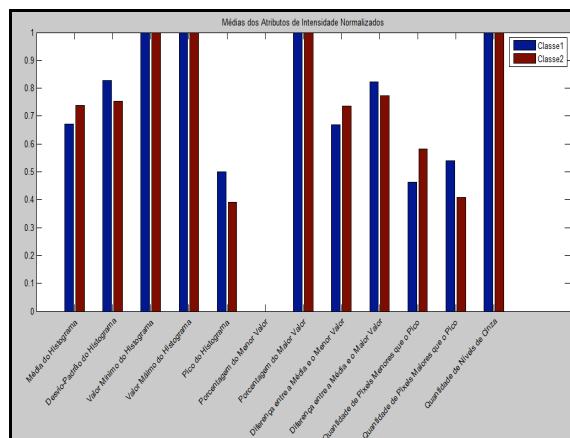
A': valor normalizado;

A: valor original do atributo;

Max: valor máximo do atributo, dentre os valores encontrados.

O propósito da normalização é minimizar os problemas oriundos do uso de unidades e dispersões distintas entre as variáveis, as quais podem ser normalizadas segundo a amplitude ou a distribuição [Haralick, 1998].

Após a normalização dos dados, fez-se uma média de cada atributo para as imagens da classe 1, representadas pela cor azul no gráfico de barras comparativo e também para as imagens da classe 2, representadas pela cor vermelha. Esses gráficos são exibidos nas Figuras 3, 4, 5 e 6 separados por conjuntos de atributos: intensidade, textura, geométricos e *wavelets*.



**Figura 3: Gráfico das médias dos atributos de intensidade.**

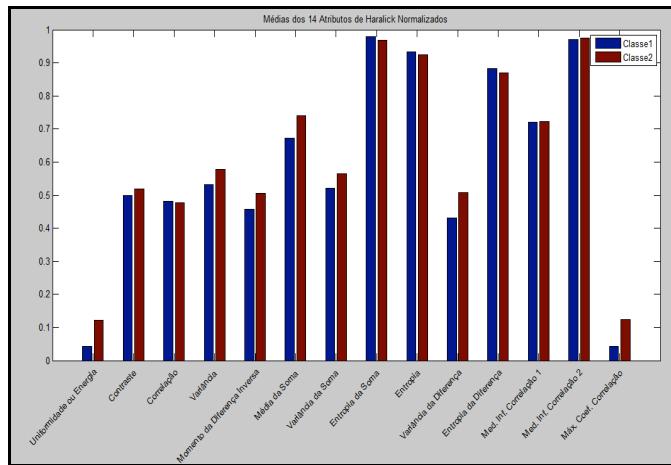


Figura 4: Gráfico das médias dos atributos de textura.

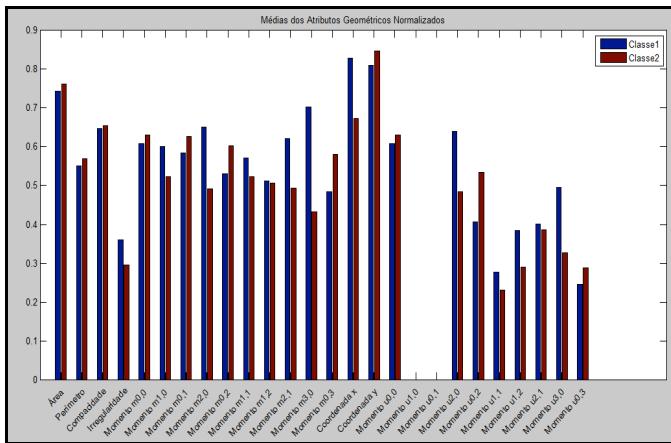


Figura 5: Gráfico das médias dos atributos geométricos.

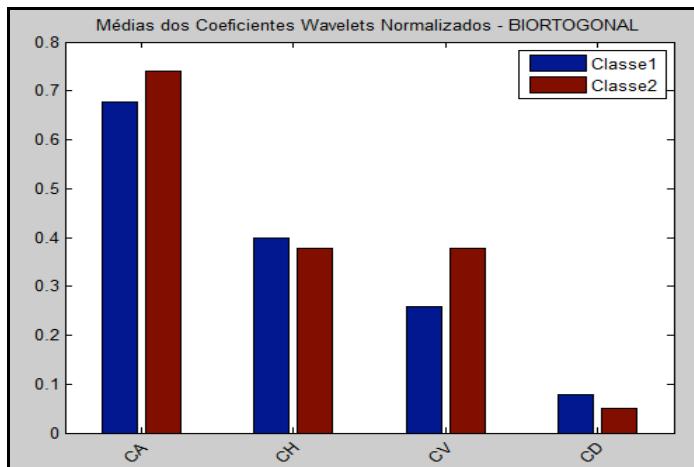


Figura 6: Gráfico das médias dos atributos wavelets.

Através destes gráficos pode-se ter uma noção de quanto cada atributo se difere de um grupo para outro, ou seja, quanto maior a diferença da barra vermelha para a barra azul, maior é a chance deste atributo ser relevante na separabilidade das classes. É notável que os atributos geométricos apresentam uma maior variação.

## 4. Resultados

Após a extração dos atributos, foi realizada uma seleção destes, a fim de verificar qual dos atributos possui melhor acurácia para a separação das imagens. Para realizar este procedimento, foi adotado o algoritmo *K-Means* como técnica de seleção de atributos.

A ideia do algoritmo *K-Means* (também chamado de K-Médias) é fornecer uma classificação de informações de acordo com os próprios dados. Esta classificação é baseada em análise e comparações entre os valores numéricos dos dados. Desta maneira, o algoritmo automaticamente vai fornecer uma classificação automática sem a necessidade de nenhuma supervisão humana, ou seja, sem nenhuma pré-classificação existente [Chen, 1995].

Partindo do pressuposto de que as imagens estão pré-classificadas em duas classes, sendo a Classe 1 como imagens de ruas arborizadas e a Classe 2 como imagens de ruas movimentadas, adotou-se o k do *K-Means* igual a dois, que é o número de grupos formados na classificação. A partir desta classificação feita pelo algoritmo, observou-se qual dos atributos teve o melhor acerto na formação dos grupos, onde os grupos formados foram comparados com as Classes 1 e 2 para verificar os acertos.

Então, os valores normalizados referentes aos doze atributos de intensidade, os quatorze atributos de textura, os vinte e seis atributos geométricos e os quatro atributos *wavelets* foram aplicados no algoritmo de *K-means*. Dessa forma, cada atributo foi utilizado para a classificação das imagens, com a finalidade de separar os dois grupos de imagens disponíveis para este trabalho. Nas Tabelas I, II, III e IV, encontram-se os resultados obtidos para este teste, em que é apresentada a porcentagem de acerto de cada atributo de acordo com a funcionalidade de separação de classes das imagens.

**Tabela I - K-means para a seleção de atributos de intensidade.**

Atributo	1	2	3	4	5	6
Acerto (%)	60	50	50	60	60	50
Atributo	7	8	9	10	11	12
Acerto (%)	50	60	60	65	60	50

**Tabela II - K-means para a seleção de atributos de textura.**

Atributo	1	2	3	4	5	6	7
Acerto (%)	55	50	60	50	45	60	50
Atributo	8	9	10	11	12	13	14
Acerto (%)	60	50	55	45	60	60	55

**Tabela III - K-means para a seleção de atributos geométricos.**

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acerto (%)	50	55	55	60	50	60	55	60	55
Atributo	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Acerto (%)	65	55	70	70	55	75	55	55	50
Atributo	19	20	21	22	23	24	25	26	
Acerto (%)	50	60	60	55	50	60	60	50	

**Tabela IV - K-means para a seleção de atributos wavelets.**

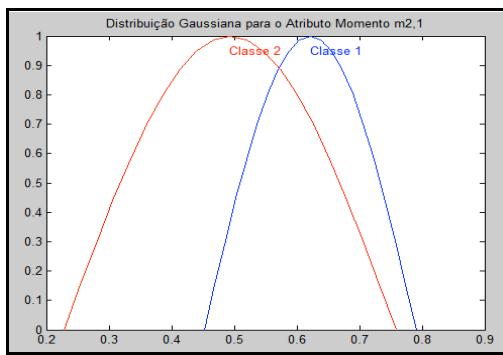
Atributo	CA	CH	CV	CD
Acerto (%)	55	60	75	55

Além da seleção de atributos pelo método de *K-means*, também foi adotado outro procedimento para classificação e separação dessas classes de imagens, o qual é denominado distribuição gaussiana.

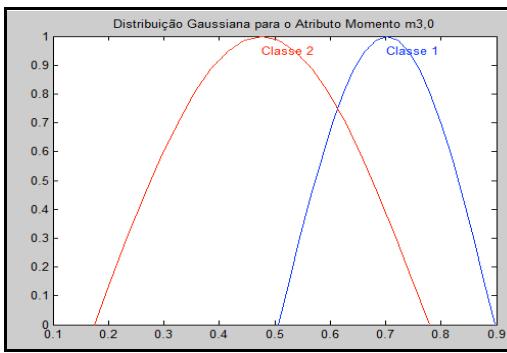
A distribuição de Gauss ou Gaussiana é uma das mais importantes da estatística, além de descrever uma série de fenômenos físicos e financeiros, possui grande uso na estatística inferencial. É inteiramente descrita por seus parâmetros de média e desvio padrão, ou seja, conhecendo-se estes valores consegue-se determinar qualquer probabilidade em uma distribuição Normal [Hall, 2000].

Então, foi aplicado o algoritmo da distribuição gaussiana para todos os atributos dos quatro tipos de atributos de imagens abordados neste trabalho: intensidade, textura, geométricos e *wavelets*, a fim de ver qual atributo possui melhor separabilidade entre as classes.

Os melhores resultados encontrados são apresentados nas Figuras 7 e 8, os quais correspondem aos atributos geométricos: Momento  $m_{2,1}$  e ao Momento  $m_{3,0}$ , onde há uma maior separação das classes de imagens em relação aos outros atributos analisados, ou seja, a curva da distribuição gaussiana estava “menos” sobreposta uma sobre a outra, assim, quantos menos sobreposta, maior é a separabilidade do atributo.



**Figura 7: Distribuição gaussiana para o Momento  $m_{2,1}$ .**



**Figura 8: Distribuição gaussiana para o Momento  $m_{3,0}$ .**

A partir do desenvolvimento, dos testes e dos resultados encontrados, conclui-se que os melhores atributos para separar/distinguir os grupos são o atributo geométrico Coordenada X do Centro de Massa e o atributo wavelet CV, ambos com 75% de acerto. Em seguida, há os atributos “Momento  $m_{2,1}$ ” e “Momento  $3,0$ ”, com taxa de acerto de 70%. Porém, com o objetivo de encontrar uma porcentagem de acerto maior na separabilidade das classes, resolveu-se combinar mais de um atributo (mais de uma dimensão) no algoritmo de K-means. O Critério para agrupar os atributos foi a combinação dos atributos que apresentaram maior porcentagem de acerto. Dessa

maneira, atingiu-se 85% de acurácia, combinando os 3 (três) melhores atributos geométricos. Assim, para as imagens utilizadas neste trabalho, os melhores atributos que caracterizam, separam, selecionam e discernem ambas as classes são os atributos geométricos.

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Logo, a partir dos estudos e testes realizados no decorrer da realização deste trabalho, os melhores atributos que caracterizam, separam, selecionam e discernem ambas as classes de ruas arborizadas e ruas movimentadas são os atributos geométricos.

Percebe-se também a importância da extração de diversos tipos de atributos em imagens, a saber: de intensidade, de textura, geométricos e *wavelets*, e do seu aprendizado para realização passo-a-passo dos algoritmos implementados. Também se verifica que não há um melhor método de extração de atributos, pois, para cada aplicação, determinado atributo tem uma funcionalidade e um resultado melhor. Por isso, é importante a prática de vários métodos em conjunto, e destes selecionar os mais importantes para a sua aplicação, uma vez que para utilizar todos os atributos exige um custo computacional muito grande, e informação demasiada com pouca utilidade atrapalha na interpretação dos resultados.

## Referências

- Chen, Y. Q.. Novel techniques for image texture classification. PhD thesis, University of Southampton, Department of Electronics and Computer Science, 1995.
- Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G.. Pattern Classification. 2 ed. New York, Wiley, 2001.
- Dutra, L. V.; Huber, R.. Feature Extraction and Selection for ERS 1/2 InSAR Classification. Int. J. Remote Sensing, 1999, vol. 20, nº. 5, 993-1016.
- Gonzalez, R. C.; Woods, R. E.. Processamento de Imagens Digitais, tradução do original Digital Image Processing. Edgard Blucher, São Paulo, 2000.
- Hall, M. A.. Correlation-based feature selection for discrete and numeric class machine learning. In: Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 359-366, 2000.
- Haralick, R. M.; Shanmugam, K.; Dinstein, I.. Textural features for image classification. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 3, 6 (Novembro 1998), 610-621.
- Jain, A. K.; Robert, P. W.; Moa, D.; Moa, J.. Statistical Pattern Recognition: A Review. IEEE Trans. On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 22, Nº.1, 2000.
- Matlab. 2016. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- Pratt, W. K.. Digital Image Processing. Wiley InterScience, 1991. 698 p.

# Jogos aplicados para pessoas com limitação motora utilizando o dispositivo vestível Myo

**Flávia Gonçalves Fernandes<sup>1</sup>, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida<sup>2</sup>,  
Reverton Gustavo De Queiroz Silva<sup>2</sup>, Caroline Araújo Marquez Valentini<sup>2</sup>,  
Alexandre Cardoso<sup>2</sup>, Renato Aquino Lopes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG) – Catalão – GO – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia – MG – Brasil

flavia.fernandes92@gmail.com, pedro.am14@hotmail.com,  
revertong@gmail.com, carolinevalentini@hotmail.com,  
alexandre@ufu.br, profrenatolopes@gmail.com

**Abstract.** *The features of immersion, involvement and motivation have done the serious games an important tool used in the medical field. However, there are people who, for some physical disability, are unable or unwilling to play. In this perspective, this paper describes the development of a game that uses, besides the traditional input/output devices, wearable device Myo. Thus, it is intended to minimize the limitations and motivate the use of games for people with upper limb disabilities.*

**Resumo.** *As características de imersão, envolvimento e motivação têm feito dos jogos sérios uma importante ferramenta utilizada na área médica. Entretanto, existem pessoas que, por alguma deficiência física, não conseguem ou não querem jogar. Nessa perspectiva, este trabalho, descreve o desenvolvimento de um jogo que utiliza, além dos dispositivos tradicionais de entrada e saída, o dispositivo vestível Myo. Assim, pretende-se minimizar as limitações e motivar o uso de jogos por pessoas com deficiências nos membros superiores.*

## 1. Introdução

De acordo com dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2015, há 12,7 milhões de pessoas portadoras de algum tipo de deficiência no Brasil, o que corresponde a cerca de 6,2% da população. Grande parte dessas pessoas definem o tipo da deficiência como limitação física. Desse modo, é de grande relevância desenvolver melhorias para essa classe de pessoas, contribuindo, assim, para a inclusão social das mesmas [Ibge, 2015].

As pessoas com deficiência física nos membros superiores podem possuir limitações para realizar as atividades diárias [Kouroupetroglou, 2013]. Dessa forma, também podem ter dificuldades para utilizar dispositivos tecnológicos, como computadores, tablets, celulares em atividades que necessitam de duas mãos, como jogos digitais, por exemplo. Os dispositivos vestíveis podem auxiliar no uso desses aparelhos tecnológicos, visto que o bracelete Myo efetua o controle dos comandos dos softwares por meio de gestos e movimentos do próprio usuário, mesmo que ele tenha alguma limitação física.

Existem trabalhos, tais como *PhysioPlay* [Santos; Carvalho; Bressan, 2012] e MoVER – *Movement in Virtual Environment for Rehabilitation* [Sousa Junior et al., 2013], que comprovam a eficiência do uso de jogos na motivação de pacientes em continuar o tratamento de fisioterapia dos membros superiores. Ambos são jogos motivacionais que utilizam o *Kinect* como sensor de captura das ações corporais e simulam movimentos fisioterapêuticos por meio de desafios para a realização de tarefas virtuais com o uso do corpo humano, demonstrando a possibilidade de tratamento remoto para a reabilitação e o seu baixo custo.

Nestes outros trabalhos, os meios de interação utilizados são os dispositivos *Kinect* e *joystick*. Porém, no presente trabalho, estas outras ferramentas tecnológicas não poderiam ser utilizadas, uma vez que as pessoas possuem deficiência física nos membros superiores e têm dificuldade em utilizar as ferramentas citadas.

Assim, jogos de reabilitação podem tornar-se alternativas para proporcionar maior motivação no tratamento por meio de desafios com técnicas virtuais, trabalhando conceitos que podem auxiliar na cognição, nos aspectos emocionais e físicos dos pacientes, no favorecimento dos movimentos do membro afetado, lazer, socialização e convivência com outras crianças.

Nesse sentido, o uso da reabilitação virtual por meio de jogos visa simular situações reais; percebe-se que o uso dela afasta o paciente do foco da dor ou do incômodo; melhora na funcionalidade dos membros acometidos e o leva a retomar as atividades nas áreas de desempenho ocupacional [Grande; Galvão; Godim, 2011].

A aplicação apresentada neste trabalho trata-se de um jogo voltado para crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores, com idade entre oito e quinze anos, do sexo masculino ou feminino. A finalidade deste sistema é promover a ampliação do acesso ao entretenimento digital, motivar a reabilitação e o tratamento dos pacientes de maneira lúdica, melhorar as habilidades cognitivas e de socialização.

O público-alvo desta pesquisa não possui as mãos ou as possui com má-formação congênita, o que limita o seu uso de dispositivos, como mouse e teclado, por exemplo. Para solucionar este problema, optou-se em utilizar o dispositivo vestível *Myo* que, ao ser colocado no braço da criança, possui a finalidade de reconhecer as contrações musculares do usuário e transformá-los em comandos para a navegação do jogo.

## 2. Materiais e Métodos

Neste trabalho, foi utilizado um jogo de quebra-cabeça para auxiliar na utilização de dispositivos tecnológicos por crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Esta escolha foi feita baseada no fato de que este tipo de jogo pode auxiliar tanto na reabilitação dos movimentos dos pacientes quanto nos aspectos cognitivos, uma vez que exercita o raciocínio lógico dos usuários.

Para o desenvolvimento do jogo, foi utilizada a *game engine Unity 3D* [Machado, 2016], por oferecer diversos recursos de computação gráfica necessários para implementação do projeto, além de possuir *plugin* de compatibilidade com o dispositivo vestível *Myo* [Myo, 2016]. Também foi utilizada a linguagem de programação C#, por ser de fácil compatibilidade com o *software Unity 3D*.

Além disso, é fornecido suporte para o desenvolvimento de *softwares*, em que *scripts* podem ser carregados, e gerenciados a partir do gerenciador de aplicações disponível no *software* que acompanha o *Myo*.

Neste gerenciador, é exibido o status do bracelete e são fornecidos detalhes de personalização com o nome, gestos criados, e a calibração, em que se pode criar um perfil para melhor ajustar o dispositivo ao usuário ou reiniciar as configurações para os padrões de fábrica.

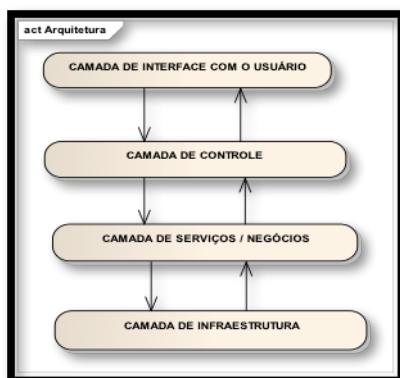
Nessa perspectiva, foram realizados vários testes para entender o funcionamento do bracelete e dos *plugins* disponibilizados para *download*, com a finalidade de conhecer as várias possibilidades do que se pode fazer com o *Myo*.

A interface natural é utilizada como meio de interação entre jogo e usuário. Ela é baseada nos movimentos que o usuário faz com o seu braço utilizando o *Myo*, o qual reconhece os gestos através de impulsos eletromiográficos. O dispositivo vestível *Myo* foi escolhido como forma de interação entre usuário e jogo. Esta escolha se deu devido à sua inovação tecnológica, praticidade, facilidade de uso e também pela vantagem custo-benefício.

### 3. Arquitetura e Requisitos do Sistema

A arquitetura do sistema é dividida em camadas com a finalidade de separar os processos de distribuição de dados, orientação a eventos e camada de interface gráfica. A arquitetura possui quatro camadas, conforme apresentado a seguir e ilustrado na Figura 1.

- **Camada de interface com o usuário:** responsável por criar eventos específicos por cada usuário para manipulação do jogo, ou seja, é a interface do jogo apresentada ao usuário.
- **Camada de controle:** responsável por aceitar ou rejeitar os eventos que chegam do módulo de interface com o usuário, isto é, é a camada de controle do jogo por meio do dispositivo *Myo*, a qual reconhece os gestos realizados pelo usuário na camada de interface.
- **Camada de serviços ou negócios:** camada que contém componentes de negócio, ou seja, apresenta a arquitetura da aplicação.
- **Camada de infraestrutura:** camada responsável pela comunicação via dispositivo vestível *Myo* e comunicação com o jogo.



**Figura 1. Arquitetura da aplicação**

*Myo* é um bracelete de reconhecimento de gestos, que permite o controle de aplicativos e dispositivos sem a necessidade de interagir com nenhum outro periférico. O *Myo* utiliza os mesmos parâmetros de sinais mioelétricos que são utilizadas em próteses de braços. Após efetuada a sua calibração, o *Myo* possibilita controlar *softwares* e outras aplicações por meio de gestos e movimentos. Seu propósito é controlar computadores, telefones e outros dispositivos, enviando os dados capturados por ele via *Bluetooth*. Além disso, não exige câmeras para rastrear os movimentos da mão ou braço e possuem baixo custo [Nuwer, 2013].

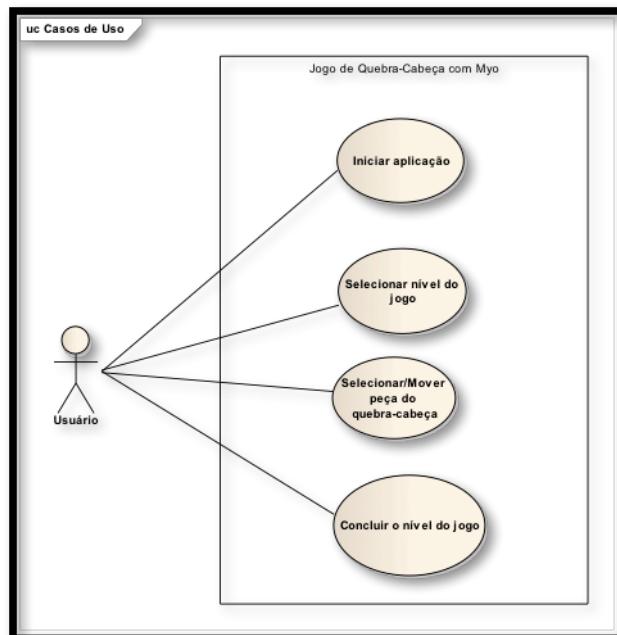
O *Myo* é utilizado no braço ou antebraço do usuário, conforme pode ser observado na Figura 2. É necessário realizar uma calibração da braçadeira para cada usuário de maneira individual, pois cada um possui atividades e contrações musculares específicas.



**Figura 2. Dispositivo vestível *Myo***

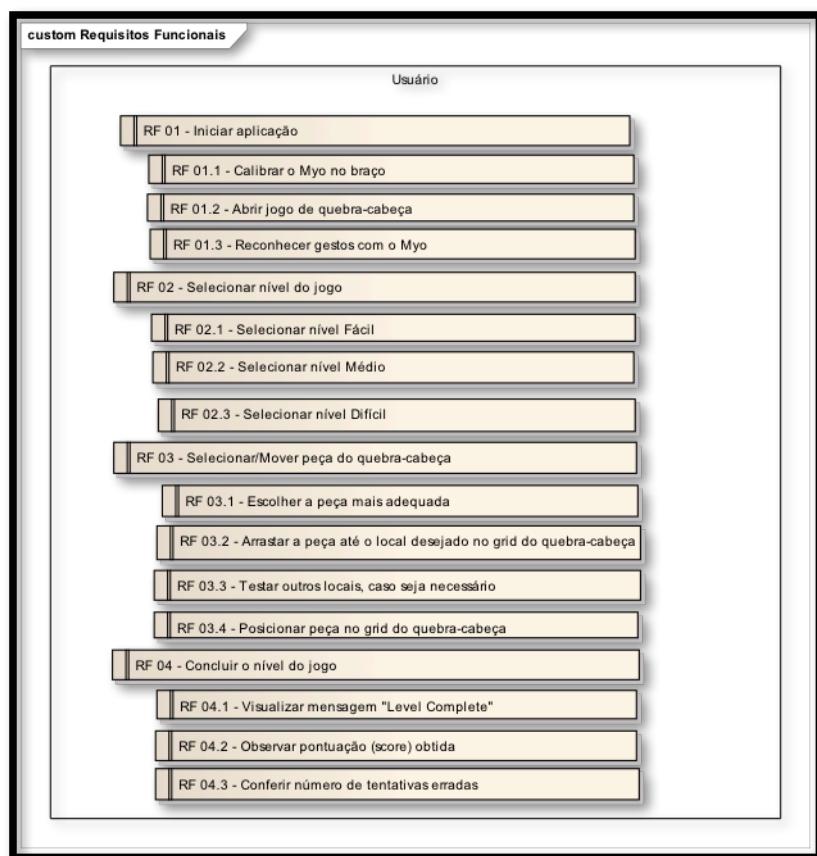
Fonte: Nuwer, 2013

A Figura 3 mostra o diagrama de casos de uso do sistema desenvolvido, onde ilustra o usuário sendo o ator principal do sistema. O usuário pode iniciar a aplicação, selecionar o nível do jogo, mover as peças do quebra-cabeça até o grid até concluir o nível do jogo, e o seu controle ocorre por meio do dispositivo vestível *Myo*.



**Figura 3. Diagrama de casos de uso**

Na Figura 4, pode ser visualizada os requisitos funcionais, que contém informações sobre a interação entre o usuário e o jogo. Foi escolhido um jogo de quebra-cabeça porque este tipo de jogo pode auxiliar tanto na reabilitação dos movimentos dos pacientes quanto nos aspectos cognitivos, uma vez que exercita o raciocínio lógico dos usuários, segundo informações obtidas com os profissionais da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), instituição onde serão aplicados os testes com os participantes da pesquisa.



**Figura 4. Requisitos funcionais da aplicação**

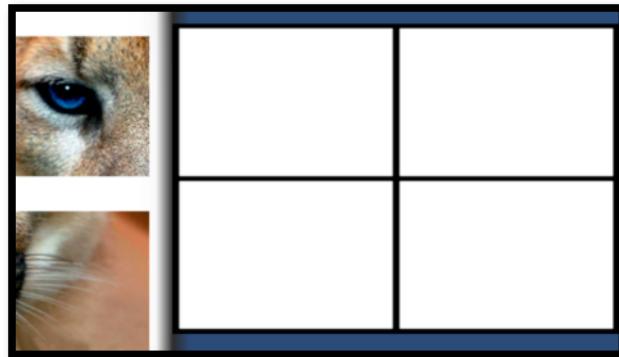
#### 4. Utilização do Jogo

No menu inicial do “Quebra-cabeça com Myo”, há três opções de níveis do jogo: Fácil, Médio e Difícil, conforme pode ser visto na Figura 5.



**Figura 5. Tela inicial do jogo**

Ao selecionar o nível “Fácil”, é exibido o jogo de quebra-cabeça  $2 \times 2$ , ou seja, com quatro peças, conforme pode ser visto na Figura 6.



**Figura 6. Tela inicial do nível Fácil**

As peças do jogo ficam do lado esquerdo da tela. Para arrastar as peças para o *grid* do quebra-cabeça, é preciso fazer gestos com o braço que está utilizando o dispositivo vestível *Myo* até concluir o nível atual do jogo.

Após a conclusão do nível do quebra-cabeça, é exibida a mensagem “Nível Concluído” juntamente com a pontuação e o número de tentativas erradas do usuário durante o jogo, segundo Figura 7. Há também a opção de retornar ao menu inicial para selecionar outro nível do jogo.



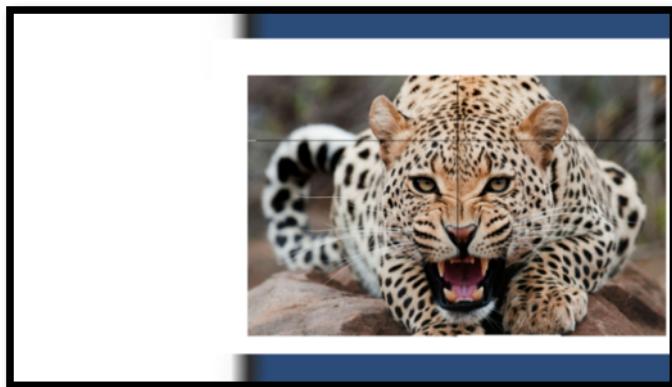
**Figura 7. Nível do jogo concluído**

A Figura 8 apresenta o nível “Médio” do jogo em resolução, quebra-cabeça  $3 \times 3$ , em que algumas peças já foram inseridas no *grid* do jogo.



**Figura 8. Nível Médio do jogo em resolução**

A Figura 9 apresenta o nível “Difícil” concluído do jogo, com configuração 4 x 4 do quebra-cabeça.



**Figura 9. Nível Difícil concluído**

Os símbolos apresentados na Figura 10 são os principais gestos realizados pelo usuário durante a execução de aplicações controladas pelo *Myo*, conforme padrão do dispositivo vestível.



**Figura 10. Gestos executados pelo usuário utilizando o Myo**

No jogo de quebra-cabeça apresentado, o gesto “*Double Tap*” é utilizado para iniciar o jogo. Os gestos “*Wave Left*” e “*Wave Right*” são utilizados para selecionar as peças do quebra-cabeça para a esquerda e para a direita, respectivamente. Para mover as peças até o *grid*, utiliza-se o gesto “*Fist*”, e para encaixar as peças do quebra-cabeça no *grid*, utiliza-se o gesto “*Fingers Spread*”.

Então, pode-se desbloquear o *software*, colocar o *Myo* no braço do usuário, efetuar a calibração do dispositivo e usar os movimentos do braço da pessoa para controlar o jogo, ao invés de *mouse* e teclado. Dessa forma, foram adicionados comandos por gestos para que o sistema seja usado com o dispositivo vestível *Myo*.

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Portanto, a proposta apresentada neste trabalho substitui o *mouse* e o teclado para realização de comandos básicos de entrada de dados, o que facilita a vida das pessoas que possuem dificuldade de manuseio de ferramentas tecnológicas devido à deficiência física nos membros superiores. A utilização de jogos mediados pelo dispositivo vestível *Myo* pode auxiliar e ampliar o uso de jogos digitais para pessoas com deficiência física nos membros superiores, proporcionando maior autonomia e acessibilidade ao entretenimento digital. Assim, a longo prazo, a estratégia apresentada pode auxiliar na aceitação da limitação motora, motivar os pacientes a utilizar com maior frequência o

membro com deficiência, desenvolver e criar habilidades, despertar potenciais, conhecer novas tecnologias, melhorar a cognição, o processo de reabilitação, os aspectos emocionais e físicos, a socialização com outras crianças e o lazer. O projeto de pesquisa já foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) correspondente a 55704316.3.0000.5152, e será aplicado na Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD).

## Referências

- Boyali, A.; Hashimoto, N.; Matsumoto, O.. “Hand Posture and Gesture Recognition using Myo Armband and Spectral Collaborative Representation based Classification”. In: IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics - GCCE, 2015.
- Grande, A. A. B.; Galvão, F. R. O.; Gondim, L. C. A. “Reabilitação virtual através do videogame: relato de caso no tratamento de um paciente com lesão alta dos nervos mediano e ulnar”. Revista Acta Fisiátrica, Rio Grande do Norte, v. 18, n. 3, p. 157-162, 2011.
- Ibge. “Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística”. 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- Kouroupetroglou, G.. “Disability Informatics and Web Accessibility for Motor Limitations”. IGI Global, 2013.
- Lipovský, R. e Ferreira H. A. “Hand Therapist: a rehabilitation approach based on wearable technology and video gaming”. In: Portuguese BioEngineering Meeting. 4. Porto: Portugal, 2015.
- Machado, H.. “Unity 3D: Introdução ao desenvolvimento de games”. 2016. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/unity-3d-introducao-ao-desenvolvimento-de-games/30653>>. Acesso em: 17 mar. 2016.
- Myo. “Thalmic Labs: Myo Gesture Control Armband”. 2016. Disponível em: <<https://www.thalmic.com/myo/>>. Acesso em: 30 mar. 2016.
- Nuwer, R.. “Armband adds a twitch to gesture control”. New Scientist 217.2906, 2013, p. 21.
- Santos, J. V. S.; Carvalho, L. C.; Bressan, P. A.. “Physioplay: um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect como biofeedback visual”. In: IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA), Paranavaí, 2012.
- Sousa Junior, V. D. et al. “MoVER: Serious Game aplicado à reabilitação motora usando sensor de movimento Kinect”. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), Maceió, 2013.

# Régressão linear aplicada na predição de *fuzzy time series* e auxílio de tendência em conjuntos nebulosos

Francirley Resendes Borges Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO)

**Abstract.** *The time series analysis and forecasting techniques are indispensable to science and engineering disciplines. The Fuzzy Time Series methods have gaining more visibility in recent years due to its good results and usability when compared to traditional methods. This work proposes a new first order Fuzzy Time Series which merges linear regression techniques in forecasting. A discussion of the method is presented and its empirical results are compared with the standard literature methods obtaining good results.*

**Resumo.** As técnicas de análise e predição de séries temporais são indispensáveis às ciências e engenharias. Os métodos de predição baseados em lógica fuzzy vêm ganhando visibilidade devido aos bons resultados e praticidade, quando comparados aos modelos tradicionais. Neste trabalho é proposto um novo método de séries temporais nebulosas de primeira ordem que mescla características da regressão linear para prever valores futuros da série. É apresentada uma discussão do método proposto e seu desempenho é comparado frente a outros métodos de referência na literatura obtendo bons resultados.

## 1. Introdução

Atualmente a demanda por métodos de predição acurados e de baixo custo computacional tem aumentado significativamente, em grande parte devido ao crescente aumento do volume de dados disponíveis para análise. Métodos tradicionais de análise e predição de séries temporais, como o ARMA e ARIMA, têm alto custo de ajuste a atualização. Este cenário motivou, nos últimos anos, o desenvolvimento de novos métodos de previsão que aliam desempenho preditivo, simplicidade e baixo custo de processamento. Um desses é o método *Fuzzy Time Series* (FTS) [Song and Chissom 1993b], que nos últimos anos tem chamado atenção devido aos muitos estudos relatando sua boa acurácia em comparação com outros modelos [Singh 2015]. Embora esses tenham recebido algumas críticas da literatura (ver por exemplo [Javedani Sadaei 2013]) devido a problemas metodológicos, muitas dessas questões têm sido abordadas em estudos mais recentes [Javedani Sadaei et al. 2016].

O objetivo desse trabalho é propor um novo modelo que mescla regressão linear e FTS com objetivo de criar um novo método de baixo custo computacional e ainda assim boa ou melhor capacidade preditiva, se comparado aos outros métodos clássicos da literatura. Mesclando as características de regressão linear o método busca identificar tendências dentro dos conjuntos fuzzy, o que com os métodos tradicionais não acontece. Verificando o comportamento do novo método é possível constatar que a proposta alcança o objetivo de identificar as tendências presentes nos conjuntos fuzzy bem como logra ótimos resultados quando comparadas as avaliações de métricas de desempenho.

Esse trabalho está divido em seis partes. Na seção 2.1 é apresentada uma breve revisão da literatura sobre alguns dos modelos clássicos de FTS, como os modelos de primeira ordem e os modelos do estado da arte como as séries nebulosas ponderadas. Na seção 3 apresenta-se as características e um exemplo do funcionamento do método proposto. Na seção 4 é apresentada a metodologia empregada, os testes realizados e os conjuntos de dados para tais. Na seção 5 são demonstrados e brevemente discutidos os resultados obtidos pelos experimentos e, por fim, as conclusões obtidas, limitações do trabalho e trabalhos futuros são apresentados na seção 6.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Modelos de séries temporais nebulosas

*Fuzzy Time Series* (FTS) são modelos não paramétricos introduzidos por Song e Chissom [Song and Chissom 1993b] com base na teoria dos conjuntos Fuzzy [Zadeh 1965]. São métodos fáceis de implementar e muito flexíveis, que permitem meios para lidar com dados numéricos e não numéricos. Alguns dos métodos FTS produzem modelos compactos e que permitem a compreensão humana do comportamento das séries temporais usando regras nebulosas (*Fuzzy Rules*) facilitando o manejo de informações por especialistas. Existem várias categorias de métodos FTS, que variam principalmente em ordem e tempo-variância. A ordem indica quantos atrasos de tempo (*lags*) são usados na modelagem da série temporal. Dado uma série temporal  $F$ , os modelos de Primeira Ordem usam  $F(t-1)$  dados para prever  $F(t)$  e os modelos de Alta Ordem usam  $F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-n)$  dados para prever  $F(t)$ . Modelos que variam em função do tempo requerem atualizações do modelo atual com o passar do tempo para produzir novas previsões.

Song e Chissom [Song and Chissom 1993b] propuseram as principais etapas de todos os métodos FTS, mas sua metodologia exige muitas operações de matriz para cada previsão tornando assim o processo computacionalmente caro. Chen [Chen 1996] simplificou o algoritmo de Song e Chissom criando os *Fuzzy Logical Rule Groups* (FLRG), tornando o processo de previsão mais barato, pois assim evita o uso de manipulações de matrizes. Os FLRGs são a regra base do modelo e são legíveis e fáceis de interpretar. Ambos os métodos são conhecidos como modelos convencionais FTS. Primeiramente no treinamento de um modelo FTS acontece a partição do Universo do Discurso  $U$ , ou seja, o intervalo que mantém os dados de treinamento que devem ser transformados em conjuntos fuzzy (*Fuzzy Sets*). O esquema de particionamento inicialmente proposto nos métodos convencionais divide a faixa de dados em  $k$  intervalos de mesmo tamanho. Por simplicidade, este método é adotado neste trabalho. No entanto, métodos mais precisos são propostos na literatura, por exemplo, [Huarng 2001] e [Cheng et al. 2006].

## 3. FTS Regressivo

Métodos de regressão estimam modelos que quantificam as relações de dependência entre variáveis através de coeficientes estimados a partir da correlação linear entre elas. No caso das séries temporais são utilizados  $n$  atrasos temporais  $F(t-1), \dots, F(t-n)$  da mesma variável como preditores para um valor futuro  $F(t)$ . A estimativa dos coeficientes desse modelo é utilizada nos métodos AR, ARMA e ARIMA. A metodologia de Box-Cox utiliza a função de autocorrelação (Auto Correlation Function - ACF) para determinar o número de regressores do modelo. O método proposto neste trabalho mescla

características das funções de auto regressão com modelos de séries temporais nebulosas com o objetivo de melhorar a acurácia. Essa metodologia identifica tendências de crescimento e decrescimento dos valores da série que estão presentes nos conjuntos *fuzzy*. Para cada tentativa de prever um momento  $F(t + 1)$  são ajustadas regressões lineares com base nos pontos presentes em cada conjunto *fuzzy* consequente (RHS) até o momento  $F(t)$ . Determinadas as equações de ajuste é então calculado o valor de  $F(t + 1)$ .

O método é descrito a seguir em dois procedimentos separados: o procedimento de construção do modelo e o procedimento de previsão. O procedimento de construção do modelo baseia-se em [Song and Chissom 1993b] e [Chen 1996] e pretende construir a base de regras FLRG:

#### **Procedimento de construção de modelo:**

1. Definir o universo do discurso  $U$  dos dados  $D$  como  $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$ ;
2. Particionar o universo do discurso em  $k$  intervalos  $u_i$  de igual tamanho  $\frac{(D_{max}+D_2)-(D_{min}-D_1)}{k}$ , onde  $D_1$  e  $D_2$  são apenas números usados para arredondar  $D_{max}$  e  $D_{min}$  para o próximo múltiplo inteiro de 10;
3. Definir os conjuntos fuzzy  $A_i$  no universo  $U$ . Cada conjunto fuzzy será relacionado a um intervalo  $u_i$ , terá um ponto médio  $m_{A_i}$  e será associado a uma função de associação fuzzy triangular  $\mu_{A_i}(x)$ . O vetor  $\mu_{A_i} = [\mu_{A_i}(u_1), \dots, \mu_{A_i}(u_k)]$  representa os valores de associação do conjunto fuzzy  $A_i$  com os pontos médios de todos os  $u_i$  intervalos;
4. Fuzzificar os dados históricos  $D$ , gerando um novo conjunto de dados  $D_f$ . Cada ponto de dados  $d_i \in D$  será substituído pelo conjunto fuzzy  $A_k$  que tem o maior valor de associação  $\mu_{A_k}(d_i)$ ;
5. A partir de  $D_f$  são estabelecidos todos os *Fuzzy Logical Relationship* - FLR entre dois conjuntos no seguinte formato  $A_i \rightarrow A_j$  onde  $A_i$  é um valor fuzzificado no tempo  $t$  e  $A_j$  é o valor fuzzificado no tempo  $t + 1$ . Depois de geradas todas as FLRs, as regras duplicadas são eliminadas;

$$\begin{array}{lll} A_i \rightarrow A_j & A_i \rightarrow A_k & A_i \rightarrow A_l \\ A_j \rightarrow A_i & A_j \rightarrow A_l & A_i \rightarrow A_l \\ A_i \rightarrow A_j & A_j \rightarrow A_l & A_j \rightarrow A_j \end{array} \quad (1)$$

6. Gerar os FLRG. O conjunto de regras distintas é então agrupado pelo seu predecessor  $A_i$ , criando os FLRGs. Por exemplo, o grupo de FLRs na Equação 1 gerará o FLRG na equação 2.

$$\begin{array}{ll} A_i \rightarrow A_j, A_k, A_l \\ A_j \rightarrow A_j, A_l \end{array} \quad (2)$$

As FLRGs compõem a base de regras do modelo e são legíveis, permitindo sua utilização por especialistas na aquisição de conhecimento. Uma FLRG tem a forma  $LHS \rightarrow RHS$  em que  $LHS$  sempre tem um conjunto fuzzy, representando  $F(t - 1)$  e o  $RHS$  tem todos os conjuntos fuzzy que seguiram  $LHS$  nas FLRs, representando assim todos os possíveis  $F(t)$  provenientes de  $F(t - 1)$ . O número de regras na base está intimamente relacionado com as propriedades estatísticas (esperança, variância e estacionaridade) da série temporal.

#### **Procedimento de previsão:**

O procedimento de previsão usa as FRLGs como base para o modelo de previsão. Para cada momento  $F(t)$  que pertence a uma FLR é identificado a FLRG e suas FLRs consequentes para então se determinar o valor de  $F(t + 1)$  considerando três cenários diferentes:

1.  $A_i \rightarrow A_j$ . Nesse caso  $F(t + 1)$  é calculado ajustando-se uma regressão linear dos pontos dentro do conjunto  $A_j$ . Caso não haja pelo menos dois pontos dentro do conjunto é usado então o valor de  $m_j$ , ponto médio do próprio conjunto. Obtendo-se a equação de regressão linear  $Ax + b$ , o valor de  $x$  é definido pelo equação 3:

$$x = 1 + \sum_{i=1}^n i \quad (3)$$

Por exemplo, se até o momento  $t$  existirem 4 pontos dentro do conjunto  $A_j$ , o valor de  $x$  será 5.

2.  $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_l$ .

Nesse cenário  $F(t + 1)$  é calculado de forma similar ao cenário 1, porém, após calculado os valores obtidos pelas equações de cada consequente, a média simples desses valores representa o valor final para  $F(t + 1)$ . Assim como na etapa 1, caso não haja pelo menos dois pontos em cada conjunto  $A_{j,k,l}$ , necessários para se ajustar uma regressão linear, o valor de ponto médio do referido conjunto é usado em seu lugar.

3.  $A_j \rightarrow \emptyset$ .

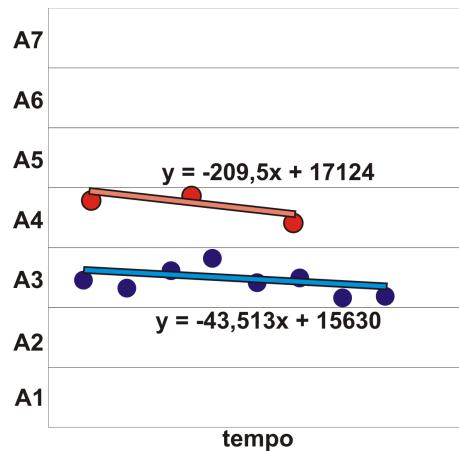
Nesse cenário não há recorrências consequentes com base na série de treinamento, assim  $F(t + 1)$  é calculado pelo ajuste da equação de regressão linear obtida com base nos últimos 3 valores da série  $F$ . Na equação de ajuste o valor de  $x$  será 4, logo são necessários pelo menos 3 instâncias da série para se iniciar o processo.

### 3.1. Exemplo de Aplicação

Para ilustrar o funcionamento do FTS Regressivo esta seção demonstra um exemplo de aplicação do método proposto. Para isso emprega-se o conjunto de dados *Enrollments* da Universidade de Alabama, recuperado de [Song and Chissom 1993a]. Usando um esquema de particionamento com 7 intervalos de mesmo tamanho e funções de pertinência triangulares, obtém-se os FRLGs listados na Equação 4.

$$\begin{aligned} A_1 &\rightarrow A_1, A_2 \\ A_2 &\rightarrow A_3 \\ A_3 &\rightarrow A_3, A_4 \\ A_4 &\rightarrow A_4, A_3, A_6 \\ A_5 &\rightarrow \emptyset \\ A_6 &\rightarrow A_6, A_7 \\ A_7 &\rightarrow A_7, A_6 \end{aligned} \quad (4)$$

Dado um valor de entrada, por exemplo  $F(t) = 15,984$ , pertencente ao conjunto  $A_3$  tem-se, FRLG  $A_3 \rightarrow A_3, A_4$ . Esse caso encaixa-se no cenário 2 do procedimento de previsão. Logo, ajustando as duas equações de regressão tem-se os seguintes valores, sendo que para o conjunto  $A_3$  :  $y = -43,512x + 15630$  e para  $A_4$  :  $y = -209,5x + 17124$ ,



**Figura 1. Pontos dos conjuntos fuzzy A3 e A4**

com base nos pontos presentes em cada conjunto da série *Enrollment* (observe a Figura 1).

A quantidade de pontos presentes no conjunto  $A_3$  é 8 e em  $A_4$  são 3, logo aplicando a fórmula 3 os valores de  $x$  para as equações são 9 e 4 respectivamente. Resolvendo as equações obtém-se:  $A_3 : y = 15238,4$  e  $A_4 : y = 16286$ . Calculando a média dos dois valores tem-se então  $F(t + 1) = 15762,2$  sendo que o valor original da série nesse momento seria 16859.

#### 4. Materiais e Métodos

Para medir o desempenho do modelo proposto, foram selecionados dois dados de séries de tempo financeiros bem conhecidos: *TAIEX*<sup>1</sup> e *NASDAQ IXIC*<sup>2</sup>. Um método de validação cruzada foi aplicado para treinamento e previsão sob dados de teste. Os resultados foram então comparados com os métodos Song&Chissom FTS [Song and Chissom 1993b], Conventional FTS [Chen 1996], Weighted FTS [Yu 2005], e Exponentially Weighted FTS [Javedani Sadaei 2013], sendo todos eles treinados com as mesmas definições e dados. As métricas usadas para avaliar e medir a acurácia do modelo foram o *Mean Average Percent Error* (MAPE) e RMSE (Root Mean Squared Error). O universo do discurso foi dividido em um esquema de grade, em que todas as partições têm o mesmo comprimento. Cada modelo foi treinado e testado para 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 partições.

#### 5. Resultados

Os resultados obtidos com o experimento podem ser visualizados nas tabelas 1 e 2, que demonstram as médias e desvios padrão das métricas MAPE e RMSE de cada método nas diversas partições propostas do Universo de Discurso. Além disso, as Figuras 2 e 3 demonstram o comportamento dos métodos e, para melhor visualização, uma instância de 100 pontos das séries de testes é mostrada.

A análise dos resultados indica o desempenho competitivo do método proposto dentre os métodos clássicos da literatura. Pela média o FTS Regressivo é significativa-

<sup>1</sup>[http://www.twse.com.tw/en/products/indices/Index\\_Series.php](http://www.twse.com.tw/en/products/indices/Index_Series.php)

<sup>2</sup><http://www.nasdaq.com/aspx/flashquotes.aspx?Symbol=IXIC\&selected=IXIC>.

**Tabela 1. Médias e desvios padrão dos MAPEs**

Metodos	MAPEs			
	TAIEX		NASDAQ	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Song&Chissom	1,460	0,499	1,901	0,867
Chen	1,541	0,495	1,984	1,282
Yu	2,156	0,676	2,002	1,195
Javedani	2,867	0,677	2,015	1,193
FTS Proposto	1,527	0,472	1,364	0,707

**Tabela 2. Médias e desvios padrão dos RMSEs**

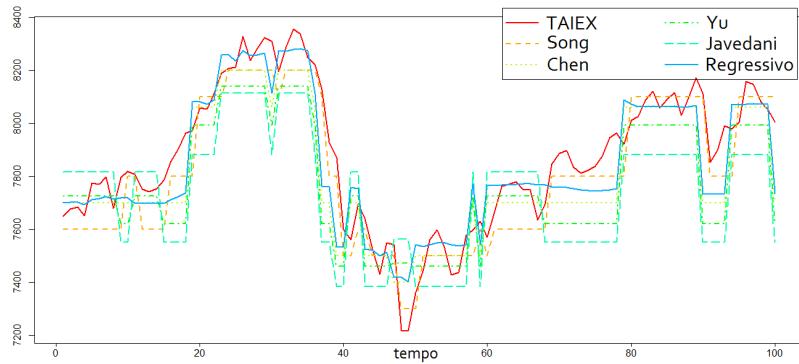
Metodos	RMSEs			
	TAIEX		NASDAQ	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Song&Chissom	145.53	45.64	91.58	37.49
Chen	152.23	43.29	88.42	56.37
Yu	215.97	64.05	89.54	52.34
Javedani	278.64	65.93	90.06	52.20
FTS Proposto	151.99	42.24	66.01	31.75

mente superior aos métodos de Chen, Yu e Javedani apresentando ainda maior estabilidade dado o menor desvio padrão dos testes. Esse resultado deve-se ao bom desempenho do método mesmo nos testes com poucas partições do universo de discurso. Na série TAIEX o método de Song&Chinssom conseguiu a melhor média, porém esse método além de ser bem mais oneroso, devido as operações entre matrizes, teve menor desempenho se comparado com o método proposto quando houve poucas partições do universo de discurso, por exemplo, para 10 e 15 partições o método porposto conseguiu MAPE de 2,40 e 1,63 contra 2,45 e 1,78. Na série NASDAQ o método proposto foi unânime e, além de manter menor valor de desvio padrão, conseguiu resultados significativamente melhores. Através das Figuras 2 e 3 pode-se observar o comportamento dos métodos. As figuras ilustram as 100 primeiras instâncias, quando em um cenário com 40 partições do universo. Com 40 partições, todos os métodos tiveram as melhores avaliações pelas métricas.

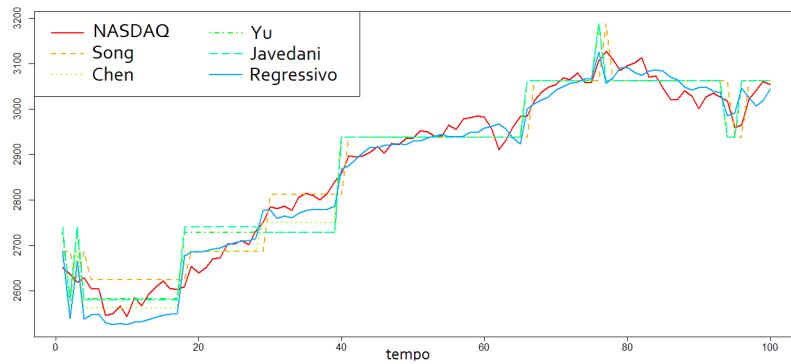
Observado as figuras, é possível identificar que o método proposto tem um comportamento mais dinâmico e os métodos da literatura possuem um comportamento estático dentro dos conjuntos *fuzzy*. Tal comportamento era esperado, já que a proposta era tentar identificar tendências dentro de cada conjunto *fuzzy*. Na série NASDAQ é possível ver claramente que o método conseguiu seguir a tendência de crescimento que a série de validação possui, o que provavelmente o ajudou a obter melhores resultados.

## 6. Conclusão

Uma das vantagens das FTS é a descrição do comportamento das séries temporais através de regras no formato *LHS* → *RHS*, em que *LHS* é o precedente da regra e indica o



**Figura 2. TAIEX - Comparativo entre métodos**



**Figura 3. NASDAQ - Comparativo entre métodos**

estado da série e um tempo  $t$ , e  $RHS$  é o consequente e contém o conjunto de estados possíveis no tempo  $t + 1$  dado o conjunto  $RHS$  no tempo  $t$ . Os estados previamente citados são conjuntos nebulosos e abarcam em si uma série de valores. Ao defuzificar essas regras, no entanto, os valores de predição são estáticos, representados pela média dos pontos médios de conjunto nebuloso da  $RHS$ . Outros modelos de FTS incluem um termo de tendência linear, único para toda a série. Dependendo da série em questão, as tendências podem não ser lineares ou variarem conforme a época.

O método proposto apresenta uma solução para esses inconvenientes com a introdução de uma fórmula de regressão linear no  $RHS$ , calculada a partir dos conjuntos nebulosos que formavam esse consequente. O intuito dessa inovação é capturar as tendências locais de cada conjunto precedente  $LHS$ , tornando a predição mais dinâmica. O FTS Regressivo é um método de FTS de primeira ordem e invariável no tempo, de baixo custo computacional e alta flexibilidade, mesmo em diversos esquemas de particionamento do Universo de Discurso.

O método foi testado contra outros métodos padrão de FTS da literatura (Song e Chissom, Chen, Yu e Javedani) para duas séries temporais financeiras (TAIEX e NASDAQ), e a partir dos resultados é possível observar que a proposta conseguiu alcançar valores competitivos pelas métricas RMSE e MAPE, obtendo inclusive melhores avaliações se comparados com os métodos da literatura, principalmente se analisadas na série temporal NASDAQ. Mesmo na série TAIEX os valores de desvios padrão, que medem a variação dos resultados obtidos, se mostraram menores demonstrando assim que o método

proposto é mais estável quando há poucas partições do Universo de Discurso.

## Referências

- Askari, S. and Montazerin, N. (2015). A high-order multi-variable Fuzzy Time Series forecasting algorithm based on fuzzy clustering. *Expert Systems with Applications*, 42(4):2121–2135.
- Chatfield, C. (2000). *Time-series forecasting*. CRC Press.
- Chen, S.-M. (1996). Forecasting enrollments based on fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 81(3):311–319.
- Cheng, C.-H. H., Chang, J.-R. R., and Yeh, C.-A. A. (2006). Entropy-based and trapezoid fuzzification-based fuzzy time series approaches for forecasting IT project cost. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5):524–542.
- Efendi, R., Ismail, Z., and DERIS, M. M. (2013). Improved weight Fuzzy Time Series as used in the exchange rates forecasting of US Dollar to Ringgit Malaysia. *International Journal of Computational Intelligence and Applications*, 12(01):1350005.
- Huarng, K. (2001). Effective lengths of intervals to improve forecasting in fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 123(3):387–394.
- Ismail, Z. and Efendi, R. (2011). Enrollment forecasting based on modified weight fuzzy time series. *Journal of Artificial Intelligence*, 4(1):110–118.
- Javedani Sadaei, H. (2013). *Improved models in Fuzzy Time Series for forecasting*. PhD thesis, Universiti Teknologi Malaysia.
- Javedani Sadaei, H., Enayatifar, R., Guimarães, F. G., Mahmud, M., and Alzamil, Z. A. (2016). Combining ARFIMA models and fuzzy time series for the forecast of long memory time series. *Neurocomputing*, 175:782–796.
- Sadaei, H. J., Enayatifar, R., Abdullah, A. H., and Gani, A. (2014). Short-term load forecasting using a hybrid model with a refined exponentially weighted fuzzy time series and an improved harmony search. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 62(from 2005):118–129.
- Singh, P. (2015). A brief review of modeling approaches based on fuzzy time series. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, pages 1–24.
- Song, Q. and Chissom, B. S. (1993a). Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series - part I. *Fuzzy Sets And Systems*, 54:1–9.
- Song, Q. and Chissom, B. S. (1993b). Fuzzy time series and its models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54(3):269–277.
- Talarposhti, F. M., Sadaei, H. J., Enayatifar, R., Guimarães, F. G., Mahmud, M., and Eslami, T. (2016). Stock market forecasting by using a hybrid model of exponential fuzzy time series. *International Journal of Approximate Reasoning*, 70:79–98.
- Yu, H.-K. K. (2005). Weighted fuzzy time series models for TAIEX forecasting. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 349(3):609–624.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3):338–353.

# Implementação de algoritmo NSGA-III com operador de estimativa de distribuição

Francirley Resendes Borges Costa<sup>1</sup>, José Robson Mariano Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO)

**Abstract.** This work presents the optimization algorithm for many objectives NSGA-III (Genetic Algorithm of Unclassified Classification) with the evolutionary estimation distribution algorithm (EDA). In the work development was proposed a way for obtaining and preserving solutions, guided by reference points. As selection operator was chosen by EDA with creation of probabilistic models using normal distribution around the projection distances between the individuals of the search space and reference points. The results and comparisons with the original implementations of the NSGA-III and the MOEAD/PBI are presented in the scope of the paper, a proposal was inferior to the results defined by the idealizers of the other methods. At the end a critical analysis is carried out, as well as proposals for improvements for future work.

**Resumo.** Este trabalho apresenta o algoritmo de otimização de muitos objetivos NSGA-III (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm) com o método de seleção evolucionário de estimativa de distribuição (EDA). No desenvolvimento do trabalho foi proposto um mecanismo de obtenção e preservação de soluções, orientado por pontos de referência. Como operador de seleção foi escolhido o EDA com criação de modelos probabilísticos usando distribuição normal em torno das distâncias de projeção entre os indivíduos do espaço de busca e pontos de referência. No decorrer do trabalho são apresentados os resultados e comparações com as implementações originais do NSGA-III e MOEAD/PBI, a proposta mostrou-se inferior frente aos resultados apresentados pelos idealizadores dos outros métodos. Ao final uma análise crítica é realizada, bem como propostas de melhorias para trabalhos futuros.

## 1. Introdução

Métodos de otimização evolucionária multi/muitos objetivos (*Evolutionary multi/many-objective optimization* - EMO) surgiram no inicio dos anos noventa e desde então é crescente a quantidade de pesquisadores nessa área. Impulsionado cada vez mais pela evolução dos computadores, sua popularização também aconteceu na área industrial com o aparecimento de softwares EMO comerciais. No cotidiano os métodos EMO tem demonstrado cada vez mais capacidade para resolver problemas com muitos objetivos. Os métodos de otimização multi/muitos objetivos têm basicamente dois conceitos principais: diminuir a distância entre a frente não dominada e a frente pareto-ótimo e encontrar um conjunto de soluções diversificadas. Já os algoritmos genéticos/evolucionários (AEs) buscam solucionar os problemas de seleção e geração das soluções de forma a garantir uma busca eficaz para o conjunto pareto-ótimo. O foco principal das pesquisas com EMO é buscar maneiras de garantir a manutenção de soluções distintas e mais próximas da

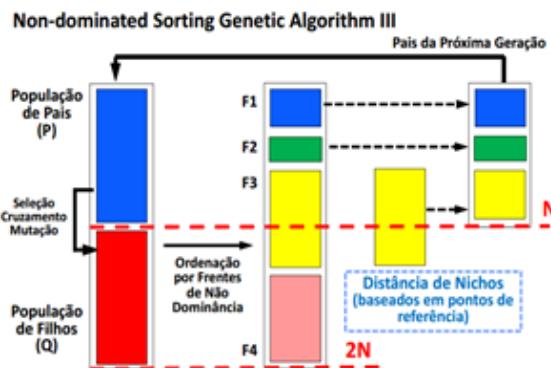
fronteira pareto-ótimo durante o processo evolucionário, o que mantém um bom espaçamento das soluções [Barbosa et al. 2010]. Com base na característica dinâmica dos processos evolucionários, este trabalho propõe a implementação de um EMO fundamentado no NSGA-III [Deb et al. 2005] com operador de geração de soluções EDA. Nesse contexto, o algoritmo evolucionário NSGAEDA foi desenvolvido. Na seção II é apresentada uma revisão da literatura sobre alguns dos principais algoritmos de EMO. Na seção III a estrutura do algoritmo proposto e suas características são apresentadas. Na seção IV são apresentados os problemas usados para testes com o algoritmo proposto. Na seção V os resultados obtidos são confrontados e analisados em comparação com os algoritmos NSGA-III e MOEAD/PBI. Por fim, na sessão VI são apresentadas as conclusões e uma análise crítica do modelo proposto, bem como melhorias não exploradas para trabalhos futuros.

## 2. Algoritmos de otimização multi/muitos objetivos

Nesta seção são apresentados dois algoritmos EMO: NSGA-III (*Non-dominated Sorting Genetic Algorithm*) e o MOEA/D [Deb and Jain 2014], ambos são ditos como estado da arte em métodos de otimização multiobjetivo.

### 2.1. NSGA-III

Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA III) [Deb et al. 2005], proposto para tentar diminuir a complexidade computacional pela técnica de classificação por não-dominância, que faz o elitismo com base em frentes de soluções ditas não-dominadas. O algoritmo NSGA III (Figura 1) é uma evolução do NSGA-II e trabalha com uma população filha, criada a partir de uma população pai inicial, utiliza um operador de seleção/cruzamento/mutação e mantém sua diversidade por meio de um mecanismo de preservação de nichos que busca soluções próximas da projeção criada por pontos de referência.



**Figura 1. Algoritmo NSGA-III**

Os pontos de referência buscam dar a direção para manter a diversidade das soluções de busca e também podem dar suporte para convergência do algoritmo. O próprio usuário pode gerar os pontos de referência, bem como eles podem ser gerados com base em um ponto ideal balanceando os objetivos [Deb et al. 2005].

Para a preservação de soluções é criado um mecanismo de preservação de nichos que através da distância de projeção do espaço normalizado das soluções para o ponto

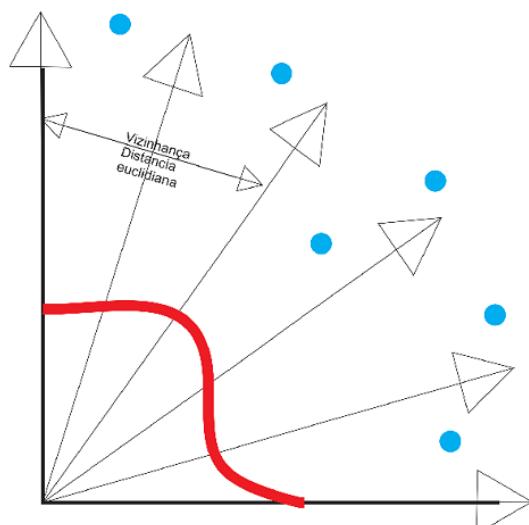
de referência, associa cada indivíduo da população a um desses pontos. Em seguida os nichos com o menor número de soluções associadas são favorecidos [Deb et al. 2005].

## 2.2. MOEA/D

O algoritmo MOEA/D (*Multiobjective Evolutionary Algorithm Based in Decomposition*) utiliza a técnica de decompor um problema em subproblemas. O MOEA/D decompõe o problema em  $N$  subproblemas escalares de otimização, resolvendo-os simultaneamente. Isto é feito a partir da utilização de um conjunto de  $N$  vetores de peso, destinados a obtenção e manutenção de um conjunto diverso de soluções "trade-off" em paralelo. Inicialmente, cada membro da população ( $N$ ) é associado a um dos vetores de ponderação aleatoriamente [Deb and Jain 2014]. Para tornar o problema escalar, o algoritmo utiliza-se de métodos de agregação de funções que podem ser uma simples soma ponderada. A soma ponderada torna um problema multiobjetivo de minimização em um problema escalar, conforme:

$$\min g^{soma}(x|\lambda) = \sum_{i=1}^{nf} \lambda_i f_i(x) \quad (1)$$

Onde  $g^{soma}$  é a nova função a ser otimizada,  $\lambda$  é o vetor de pesos associados aos objetivos,  $f$ , do problema multiobjetivo. A única condição imposta aos pesos é a de que  $\sum_1^{nf} \lambda_i = 1$ . As relações de vizinhança entre os subproblemas são definidas pelas distâncias euclidianas entre os vetores de ponderação. Para cada geração, as soluções associadas aos vetores vizinhos são usadas para geração de novas soluções, conforme a Figura 2.



**Figura 2. Relação de vizinhança**

O Algoritmo 1 mostra o procedimento utilizado pelo MOEA/D para otimizar uma população de soluções.

**Algoritmo 1:** Algoritmo MOEA/D

---

**início**

1. Defina EP=∅.
2. Calcula a distância euclidiana entre dois vetores de peso e retorna aqueles  $T$  vetores de peso mais próximos de cada vetor. Para cada  $B(i) = i_1, \dots, i_T$  onde  $\lambda^{i_1}, \dots, \lambda^{i_T}$  são os  $T$  vetores de peso associados a  $\lambda^i$ .
3. Gera a população inicial  $x^1, \dots, x^N$  randomicamente, e defina  $FV^i = F(x^i)$ .
4. Inicializa o ponto ideal  $z = \{z_1, \dots, z_m\}^T$  (menor valor de objetivo em cada direção).

**para**  $i=1$  até  $N$  **faca**

5. Reprodução: Randomicamente elege dois índices  $k$  e  $l$  de  $B(i)$  e gera uma nova solução  $y$  de  $x^k$  e  $x^l$  por uso de operadores genéticos.
6. Atualiza ponto ideal  $z$ : Para cada  $j = 1, \dots, m$  se  $z_j < f_i(y)$ , define  $z_j = f_i(y)$
7. Atualiza soluções de vizinhança: Para cada índice  $j \in B(i)$  se  $g^{PBI}(y|\lambda^j, z) \leq g^{PBI}(y|x^j, z)$ , então define  $x^j = y$  e  $FV^j = F(y)$
8. Atualiza EP: Remove todos os vetores dominados por  $F(y)$  e adiciona  $F(y)$  se nenhum vetor em EP domina  $F(y)$

**fim**

**fim**

---

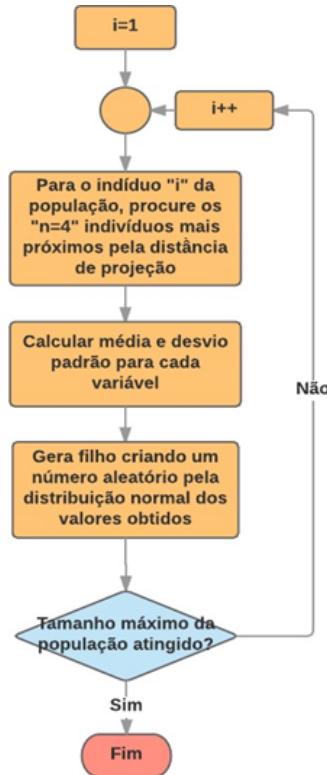
O algoritmo inicializa o arquivo de soluções não-dominadas EP e o ponto ideal  $z$ . Em  $N$  gerações, para cada solução em  $P$ , dois indivíduos pais  $x_n^1$  e  $x_n^2$  são selecionados da vizinhança e uma nova solução  $y$  é gerada através de operadores genéticos/evolucionários. Avaliado o objetivo  $y$ , o ponto ideal  $z$  é atualizado com os menores valores para cada objetivo encontrado até o momento. Em seguida a vizinhança é atualizada substituindo por  $y$  os indivíduos que possuem valor de função de agregação maior que o novo indivíduo, considerando o seu respectivo valor de pesos. O arquivo de soluções não dominadas (EP) é atualizado removendo as soluções não dominadas, adicionando  $y$  se esta é não dominada. Por fim o processo é repetido [Deb and Jain 2014].

### 3. Algoritmo Proposto NSGAEDA

O algoritmo proposto baseia-se na estrutura do NSGA-III e usa um operador de estimativa de distribuição para gerar os filhos para a próxima geração. A proposta cria a nova geração de filhos através de um operador que usa estimativa de distribuição. O operador EDA proposto cria modelos probabilísticos com base em cada ponto de referência, calculando a distância de projeção entre os ” $n = 4$ ” (valor com melhores resultados) indivíduos mais próximos, por fim, com a média e desvio padrão obtidos pelo modelo é aplicado uma distribuição normal para gerar um novo filho.

### 3.1. Operador EDA

Para criar os modelos probabilísticos é necessária a informação de distância de projeção de todos os indivíduos, logo, como é proposto no NSGA-III, o algoritmo comporta-se como ilustra a Figura 3.



**Figura 3. Operador EDA**

Depois de gerados os filhos, uma perturbação chamada de mutação gaussiana é aplicada para ajudar na convergência do algoritmo. Aleatoriamente é gerado um valor entre o limite mínimo e máximo do espaço de busca do problema, em seguida, para cada valor de variável  $j$  de cada indivíduo  $X_i$  da população, verifica-se se o valor gerado é maior que o valor  $X_{ij}$ , se sim, o valor da variável em questão é definido como média e define-se um desvio padrão de  $\frac{1}{l}$  sendo que  $l$  varia de 20 até 1000, de acordo com a evolução das gerações, quanto maior o valor de  $l$ , maior é a perturbação na variável, por fim, a mutação é aplicada.

### 3.2. Mutação Gaussiana

Dado  $X_{ij} \in [a, b]$ , a mutação gaussiana  $M_G$  é calculada por:  $M_G(x) = \min(\max(N(x_{ij}, \sigma), a), b)$  onde  $\sigma = \frac{1}{l}$  mede o tamanho da perturbação,  $a$  e  $b$  são os limites superiores e inferiores do espaço de busca e  $x_{ij}$  é o valor da variável  $j$  do indivíduo  $X_i$ .

### 3.3. Preservação de nichos

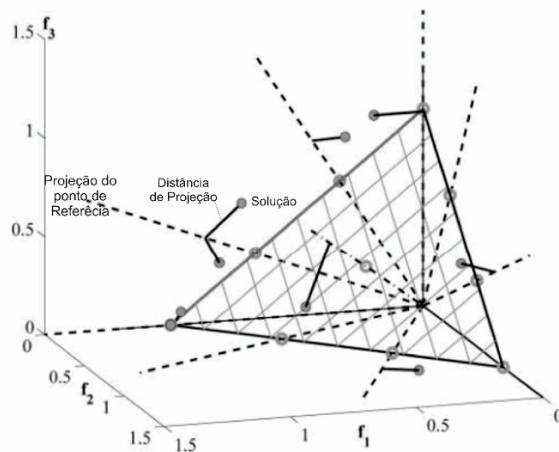
Para a preservação de nichos, após calcular a distância de projeção para cada ponto de referência, um vetor com a quantidade de soluções associadas é criado para cada ponto de referência, assim, para cada nicho/ponto de referência que não possui uma solução associada a ele, é escolhida a com menor distância ortogonal.

### 3.4. Distância de projeção

A distância de projeção  $d$  ou projeção ortogonal é calculada por:

$$d(s, w) = \left\| \frac{s - w^t s w}{\|w\|^2} \right\| \quad (2)$$

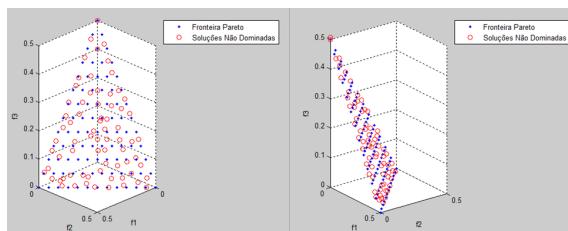
Onde  $s$  é o valor da função objetivo e  $w$  o ponto de referência, ambos no espaço normalizado. Assim é possível definir qual o ponto de referência mais próximo para cada solução, como ilustra a Figura 4.



**Figura 4. Distância de projeção**

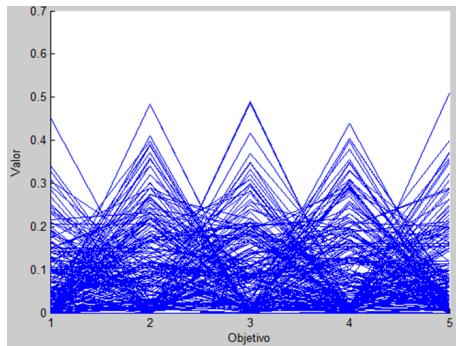
## 4. Resultados

Para medir os resultados do algoritmo proposto foram utilizados os testes de benchmark DTLZ1 e DTLZ2 [Deb et al. 2005] com 3 e 5 objetivos bem conhecidos da literatura. Além disso, o algoritmo foi comparado com o NSGA-III e MOEA/D-PBI, com os mesmos requisitos de testes, apresentados em [Deb et al. 2005]. Primeiramente são apresentados os gráficos com a diversidade de distribuição das soluções sobre a fronteira pareto. Para comparar o desempenho foi usado o IGD (*Inverted Generational Distance*) que demonstra o quão distante os elementos da fronteira pareto real estão da fronteira pareto estimada produzida pelo algoritmo [Zhang and Li 2007]

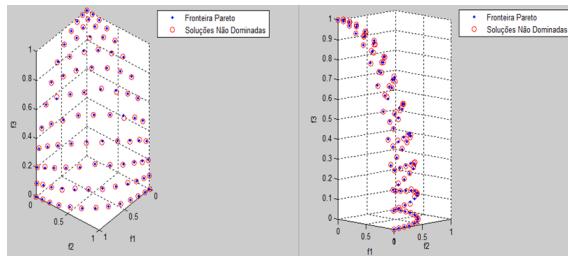


**Figura 5. DTLZ1 com 3 objetivos**

Como pode ser observado nas figuras 5, 6, 7 e 8, o algoritmo conseguiu uma boa diversidade, tanto nos problemas com 3 quanto nos com 5 variáveis, porém no DTLZ1 não houve uma maior homogeneidade na diversidade como houve no DTLZ2.



**Figura 6. DTLZ1 com 5 objetivos**

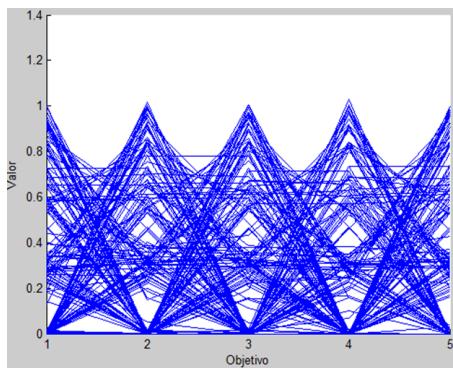


**Figura 7. DTLZ2 com 3 objetivos**

Os valores de IGD (tabela 1) obtidos demonstram o desempenho do algoritmo em alcançar a fronteira pareto-ótimo, percebe-se que esses valores não conseguiram superar os algoritmos do estado da arte, porém demonstraram certa estabilidade quanto a variação dos resultados obtidos entre melhor, média e pior caso.

## 5. Conclusão

A proposta de utilização de EDA como operador de geração de soluções obteve resultados levemente inferiores quanto ao estado da arte, porém comportou-se com certa estabilidade quanto as soluções obtidas. Percebeu-se também que para o problema DTLZ2 o resultado obtido foi próximo do estado da arte. Durante o processo de desenvolvimento do problema foram realizados testes com o uso de outros operadores de geração de soluções como o *Diferencial Evolution* (DE) e o Cruzamento Binário Simulado (*Simulated Binary Crossover* - SBX), com os quais melhores resultados foram obtidos, provavelmente pela abordagem do operador, assim percebe-se que este ainda pode ser refinado. Para geração de modelos probabilísticos, investigar outras soluções também poderia mostrar resultados melhores, por exemplo, identificar melhor as soluções vizinhas usando proximidade vetorial, ou verificar dominância entre as soluções e identificar a direção em relação ao ponto de referência, podendo assim definir pontos que circundam os pontos de referência. Com base nos resultados, recomenda-se para trabalhos futuros uma abordagem de geração de prole com um algoritmo híbrido, visto que EDA, DE e SBX comportam-se de forma diferente para problemas de mesma natureza.



**Figura 8. DTLZ2 com 5 objetivos**

**Tabela 1. Valores de Avaliação IGD**

DTLZ		IGD	MOEAD/DD	NSGA-III	EADNS
DTLZ1 m = 3	Melhor	3,19E-04	4,88E-04	2,64E-02	
	Média	5,84E-04	1,31E-03	2,77E-02	
	Pior	6,57E-04	4,88E-03	2,94E-02	
DTLZ1 m = 5	Melhor	2,63E-04	5,12E-04	5,82E-02	
	Média	2,92E-04	9,79E-04	6,15E-02	
	Pior	3,11E-04	1,98E-03	6,34E-02	
DTLZ2 m = 3	Melhor	6,66E-04	1,26E-03	5,42E-03	
	Média	8,07E-04	1,36E-03	6,01E-03	
	Pior	1,24E-03	2,11E-03	6,46E-03	
DTLZ2 m = 5	Melhor	1,13E-03	4,25E-03	4,91E-02	
	Média	1,29E-03	4,98E-03	5,42E-02	
	Pior	1,42E-03	5,86E-03	6,44E-02	

## Referências

- Barbosa, A. M., de Carvalho Ribeiro, L., and de Oliveira Arantes, J. M. (2010). Algoritmo genético multiobjetivo: sistema adaptativo com elitismo. *Citado*, 2:16.
- Deb, K. and Jain, H. (2014). An evolutionary many-objective optimization algorithm using reference-point-based nondominated sorting approach, part i: Solving problems with box constraints. *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, 18(4):577–601.
- Deb, K., Thiele, L., Laumanns, M., and Zitzler, E. (2005). *Scalable test problems for evolutionary multiobjective optimization*. Springer.
- Zhang, Q. and Li, H. (2007). Moea/d: A multiobjective evolutionary algorithm based on decomposition. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 11(6):712–731.

## Desenvolvimento de um aplicativo mobile para a Universidade Federal de Goiás

**Hallefy Ferreira Clariano, Erly de Araújo Lima Filho, Thiask Alves dos Santos,  
Thiago Jabur Bittar, Luanna Lopes Lobato**

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação – Instituto de Biotecnologia (IBIotec)  
Universidade Federal de Goiás (UFG) – Catalão – GO – Brazil

{hallefy.fc, erlyara}@hotmail.com, {thiask, thiagojabur,  
luannalopeslobato}@gmail.com

**Abstract.** *Mobile applications are becoming popular, growth that is noticeable due to the breakthrough of smartphones in the market. In this sense, if there are more mobile devices, more applications are being used, giving the user a simple spend of time and help in day to day. Given the user acceptance for the use of the applications, in this work is developed of a mobile application to support information management. It aims to guide users, whether students, technicians, teachers and external community providing information about the University and allowing the register of data. It is expected that, through the use of the app, to provide easily and agility to the execution of users tasks, since the smartphones are increasingly closer to the population.*

**Resumo.** *Aplicações mobile estão se tornando cada vez mais populares, crescimento que é facilmente notório devido ao grande avanço dos smartphones no mercado. Neste sentido, quanto mais dispositivos móveis existem, mais aplicativos estão sendo usados, oferecendo ao usuário desde um passa tempo à ferramentas que auxiliam nas necessidades do dia a dia. Dada a boa aceitação dos usuários pelo uso dos aplicativos, neste trabalho é desenvolvido um aplicativo mobile para suporte ao gerenciamento de informações. Este tem como objetivo guiar os usuários, sejam alunos, técnicos, professores ou a comunidade externa, disponibilizando informações sobre a Universidade e permitindo que sejam cadastrados dados de interesse pessoal. Espera-se que, por meio do uso do aplicativo, possa-se prover facilidade e agilidade à execução de tarefas por parte de usuários, uma vez que os smartphones estão cada vez mais próximos a população.*

### 1. Introdução

É notável que grande parte dos alunos ao ingressarem uma Instituição não sabe de todos os serviços que esta pode oferecer e mesmo as pessoas já envolvidas não detêm conhecimento sobre todos os assuntos que circundam o ambiente. Neste sentido, é interessante que sejam oferecidos meios para que a informação chegue às pessoas e a comunicação seja facilitada.

Para tanto, este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo de software para disponibilização de informações sobre a UFG de maneira facilitada e acesso independente de localização.

Nos últimos anos a computação móvel tem passado por uma grande revolução e, consequente, avanço tecnológico, em que novas funcionalidades e recursos são disponibilizados aos usuários. Com isto, surgiu também a necessidade pelo uso de dispositivos móveis cada vez mais eficientes e sistemas de software relevantes e eficazes, embutidos a esses dispositivos. A computação móvel se refere ao uso da Internet a partir de um dispositivo móvel, ligado a uma rede sem fio (Gupta e Hilal, 2013), para disponibilizar serviços. Neste sentido, devido a portabilidade oferecida pelos dispositivos móveis (*smartphones*) pode-se perceber que as pessoas estão usando-o cada vez mais no seu dia a dia.

Estes têm por característica disponibilizar os serviços aos usuários, de telefonia, acesso a informação, multimídia, dentre outros, possibilitando o acesso à Internet e interligando as pessoas de uma maneira facilitada e natural, e simplificando tarefas como por exemplo ir ao banco para resolver determinados assuntos, conversar com pessoas de diversas partes do mundo, acessar informações de forma rápida e prática e etc.

Logo devido ao grande número de *smartphones* os aplicativos ou chamados *apps* vem se tornando comum na vida dos usuários, seja para pegar um táxi, acessar o banco, trocar mensagens, ficar por dentro de notícias e etc. Geralmente os aplicativos são desenvolvidos por empresas, startups, estudantes da área de TI e são disponibilizados gratuitamente ou vendidos.

Pensando nessa praticidade, este trabalho tem como proposta principal o desenvolvimento de um aplicativo para guiar os alunos e professores da Universidade Federal de Goiás (UFG), Regional Catalão (RC) em relação aos assuntos da Universidade e demais aspectos relevantes que circundam o ambiente, denominado como *Guia UFG - RC* (Aplicativo Guia UFG Regional Catalão – este será aqui referenciado como *App-UFG*).

Por meio do aplicativo é possível ter conhecimento sobre informações antes conseguidas apenas pelo acesso ao site da Instituição. Assim, são apresentadas notícias, editais, eventos, cardápio do Restaurante Universitário (RU), telefones úteis, calendário acadêmico, horários de aulas, manual do aluno e anúncios em um único local, de maneira facilitada e organizada.

## 2. Referencial Teórico

De acordo com Araújo (2011), por meio de dispositivos inteligentes, móveis e estacionários, coordenando entre si, é possível prover aos usuários acesso imediato e universal a novos serviços, de forma transparente, visando aumentar a capacidade humana, levando ao conceito de ubiquidade.

Estudos apontam que o uso dos smartphones tem crescido consideravelmente (Monteiro *et al.*, 2012) (Coutinho, 2014). O fornecimento de serviços multimídia é uma das características buscadas pelos usuários de aparelhos celulares e o que tem se tornando cada vez mais acessível. Segundo o site (Smart Insights) o uso de smartphones representa cerca de 72% do uso na internet no Brasil, onde em alguns países este número aumenta ainda mais, chegando a 90%, mostrando a importância dos smartphones. Na medida em que aumenta-se a implantação e abrangência das redes sem

fio de maior capacidade de largura de banda, aumenta-se o potencial de processamento dos processadores de celulares e também a capacidade das baterias, tornando os celulares aparelhos necessários ao dia a dia.

Além de poupar tempo e facilitar nas tarefas cotidianas o uso de aplicativos corroboram para aspectos positivos do dia a dia, possibilitando o acesso a vários serviços em diferentes áreas. Para tanto, ambientes de desenvolvimento mobile podem ser usados, com vistas a facilitar a produção, em larga escala, de aplicativos de software com qualidade. Estes, por sua vez, devem facilitar o desenvolvimento, bem como prover meios de integração de diferentes projetos.

### **3. Metodologia**

O projeto foi feito seguindo a metodologia de desenvolvimento incremental ágil, apresentada em Sommerville (2011). Nos processos ágeis o planejamento é incremental e é mais fácil modificar o processo para refletir alterações nos requisitos do cliente, uma vez que a especificação, desenvolvimento e validação são intercalados (Sommerville, 2011).

A metodologia de pesquisa foi composta de 3 etapas principais, adaptada de Lobato (2007). O primeiro está relacionado ao levantamento bibliográfico para estudo da viabilidade da proposta, busca por trabalhos científicos sobre o tema de pesquisa, bem como análise de ferramentas e ambientes para desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis. A segunda etapa diz respeito à identificação das necessidades a serem inseridas no *app* como serviço, levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais e elicitação dos mesmos, para análise pelo cliente e desenvolvedores. Por fim, a última etapa traz os testes, validação do *app* e análise pelo usuário. Esta etapa é composta por três tipos de análises, sendo estes: testes dos desenvolvedores e clientes, em busca de *bugs* a serem corrigidos durante os *releases* – tendo este já sido feito; aplicação do Estudo de Caso, para análise de novas funcionalidades e melhorias nas existentes – considerado como trabalho futuro; e execução de experimentos, para coleta de dados e realizar um estudo destes dados e obter resultados relevantes quanto ao uso do *App-UFG*.

Dada a necessidade do projeto um estudo foi feito em relação às tecnologias existentes para desenvolvimento de aplicativos de software, bem como das ferramentas para desenvolvimento. O cliente deste projeto é toda a comunidade da UFG, RC, dos quais a necessidade do aplicativo foi levantada. Os requisitos do sistema foram identificados por meio de reuniões presenciais entre os *stakeholders* envolvidos no projeto (desenvolvedores, colaboradores e clientes). Dado o escopo bem definido, os requisitos foram elicitados e validados. Durante o desenvolvimento as versões (*releases*) foram liberadas e testadas pelos *stakeholders*, estando já programado o teste com usuários finais.

### **4. Desenvolvimento**

Nesta seção são apresentados os detalhes do desenvolvimento do *app*, em relação a características, requisitos definidos, bem como as ferramentas e linguagens utilizadas para implementação, como segue:

- Para o desenvolvimento do App-UFG foi adotado o modelo MVC (Modelo-Apresentação-Controlador, *Model-View-Controller*), que, como apresentado em Araújo (2011), é usado como padrão para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, oferecendo flexibilidade e uma nítida separação de responsabilidades. Neste sentido, para executar uma solicitação, o controlador acessa o modelo e exibe as apresentações conforme necessário.
- A plataforma Android é um produto do *Open Handset Alliance*, um grupo que busca melhorias para o telefone móvel liderado pelo Google. O Android Studio é um ambiente de desenvolvimento para o Sistema Operacional Android, foi utilizado para o desenvolvimento do *App-UFG*. Além de ser um ambiente gratuito, permite ao programador ver qualquer alteração visual que for feita ao aplicativo em tempo real e verificar como será a visualização do aplicativo em diversos dispositivos Android. O Android Studio apresenta vantagens em relação a facilidade de desenvolvimento, apoio ferramental ao desenvolvedor, bem como facilidade de uso e implantação.
- O PHP (*Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de *script open source* de uso geral. Neste trabalho, ela é usada para fazer a varredura no site da UFG-RC e obter os dados para alimentar o aplicativo, além de ser responsável por fazer a criação do *webservice*.
- O MySQL é um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada) como interface. Possui características como portabilidade, compatibilidade com diversas linguagens de programação, excelente desempenho e estabilidade, pouco exigente quanto a recursos de hardware e facilidade no manuseio. Este é utilizado para manusear os dados do aplicativo.
- A biblioteca *Curl.php* é usada para fazer a varredura no site da UFG-RC. Esta permite que o *app* seja alimentado automaticamente, a medida que as novas notícias sejam lançadas, sem a necessidade de copiar os dados para o Banco de Dados (BD) e depois alimentá-lo, tornando-o rápido, eficiente e cuidando da integridade dos dados.

## 4.2. Requisitos

De acordo com Sommerville (2011), o documento de requisitos de um projeto tem o objetivo de documentar o escopo do sistema a ser desenvolvido, ressaltando quais funcionalidades fazem parte ou não do escopo do sistema. Os requisitos funcionais são aqueles que fazem parte do sistema, tendo a finalidade de agregar valor ao usuário, sendo referenciados por RF e o número, conforme Tabela 1. Os requisitos não-funcionais não são apresentados neste artigo.

**Tabela 1. Requisitos Funcionais do App-UFG**

RF1: O <i>app</i> deverá apresentar eventos da UFG-RC, onde o usuário poderá fazer marcação para eventos favoritos.	RF2: O <i>app</i> deverá disponibilizar notícias da UFG-RC, sendo estas atualizadas de acordo com o site oficial.
RF3: O <i>app</i> deverá disponibilizar editais da UFG-RC, onde estes serão atualizados de acordo com o site oficial.	RF4: O <i>app</i> deverá disponibilizar o cardápio do RU da UFG-RC, onde o usuário poderá avaliar a refeição diária.

RF5: O <i>app</i> deverá disponibilizar telefones úteis da UFG-RC.	RF6: O <i>app</i> deverá disponibilizar o calendário acadêmico da UFG-RC.
RF7: O <i>app</i> deverá possibilitar o cadastro do horário de aulas, individual para cada aluno, e permitir a visualização do horário. RF7.1: O aplicativo deverá disponibilizar o horário de aulas individual para cada discente, possibilitando o cadastro de marcações importantes (como lembretes de data de provas e trabalhos).	RF8: O <i>app</i> deverá possibilitar o cadastro de marcações importantes em forma de lembretes. RF8.1. O <i>app</i> deverá emitir alertas para o usuário das marcações feitas, seja em relação a alguma marcação pessoal ou novas notícias, lançamentos de editais, eventos, dentre outros alertas referentes às demais funcionalidades disponíveis.
RF9: O <i>app</i> deverá conter o manual do aluno da UFG-RC.	RF10: O <i>app</i> deverá conter anúncios de interesse da comunidade acadêmica (com controle de gestão).

## 5. O Guia App-UFG

Após o estudo detalhado da proposta e a verificação de sua relevância, é então apresentado o *Guia App-UFG*. Para tanto, algumas telas são mostradas, de modo a ressaltar as funcionalidades mais importantes do sistema.

Na Figura 1 é apresentada a tela de *login* para acesso ao sistema. Na Figura 1 (a) são apresentados os campos para *login* e senha, opção de recuperar a senha e novo cadastro de usuário. Se o usuário não estiver cadastrado é fornecida a tela para cadastro, Figura 1 (b), onde é solicitado que seja informado o perfil do usuário (estudante – curso – matrícula, professor/técnico – matrícula ou membro da comunidade).

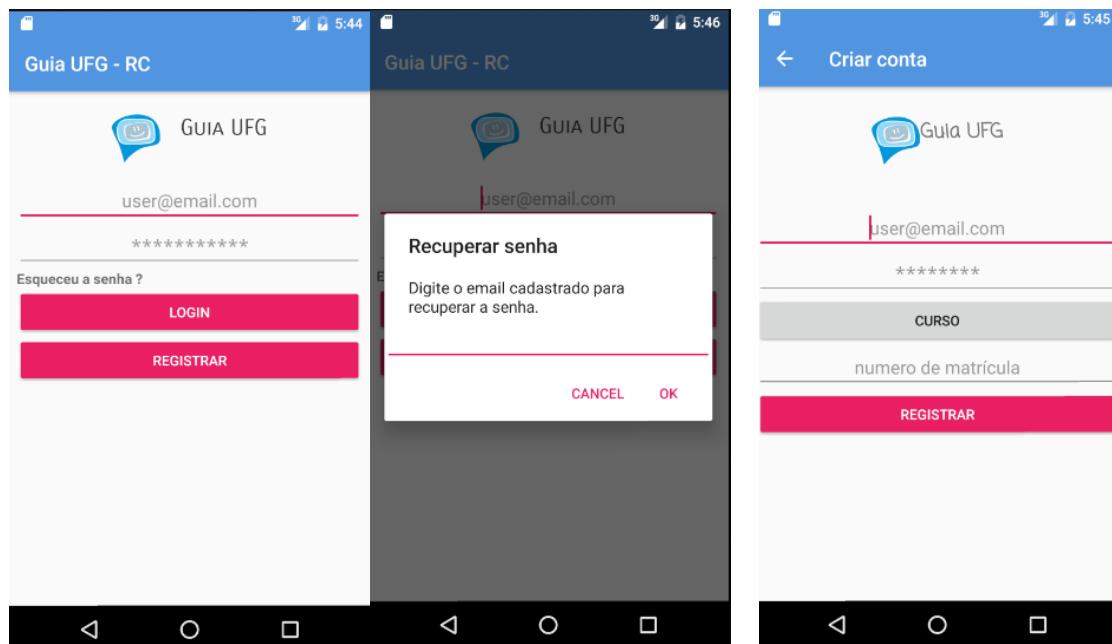
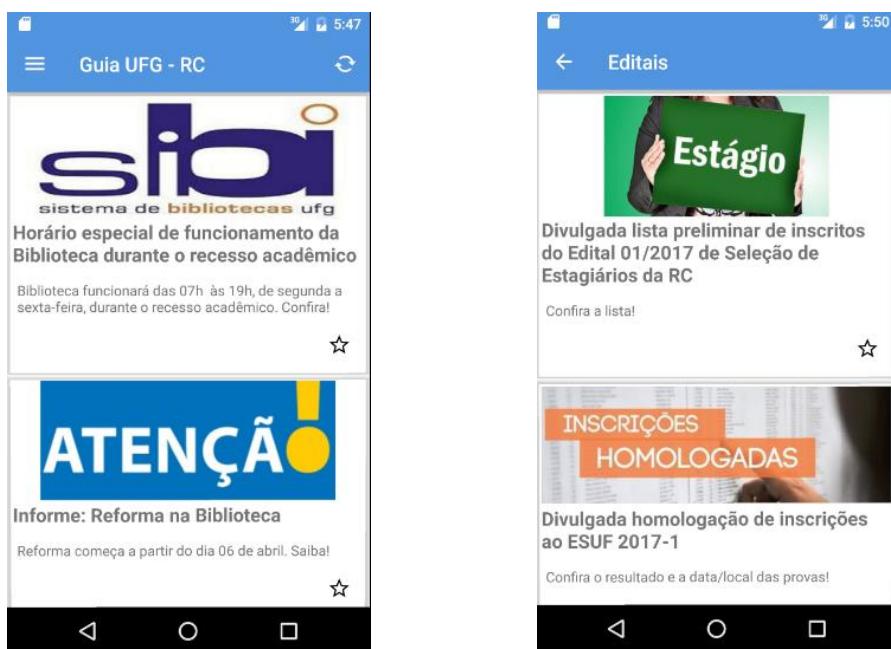


Figura 1. (a) Tela de Login      e      (b) Tela de Cadastro de Usuário

Adicionalmente é verificado, por meio da Figura 1, que caso o usuário esqueça a senha basta informar o e-mail cadastrado que a senha será enviada para o e-mail do mesmo.

Após a efetuação do *login*, é exibida a tela inicial do *app*, que possui um *cardview* com as últimas notícias disponibilizadas pela UFG-RC, Figura 2 (a). No menu Editais do aplicativo é possível acessar os editais e seus resultados, os quais são apresentados nas mesmas disposições das notícias, conforme Figura 2 (b). Para ambos o usuário tem a opção de marcar como favoritos, por meio da estrela, para que tenha acesso de forma mais rápida.



**Figura 2. (a) Tela de Notícias**

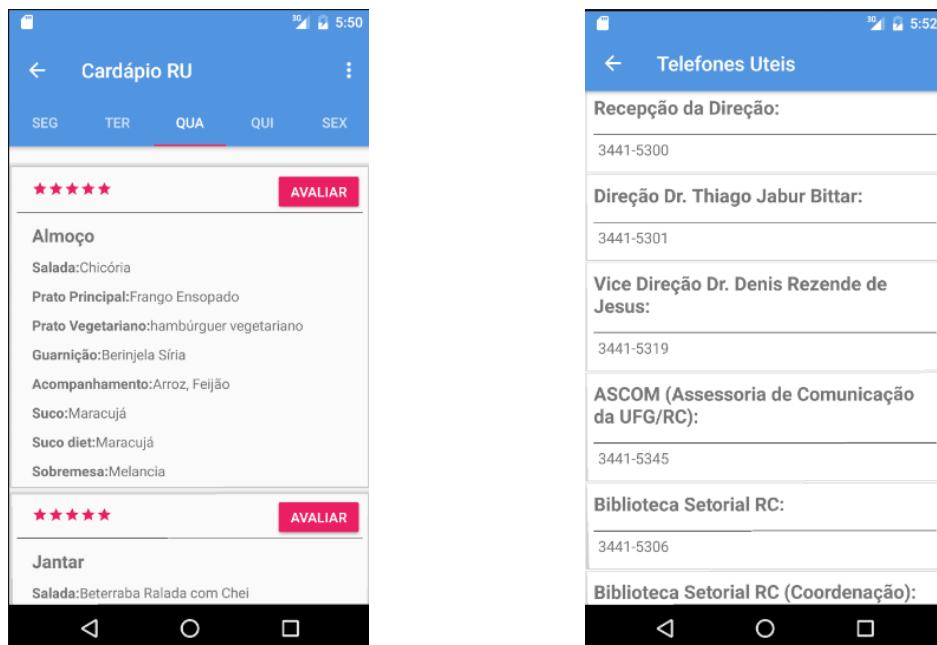
e

**(b) Tela dos Editais**

O *App-UFG* também disponibiliza o cardápio do RU, Figura 3 (a), onde os usuários podem visualizar as refeições diárias durante a semana e avaliá-las no esquema de 1 estrela para ruim até 5 para ótimo. As avaliações são inseridas, individualmente, no BD, onde um *script PHP* faz a atualização das notas conforme os usuários fazem as votações. Esta avaliação é relevante para que os gestores da UFG-RC e os profissionais responsáveis (como nutricionista, chefe de cozinha, coordenador do RU) possam receber *feedback* sobre o parecer das pessoas que frequentam e comem no RU. Na Figura 3 (b) são exibidos alguns telefones úteis referentes à UFG-RC.

Uma das funcionalidades que possibilita ao usuário, mais especificamente o aluno, interagir diretamente com o *app* é relacionada ao cadastro do horário individual. Neste, os alunos poderão adicionar suas aulas, podendo acessar de qualquer lugar e sem correr o risco de esquecimento, pois o horário é vinculado a conta do aluno no BD. Assim, mesmo que o aluno troque de celular basta instalar novamente o *App-UFG* para ter acesso a sua conta e particularidades. Ainda, são apresentados os avisos, de acordo com o curso ao qual o usuário está vinculado. Estes anúncios são apresentados por cursos, de acordo com a escolha do discente ou docente no momento do cadastro.

O *App-UFG* traz uma funcionalidade em que coordenadores do curso ou outros órgãos da UFG-RC poderão enviar avisos/notícias para determinados cursos, como por exemplo de algum evento que está acontecendo, datas importantes, lançamento de editais, vagas de estágios, dentre outras informações visto que as notícias da UFG-RC são alimentadas através do site da instituição.



**Figura 3. (a) Tela do RU**

e

**(b) Tela de Telefones Úteis**

## 6. Conclusões

O *App-UFG* aborda temas referentes a serviços imediatos da Universidade, como notícias, editais, cardápio do RU, bem como assuntos de interesse pessoal do usuário, como cadastro de horário e possibilidade de inserção de lembretes como avisos, dentre outros. Espera-se que os usuários estejam integrados aos assuntos que circundam a Universidade e percebam a importância em contribuir, por meio de feedbacks, com opiniões e avaliações.

O *App-UFG* facilita e aproxima o conhecimento por meio de um dispositivo frequentemente usado pelos usuários, o *smartphone*. Assim, espera-se que os usuários tenham acesso a diferentes serviços contemplados pelo *app* e o usem como apoio no seu dia-a-dia pois agrupa diferentes serviços e informações em um único local que os usuários possam ter acesso, de maneira facilitada e otimizada, o que antes era conseguido apenas acessando vários *links* de sites. Dessa forma, espera-se que o tempo de busca pelas informações seja minimizado e o acesso seja mais prazeroso.

Como trabalho futuro, espera-se que possa ser analisada a interação do usuário com o *app*, através de um Estudo de Caso e um Experimento, de modo a verificar o uso do aplicativo, bem como as contribuições deste no cenário da Universidade, considerando aspectos da privacidade do usuário. Para tanto, um projeto será encaminhado ao Conselho de Ética, sobre o planejamento do estudo com os usuários.

O *app* está em sua versão inicial, sendo considerado o *core* do projeto *App-UFG*. No entanto, novas funcionalidades já estão previstas e em fase de implementação. Como exemplo pode-se citar: a possibilidade de abertura de Ordem de Serviço (*App-OS*), para notificar aos gestores da UFG-RC sobre problemas na RC; o cadastro de eventos (*App-Event*), onde serão inseridos eventos da cidade, podendo haver apoios e patrocínios ao *app*. Ainda, faz parte dos trabalhos futuros a versão *Web* que é relevante para as funcionalidades que estão sendo desenvolvidas e precisam de suporte de pessoal técnico, como o pessoal da manutenção que terá acesso a visualização e fechamento de OS.

Assim, como trabalho propõe-se a adição de outras funcionalidades, as quais estão em estudo de viabilidade e a extensão do aplicativo e ainda propõe-se para todas as regionais da UFG.

## Referências

- Araújo, Regina Borges. Computação Ubíqua, Princípios, Tecnologias e Desafios – XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. 2003
- Coutinho, G. L. “A Era dos Smartphones: Um estudo Exploratório sobre o uso dos Smartphones no Brasil”. Monografia (Bacharelado em Publicidade e Propaganda) – Faculdade de Comunicação Social da Universidade de Brasília, Brasília. 2014. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9405/1/2014\\_GustavoLeuzingerCoutinho.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9405/1/2014_GustavoLeuzingerCoutinho.pdf)>. Acesso em: <18/03/2017>.
- Smart Insights, Statistics on consumer mobile usage and adoption to inform your mobile marketing strategy mobile site design and app development. Disponível em:<<http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/>>. Acesso em <13/05/2017>
- Gupta, N., e Hilal, S. 2013. “Role of Web Content Mining in Kids' based Mobile Search”, International, Journal of Computer Applications, vol. 3, no. 62.
- Lobato, L. L. Avaliação dos mecanismos de Privacidade e Personalização na Web. 2007. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2007.
- Monteiro, D. H., Alves, F., da Silva, G. M., Anhaia, L., dos Santos, R. A. e de Barros, W. V. “A Popularização dos Smartphones e Tablets.” Monografia. (Técnico de Nível Médio em Informática) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza ETEC de Hortolândia. 2012. Disponível em: <[http://www.etechortolandia.com.br/novo/files/ptcc\\_smartphones.pdf](http://www.etechortolandia.com.br/novo/files/ptcc_smartphones.pdf)>. Acesso em: <18/03/2017>.
- Sommerville, Ian. Engenharia de Software. 9ºed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

# Teste de performance em tecnologias de armazenamento de dados no *client-side Web* com abordagem ao *Offline First*.

**Halyson Rezende Nery<sup>1</sup>, Luiz Alexandre de Sousa Freitas<sup>1</sup>, Mateus Augusto Sousa Pereira<sup>1</sup>, Ana Maria Martins Carvalho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos (IF Goiano) Caixa Postal 92 – 75650-000 - Morrinhos - GO – Brasil

{halyson97, mateusaugustodes.p}@gmail.com, luiz.alexandre@live.com, ana.carvalho@ifgoiano.edu.br

**Abstract.** The present article is focused on test and the comparison of the performance of data storage technologies on the Web client side, in order to evaluate these technologies that follow the Offline First's tendency. The tests were performed to compare the time spent in the operations of insertion, retrieval and deletion of data using Session Storage, Local Storage, Web SQL and PouchDB.

**Resumo.** O presente artigo visa testar e comparar o desempenho de tecnologias de armazenamento de dados no client-side Web, com objetivo de avaliar essas tecnologias que seguem a tendência do Offline First. Foram realizados testes para comparar o tempo gasto nas operações de inserção, recuperação e remoção de dados utilizando Session Storage, Local Storage, Web SQL e PouchDB.

## 1. Introdução

Em tempos em que a mobilidade é um requisito e não há garantia de conectividade de rede a todo momento [Alex 2013], espera-se garantir que a aplicação se mantenha operacional mesmo quando *off-line*, sendo essa uma característica chave das aplicações Web modernas que necessitam de alta disponibilidade [Offline 2017].

As aplicações Web tradicionais são projetadas para um cenário ideal onde se tem conexão estável e rápida à Internet, no qual a instabilidade ou falta de conexão é vista apenas como um problema temporário e sendo tratado como erro [Feyerke 2013]. Contrapondo o modelo tradicional, o movimento denominado *Offline First* defende que a aplicação deve estar pronta para cenários sem acesso à Internet [Sauble 2015].

Para oferecer uma experiência adequada, segundo o movimento *Offline First*, a aplicação deve ser projetada primeiro para o funcionamento *off-line* [Holt 2017], ou seja, armazenar e manter os dados das operações realizadas no *client-side* (parte da aplicação que roda a partir do navegador do usuário), sincronizando estes com o servidor quando *online*, dessa forma não tratando a falta de conexão como um problema [Feyerke 2013].

Considerando os conceitos do *Offline First*, que se torna cada vez mais relevante nos dias atuais [Ferraz 2015], este trabalho visa realizar a comparação de velocidade das principais tecnologias de armazenamento de dados disponíveis no *client-side*, realizando

um teste de *Benchmark* (avaliação de desempenho de um processo) com objetivo de avaliar o tempo da execução das operações de inserção, recuperação e remoção.

## 2. Tecnologias de armazenamento de dados em navegadores *Web*

Há diversos modelos de armazenamento de dados para utilizar no *client-side*, como chave-valor, relacional, indexado, orientado a documentos, entre outros. Modelos estes que podem ser implementados em memória ou com persistência de dados [Lawson 2015], ser nativos do navegador ou funcionar por meio de *adapters* (camada de abstração que realiza operações utilizando bancos de dados nativos) [PouchDB 2017].

Neste trabalho foram utilizadas as tecnologias de armazenamentos: *Session Storage*, *Local Storage*, *Web SQL* e *PouchDB*, este último utilizando o *IndexedDB* para a persistência de dados [PouchDB 2017].

### 2.1. *Session Storage*

O *Session Storage* é um banco de dados do tipo chave-valor que faz parte da especificação *Web Storage*, sendo sua principal característica manipular dados em memória disponibilizando-os apenas para a sessão atual. Por sugestão da *W3C (World Wide Web Consortium)* sua implementação nos navegadores é de 5MB de armazenamento por origem [Webstorage 2016].

### 2.2. *Local Storage*

O *Local Storage*, assim como o *Session Storage*, é um banco de dados do tipo chave-valor que faz parte da especificação *Web Storage*, com a diferença que o *Local Storage* realiza persistência de dados. A *W3C* sugere que seja disponibilizado pela implementação do *Local Storage* nos navegadores o espaço de armazenamento de 5MB [Webstorage 2016].

### 2.3. *Web SQL*

O *Web SQL* é um banco de dados relacional baseado no *SQLite*, que trouxe a implementação real de banco de dados relacionais em navegadores [Kimak 2013]. O *Web SQL* tornar-se-ia uma especificação recomendada da *W3C*, porém o grupo de trabalho de aplicativos *Web* do *W3C* deixou de trabalhar na especificação em novembro de 2010 [WebSQL 2010]. Atualmente entre os navegadores com maior mercado [StatCounter 2017] somente o *Chrome*, *Opera* e *Safari* mantém suporte ao *Web SQL* [Caniuse 2017].

### 2.4. *PouchDB*

*PouchDB* é um banco de dados orientado a documentos para utilização no navegador *Web* inspirado no *Apache CouchDB*. O *PouchDB* utiliza tecnologias de armazenamento nativas do navegador para a persistência de dados por meio de *adapters* [PouchDB 2017]. Uma de suas principais vantagens é a sincronização com o *CouchDB* e servidores compatíveis, tendo como desvantagem a característica de não ser nativo dos navegadores *Web*, necessitando assim a sua importação ao projeto [PouchDB 2017].

### 3. Metodologia

#### 3.1. Programa Teste

Para a realização do experimento foi criado um arquivo do tipo *JSON* (*JavaScript Object Notation*) denominado *dados.json*, contendo 28000 registros com tamanho total de 2.5MB. Cada registro possui um *id*, *nome*, *sobrenome* e *e-mail*, simulando dados reais de pessoas.

Para cada tipo de armazenamento definido no experimento foi criado um *script* na linguagem *JavaScript* que realiza a leitura do arquivo *dados.json* através de uma requisição *AJAX* (*Asynchronous Javascript and XML*), adicionando o retorno da requisição ao escopo da página, para assim realizar as operações estabelecidas no teste. A Figura 1 mostra a codificação base utilizada para criação dos *scripts*.

```
1 (function(){
2     var xhttp = new XMLHttpRequest();
3     xhttp.onreadystatechange = function() {
4         if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {
5
6             window.dadosTeste = JSON.parse(this.responseText);
7
8             //Operações de testes no banco;
9
10        }
11    };
12    xhttp.open("GET", "./dados.json");
13    xhttp.send();
14 })();
15
```

**Figura 1: Modelo base de script utilizado na criação dos testes**

O cálculo de tempo das operações foi realizado utilizando como base a *API* (*Application Programming Interface*) *performance.now* que retorna o tempo em milissegundos, decorrido a partir do carregamento da página, com precisão de 5 milésimos de um segundo [MDN 2017]. No início de cada operação foi obtido o tempo inicial e ao término o tempo final. Vale ressaltar que, para as operações realizadas nas tecnologias de armazenamento *Web SQL* e o *PouchDB*, o experimento leva em consideração que suas operações são executadas de forma assíncrona, assim obtém-se o tempo final na execução do *call-back* (função passada como argumento para outra função). A diferença entre o valor final e o inicial é o tempo gasto para realizar a operação, sendo este o resultado da execução do teste. O resultado ignora o tempo de carregamento do arquivo, considerando somente o tempo de execução da operação.

#### 3.2. Ambiente

Os testes foram executados em um computador com processador de 4 núcleos modelo *Intel Core i5-5200U 2.20Ghz*, 8GB de memória *RAM DDR3* de 1600MHz e disco rígido de 1TB de 5400 RPM. O sistema operacional utilizado foi o *Ubuntu Gnome 16.10 64-bit* utilizando o *kernel 4.8.0-46*. Os navegadores adotados foram o *Google Chrome* na

versão 57.0 64-bit e Mozilla Firefox na versão 52.0 64-bit. O servidor utilizado para execução da aplicação de teste foi o *http-server* da versão 6.10.2 do *Node.js*.

### 3.3. Experimento

O experimento consiste em executar um teste de *Benchmark* nas operações de inserção, recuperação e remoção de dados no *client-side*, com objetivo de avaliar o desempenho das principais formas de armazenamento de dados disponíveis nos navegadores *Web* atuais. Cada operação foi executada manipulando o arquivo *dados.json*, contendo 28000 registros. Para a execução dos testes foram utilizados os dois principais navegadores da *Web*, *Google Chrome* e *Mozilla Firefox*, que em março de 2017 obtiveram 77.78% do mercado mundial de navegadores *desktop* e 91.74% do mercado brasileiro de navegadores *Web desktop* [StatCounter 2017].

Todos os tratamentos realizados neste experimento, foram replicados 31 vezes com objetivo de reduzir a possibilidade de erro experimental, sendo que foi descartado o primeiro resultado obtido para evitar ruídos em decorrência da inicialização do navegador.

## 4. Resultados

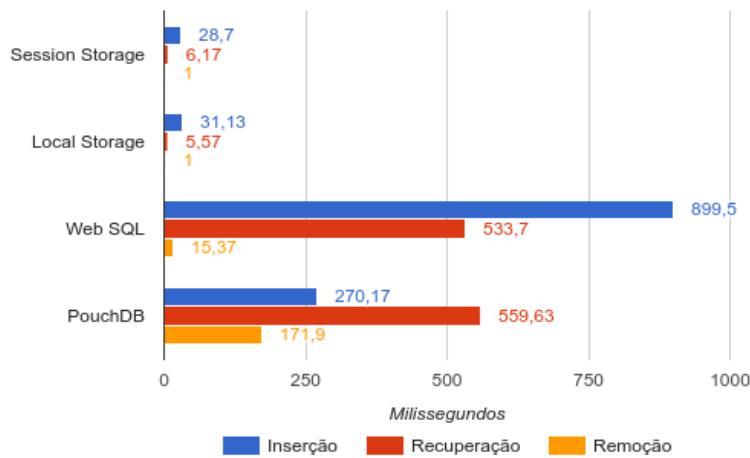
### 4.1. Resultados obtidos no *Google Chrome*

Os resultados dos testes de armazenamento obtidos no *Google Chrome*, são representados na Tabela 1 e a média dos resultados é mostrada na Figura 2, onde é apresentado o resultado de tempo da execução das operações. Os valores inferiores a 1 foram arredondados para 1 milissegundo.

**Tabela 1: Compilação dos resultados em milissegundos obtidos no *Google Chrome***

	Session Storage			Local Storage			Web SQL			PouchDB		
	Ins	Rec	Rem	Ins	Rec	Rem	Ins	Rec	Rem	Ins	Rec	Rem
Média	28,7	6,2	1,0	31,1	5,6	1,0	899,5	533,7	15,4	270,2	559,6	171,9
Mediana	29,5	7,0	1,0	32,0	5,0	1,0	928,0	440,0	5,5	256,0	554,0	172,5
DP	4,3	1,0	1,0	7,0	1,0	1,0	116,2	128,0	19,1	43,0	72,9	49,2
Mínimo	23,0	5,0	1,0	21,0	5,0	1,0	725,0	395,0	3,0	245,0	440,0	120,0
Máximo	35,0	7,0	1,0	48,0	7,0	1,0	1256,0	737,0	70,0	439,0	846,0	389,0

Ins = Inserção; Rec = Recuperação; Rem = Remoção; DP = Desvio Padrão



**Figura 2: Médias obtidas nos resultados dos testes no Google Chrome**

Analisando à média dos resultados obtidos entre as operações na Figura 2, o *Session Storage* e o *Local Storage* obtiveram resultados próximos, que não diferem estatisticamente [Barbetta 2010], considerando que a precisão do *performance.now* é de 5 milissegundos [MDN 2017].

Sendo avaliados somente os bancos que persistem dados, o *Local Storage*, no quesito inserção, foi aproximadamente 9 e 29 vezes mais rápido do que o *PouchDB* e o *Web SQL*, respectivamente. Na recuperação de dados, o *Local Storage* foi cerca de 100 e 96 vezes mais rápido do que o *PouchDB* e o *WebSQL*, nessa ordem. No quesito remoção, o *Local Storage* foi 171 vezes mais rápido do que o *PouchDB* e 15 vezes mais do que o *Web SQL*.

Comparando o *PouchDB* com o *Web SQL* pode se observar que o *PouchDB* na operação de inserção de dados foi cerca de 3 vezes mais rápido, todavia, inferior nas demais operações, sendo que na recuperação de dados obtiveram resultados próximos e na exclusão ele é aproximadamente 11 vezes mais lento do que o *Web SQL*.

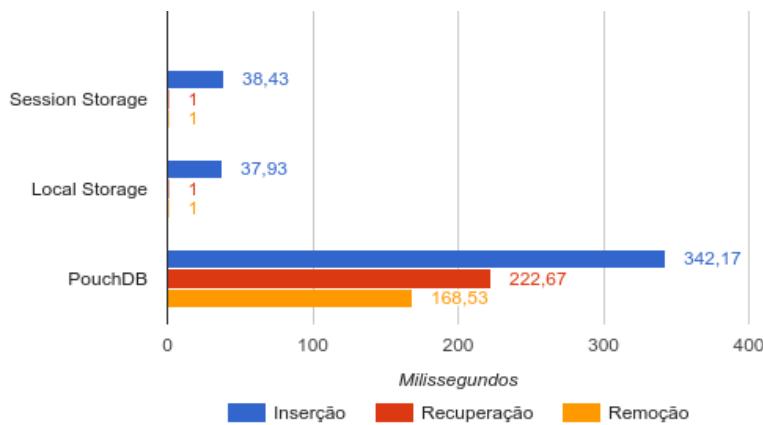
#### 4.2. Resultados obtidos no Mozilla Firefox

Os resultados obtidos nas execuções dos experimentos utilizando *Mozilla Firefox* são apresentados na Tabela 2 e as médias são apresentadas na Figura 3. Vale ressaltar que o *Mozilla Firefox* não oferece suporte ao *Web SQL*, por esse motivo ele não é apresentado nos testes.

**Tabela 2: Compilação dos resultados em milissegundos obtidos no Mozilla Firefox**

	Session Storage			Local Storage			PouchDB		
	Ins	Rec	Rem	Ins	Rec	Rem	Ins	Rec	Rem
Média	38,4	1,0	1,0	37,9	1,0	1,0	342,2	222,7	168,5
Mediana	37,0	1,0	1,0	36,5	1,0	1,0	342,5	211,0	167,5
DP	6,1	1,0	1,0	5,7	1,0	1,0	37,3	31,6	36,7
Mínimo	35,0	1,0	1,0	35,0	1,0	1,0	293,0	193,0	136,0
Máximo	66,0	1,0	1,0	64,0	1,0	1,0	428,0	317,0	292,0

Ins = Inserção; Rec = Recuperação; Rem = Remoção; DP = Desvio Padrão



**Figura 3: Média obtidas nos resultados dos testes no Mozilla Firefox**

Comparando os resultados das médias obtidas, o *Session Storage* e o *LocalStorage*, assim como no *Google Chrome*, não se diferem estatisticamente. Na comparação dos bancos que fazem persistência de dados, pode observar que o *LocalStorage* em relação ao *PouchDB* foi aproximadamente 9 vezes mais rápido na inserção, enquanto a recuperação e remoção foi 222 e 168 vezes mais rápido respectivamente.

#### 4. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo o teste de performance das principais tecnologias utilizadas para armazenamentos no *client-side*. Por meio dos experimentos foi verificado que a melhor performance nos testes foi obtida pelo *LocalStorage* e o *Session Storage*, obtendo resultados próximos em ambos os navegadores. Vale ressaltar que o *Session Storage* é somente um banco de dados em memória.

Conclui-se que entre as opções apresentadas para o desenvolvimento de aplicações web modernas que seguem os conceitos de *Offline First*, o *LocalStorage* possui uma melhor performance em relação aos seus concorrentes, sendo indicado para criação de aplicações que armazenem menos de 5MB (cinco megabytes) de dados [Webstorage 2016]. Em aplicações que necessitam de um armazenamento superior, o *PouchDB* torna-se a melhor opção levando vantagem sobre o *WebSQL* por oferecer suporte a ambos navegadores testados.

Os resultados obtidos são referentes ao tempo de resposta das operações, porém vale salientar que esse não é o único requisito a ser analisado ao criar uma aplicação *Web* moderna. Antes da escolha da tecnologia de armazenamento a ser utilizada deve-se analisar cada caso de uso e suas peculiaridades.

Como trabalhos futuros será testado e comparado outras tecnologias de armazenamento de dados, abrangendo, além de tecnologias *cliente-side Web*, tecnologias de armazenamento nativas de dispositivos móveis.

#### Referências

- Alex, H. (2013) “Say Hello to Offline First”, <http://hood.ie/blog/say-hello-to-offline-first.html>, Acesso em: janeiro de 2017.

- Barbetta, P. A., Bornia, A. C. e Reis, M.M. (2010), Estatística para Cursos de Engenharia e Informática, 3º edição.
- Caniuse (2017) “Can i use Web SQL Database?”, <http://caniuse.com/sql-storage>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- Ferraz, R. (2015) “A importância de desenvolver considerando *off-line first*”, <http://tableless.com.br/a-importancia-do-offline-first>, Acesso em: janeiro de 2017.
- Feyerke, A. (1995) “Designing Offline-First Web Apps”, <https://alistapart.com/article/offline-first>, Acesso em: fevereiro de 2017 .
- Holt. B. (2017) “Offline-first web and mobile apps: Top frameworks and components”, <http://techbeacon.com/offline-first-web-mobile-apps-top-frameworks-components>, Acesso em: janeiro de 2017.
- Kimak, S., Ellman, J. (2013) “Performance Testing and Comparison of Client Side Databases Versus Server Side”, Consecutive Annual Postgraduate Symposium on the Convergence of Telecommunications, Networking & Broadcasting, PGNET 2013.
- Lawson, N. (2015) “IndexedDB, WebSQL, LocalStorage – what blocks the DOM?”, <https://nolanlawson.com/2015/09/29/indexeddb-websql-localstorage-what-blocks-the-dom>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- MDN (2017) “Performance”, <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Performance>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- Sauble, D. (2015), Offline First Web Development, Packt Publishing, 1th edition.
- OfflineFirst. (1995) “Case Studies and Offline First Success Stories”, <http://offlinefirst.org/casestudies/>, Acesso em: março de 2017.
- PouchDB (2017) “API Reference”, <https://pouchdb.com/api.html>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- StatCounter (2017) “Desktop Browser Market Share Worldwide”, <http://gs.statcounter.com/browser-market-share/desktop>. Acesso em: março de 2017.
- WebSQL (2010) “Web SQL Database”, <http://www.w3.org/TR/webdatabase/>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- Webstorage (2016) “Web Storage (Second Edition)”, <http://www.w3.org/TR/webstorage/>. Acesso em: fevereiro de 2017.

## Análise da Vulnerabilidade XSS em Aplicações Web

Jackson Alves Rodrigues<sup>1</sup>, Ana Maria Martins Carvalho<sup>2</sup>,  
Lucas Souza Montanheiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de TI – Grupo Privé  
Rua do Balneário, Quadra 10, Lote 19 – Caldas Novas – GO – Brazil

<sup>2</sup>Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (IF Goiano)  
Caixa Postal 92 – 75.650-000 – Morrinhos – GO – Brazil  
alves.j@live.com, ana.carvalho@ifgoiano.edu.br,  
lucasmontanheiro10@gmail.com

**Abstract.** *With the growth and advancement of the Internet and its technologies, there was a great demand for applications that be accessed over the Web. Most of the Web applications currently developed have a range of vulnerabilities, because development is restricted by time and cost. This paper addresses the Cross-site Scripting vulnerability, known as XSS, with the use of the WordPress tool, tests with vulnerability scanners and prevention tips.*

**Resumo.** *Com o crescimento e avanço da Internet e suas tecnologias, houve uma grande demanda por aplicações que pudessem ser acessadas através da Web. Grande parte das aplicações web desenvolvidas atualmente apresentam uma gama de vulnerabilidades, pelo desenvolvimento ser restringido por tempo e custo. Este artigo aborda a vulnerabilidade Cross-site Scripting, conhecida como XSS, com a utilização da ferramenta WordPress, testes com scanners de vulnerabilidade e dicas de prevenção.*

### 1. Introdução

A preocupação com segurança em aplicações web tem sido debatida por várias empresas, bem como, a segurança dos dados de clientes e parceiros que são administrados por elas. Porém, existem empresas que não se atentam devidamente a segurança, deixando como um acessório ou algo opcional para seus clientes, preocupando-se mais com o tempo e custo de desenvolvimento dos projetos.

A negligência da segurança durante o desenvolvimento de aplicações geram falhas, que podem ser usadas para obter e alterar informações, que na sua grande maioria são sigilosas. Quando indivíduos mal intencionados usam dessas falhas, eles podem roubar informações, interceptar comunicações entre cliente e servidor, parar ou até mesmo destruir o serviço web, deixando-o sem acesso ou inutilizado [Luz 2011].

Muitas aplicações não tem segurança empregada, o que é um risco não só para a aplicação, mas também para o cliente que a utiliza. Mas a segurança não é levada em consideração por gestores e desenvolvedores, pois esses não tratam a segurança como um investimento, mas como gasto de tempo e recursos, e caem na ingenuidade de dizer que se a aplicação está funcionando, portanto ela está segura [Luz 2011].

Geralmente é mais barato construir um *software* seguro do que corrigir problemas após a entrega do produto ao cliente, como versão final [OWASP 2012]. Portanto, enquanto a segurança de aplicações web não for um requisito primordial no

ciclo de desenvolvimento de aplicações, existirá mais gastos com reparos de falhas e, inclusive, perca de reputação de empresas quando uma falha for explorada por atacantes.

Este artigo contribui para o entendimento de uma das principais vulnerabilidades existentes em aplicações *web*, como um alerta para desenvolvedores e gestores dos riscos que uma aplicação não segura pode causar. Haverá uma abordagem mais detalhada da vulnerabilidade XSS, com o auxílio da plataforma de CMS *Wordpress*, e dicas para desenvolvedores de como se prevenir dessa vulnerabilidade.

## 2. Principais vulnerabilidades em aplicações *web*

A vulnerabilidade ocorre de acordo com a falha, para que o atacante possa explorar uma vulnerabilidade encontrada, é necessário ter conhecimento de suas causas, consequências e principalmente os passos necessários para a realização de um ataque. [Basso 2010]. Os atacantes podem usar vários caminhos diferentes através da exploração de uma aplicação em busca de vulnerabilidades, forçando a aplicação a receber dados que, em muitos casos, ela não está preparada, causando assim falhas.

Na área de vulnerabilidades em aplicações *web*, em suas causas e riscos, deve-se levar em consideração as contribuições da *Open Web Application Security Project* (OWASP), que é uma organização aberta, sem fins lucrativos que tem por objetivo encontrar e combater as causas e riscos das falhas em aplicações *web*, fazendo com que se torne visível as práticas de segurança em aplicações, para que seja possível tomar melhores decisões sobre os riscos da falta de segurança nessas aplicações [OWASP 2008].

Um dos documentos mais conhecidos da OWASP é o *Top Ten*, que é lançado a cada triênio e classifica as dez principais vulnerabilidades em aplicações *web*, de acordo com sua frequência e seu risco representado [Luz 2011]. O respectivo documento tem como objetivo identificar os riscos mais graves das vulnerabilidades em aplicações *web*, fornecendo informações sobre a probabilidade de ocorrência e impactos técnicos [OWASP 2017a].

## 3. Vulnerabilidade Cross-Site Scripting (XSS)

O *Cross-Site Scripting* comumente conhecido como XSS, é uma vulnerabilidade que permite que códigos *JavaScript* sejam executados em uma aplicação através do navegador da vítima. De acordo com o *Top Ten* da OWASP [OWASP 2017a] essa vulnerabilidade permite o sequestro de sessão do usuário, inserção de conteúdo hostil, roubo de informações pessoais, desfigurar sites ou redirecionar os usuários para páginas maliciosas.

Falhas de XSS são encontradas com frequência em aplicações *web*, um caso recente aconteceu durante uma auditoria de rotina do *Web Application Firewall* da empresa *Sucuri Labs*, foi descoberto um XSS que afeta o *plug-in Jetpack WordPress*, um dos *plugins* mais conhecido e utilizado por aplicações em *WordPress*. A vulnerabilidade está agregada ao módulo de formulário de contato presente no *plugin* (que é ativado por padrão) em versões inferior ou igual a 3.7. Esta falha pode ser explorada por exemplo: fornecendo um endereço de e-mail mal intencionado no formulário de contato do site. Como não há tratamento adequado na sessão administrativa de “comentários” os invasores podem usar desse *bug* para executar

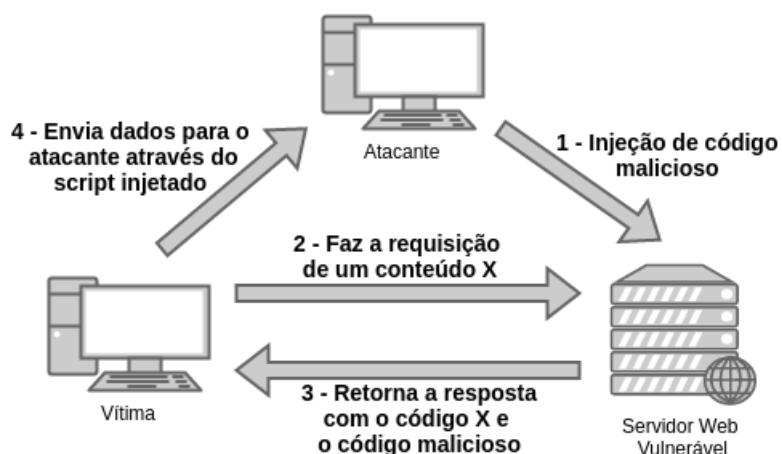
códigos em *JavaScript*, que vão dar maior liberdade ao invasor, como por exemplo, esconder um *backdoor* para futuras explorações do site. Neste caso não é uma vulnerabilidade XSS refletida, no entanto estamos falando sobre uma vulnerabilidade XSS armazenada, assim possibilitando totalmente ao invasor ter controle arbitrário dentro do servidor web do *WordPress*, alterando funções e permissões de usuários, como até mesmo criando campanhas de *phising*. Segundo informações do site *4security* este *plugin* tem uma base de mais de 1 milhão de instalações ativas em servidores do *WordPress*, que podem ser facilmente exploradas [William 2016].

A OWASP classifica as falhas em XSS em três categorias diferentes, são elas: XSS armazenado, XSS refletido e XSS baseado em DOM.

### 3.1. Ataques XSS Armazenado

O XSS armazenado (*Stored Cross-site Scripting*), ou também conhecido como XSS persistente, recebe este nome porque o código malicioso fica armazenado na aplicação, normalmente no banco de dados, pelo qual sempre que um usuário acessar aquela informação ou recurso o código malicioso será executado junto [UTO *et al.* 2009].

Na Figura 1 temos uma representação de um ataque XSS armazenado, onde, por exemplo, um atacante insere um código malicioso em um campo de comentário e submete à aplicação com a falha, que não faz a validação dos campos de entrada e grava da mesma maneira que foi inserida em seu banco de dados. Quando outro usuário acessar a parte da aplicação afetada, o banco de dados irá recuperar as informações e executar o código malicioso no navegador da vítima, podendo fazer várias operações, tais como sequestro de sessão, redirecionamento de páginas, instalação de *malwares*, desconfiguração de uma página HTML, como também de acordo com [UTO *et al.* 2009] criar uma teia de navegadores escravos para executar comandos *JavaScript* arbitrários em um determinado local da web.



**Figura 1. Representação de ataque XSS armazenado**

### 3.2. Ataques XSS Refletido

O XSS refletido (*Reflected Cross-site Scripting*) também conhecido como XSS não persistente, o código malicioso é executado através de uma URL com um código *JavaScript* malicioso no navegador da vítima. Ele é iniciado a partir da ação de um usuário clicar em um *link* contaminado [Oliveira 2012].

Os ataques de XSS refletido costumam-se utilizar de *e-mails* conhecidos como *spam*, que disparam *e-mails* não solicitados para várias pessoas, em sua maioria se passando por entidades financeiras ou serviços solicitando troca de senha, o usuário ao clicar no *link* executa o código malicioso em seu navegador. De acordo com [Uto *et al.* 2009] o ataque pode ser enviado como parte do cabeçalho HTTP, em uma requisição, assim explorando um parâmetro que será exibido sem os devidos tratamentos na página carregada.

Segundo *Testing Guide v3.0* da OWASP [OWASP 2008] o XSS refletido é o tipo mais frequente de ataques XSS em aplicações *web*, pelo fato da facilidade de se alterar parâmetros que são comumente enviados para a aplicação, inserindo códigos *JavaScript* maliciosos e analisando o comportamento da aplicação, a procura da vulnerabilidade.

### 3.3. Ataques XSS Baseado em DOM

Ataques do tipo *Document Object Model* (DOM) ocorrem devido a uma modificação do “ambiente”, ou seja, do navegador da vítima [Luz 2011]. Diferente dos tipos anteriores, armazenado e refletido, a falha ocorre no lado do cliente, fazendo com que apenas no navegador da vítima infectada a aplicação tenha um comportamento diferente do que o servidor enviou à vítima. Esse tipo de ataque costuma ser mais direcionado, e portanto mais difícil de ser encontrado.

Normalmente os vetores de ataques XSS baseados em DOM estão presentes em extensões que são baixadas para dar uma funcionalidade extra aos navegadores, em meio a nova funcionalidade, o atacante insere códigos maliciosos que vão alterar as páginas que a vítima acessar, podendo assim inclusive enviar informações aos atacantes, como por exemplo, senhas ou outras operações.

## 4. Trabalhos Relacionados

A literatura apresenta esforços e contribuições para tentar mitigar e tratar vulnerabilidades em aplicações *web*, nesta seção será discutido alguns desses trabalhos. [Basso 2010] aborda a eficácia dos *scanners* de vulnerabilidades em aplicações *web*, baseando-se em técnicas de injeção, falhas e modelagem de árvores de ataque. Também verifica-se a relação das falhas por meio do *software* e as vulnerabilidades de segurança.

No trabalho de [Luz 2011] é feito uma análise de vulnerabilidades em *Java Web Applications*. O autor desenvolveu um *software Open Source* para analisar o código fonte de sistemas projetados para *web* ou que foram migrados para a *web*, em busca de falhas de segurança. Neste trabalho encontra-se um estudo das principais vulnerabilidades do documento *Top Ten* da OWASP, anomalias da linguagem *Java*, entre outros. Buscou-se várias ferramentas de *scanner* e teste de vulnerabilidades em aplicações *web*, fazendo testes dessas ferramentas em aplicações locais e relacionando os resultados umas com as outras.

[Oliveira 2012] aborda testes de segurança em aplicações *web* segundo a metodologia OWASP. Avaliou-se a segurança em aplicações *web* na categoria de *e-commerce*, por se tratar de operações sensíveis executadas na *Web*. No seu trabalho três aplicações *e-commerce* são testadas: a primeira um *e-commerce* real, a segunda uma aplicação de código aberto e a terceira desenvolvida segundo as recomendações do *Testing Guide* da OWASP [OWASP 2008]. Nos resultados obtidos ele conclui que as três aplicações testadas possuem fraquezas similares.

No trabalho de [Uto *et al.* 2009] são apresentadas as principais vulnerabilidades em aplicações *web* conforme a OWASP, procurando maneiras de detecções de falhas nas aplicações, apresentando modelos de ataques e suas respectivas contramedidas, apresenta também uma lista de controles para evitar a presença dessas vulnerabilidades. Sua contribuição foi expressamente importante, considerando a apresentação de cada vulnerabilidade e seus pontos de exploração.

O trabalho de [Farias 2009] aborda a vulnerabilidade de Injeção SQL nas aplicações *web*, abrangendo as causas e as prevenções. Seu objetivo é expor ao leitor as boas práticas que podem ser utilizadas para mitigar e evitar ataques na aplicação desenvolvida. Apresenta um protótipo desenvolvido pelo mesmo para testar a vulnerabilidade de Injeção SQL e as maneiras de se prevenir desse tipo de falha.

## 5. Abordagem, experimentos e resultados

Para os experimentos mostrados a seguir, foi desenvolvido uma aplicação *web*, em *WordPress* e propositalmente foi injetado uma falha de XSS, para demonstração nos testes. O objetivo de criar uma página é por motivos éticos, pois não se deve fazer testes em aplicações que não são de sua autoria ou de uma empresa a qual é contratado para fazer testes de penetração. A Lei Federal 12.737, de 30 de novembro de 2012, tipifica como crime, com pena de 3 meses a 1 ano de detenção e multa, para “invasões em dispositivos alheios ou a instalação de vulnerabilidades para obter vantagem ilícita”.

Foi escolhido o *WordPress*, por ser um sistema de gerenciamento de conteúdo, para criação de sites e blogs, de maneira fácil e rápida, que muitas das vezes é utilizada por leigos para desenvolverem aplicações dos mais variados tipos, presentes na Internet. Por ser utilizado, na sua grande maioria, por iniciantes em programação, o *WordPress* e seus *plugins* e temas são recheados de vulnerabilidades dos mais diversos tipos.

*Scanners* de vulnerabilidade são utilizados por desenvolvedores, testadores e administradores de sistemas, para analisar de forma automática aplicações *Web*, em busca de vulnerabilidades conhecidas por eles. Porém a eficácia da utilização de *scanners* é questionada na literatura, devido ao grande número de falhas não encontradas ou classificadas de maneira errônea [Basso 2010].

### 5.1. *Wpscan* e sua análise

O primeiro *scanner* a ser abordado é o *Wpscan*, que é uma ferramenta para verificar vulnerabilidades em sites desenvolvidos em *WordPress*, ele é capaz de verificar a existência de vulnerabilidades e informar como explorá-la.

Utilizou-se da ferramenta *Wpscan* para fazer uma varredura geral na aplicação, com essa varredura foi possível identificar a versão da aplicação e uma listagem das possíveis falhas e vulnerabilidades encontradas, além de apresentar um link com maneiras para explorar a vulnerabilidade encontrada. Após o teste foi encontrada uma possível falha de CSRF (*Cross-site Request Forgery*) e foi exibindo links de maneiras para explorá-la, a falha inserida de XSS na aplicação não foi encontrada com a utilização desse *scanner*.

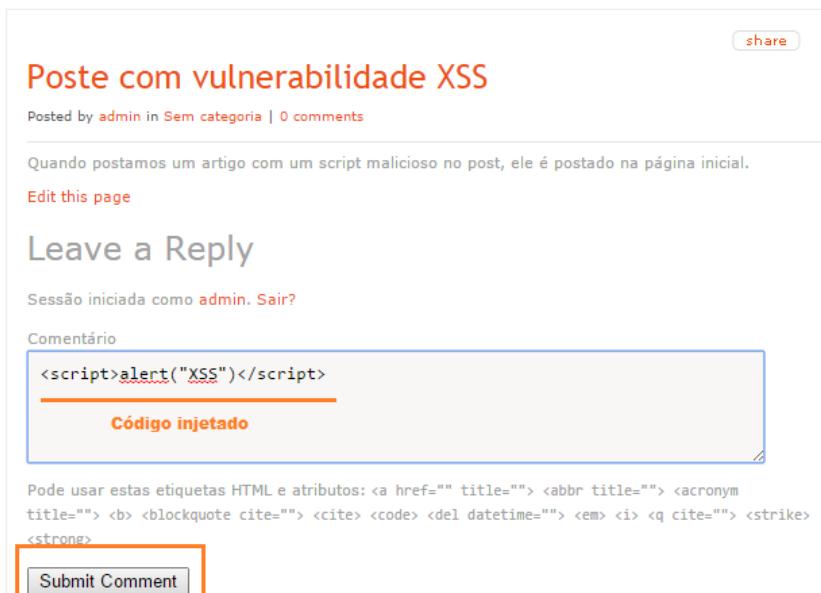
## 5.2. Acutinex Scanner e sua análise

O *Acutinex* verifica as possíveis falhas em: DDoS, Injeção de SQL, Injeção de PHP, XSS, entre outros. É utilizado tanto por atacantes quanto por desenvolvedores para encontrar vulnerabilidades em aplicações *web*, os desenvolvedores o usam para corrigir as falhas encontradas, já os atacantes aproveitam dessas falhas para invadirem as aplicações a partir das vulnerabilidades listadas. A ferramenta foi utilizada em seu modo de demonstração, já que é uma ferramenta proprietária.

Os testes efetuados com a ferramenta não encontrou a falha XSS injetada, mesmo utilizando a ferramenta para procurar especificamente pela vulnerabilidade XSS, a mesma não conseguiu encontrá-la, encontrando apenas possíveis falhas CSRF.

## 5.3. Testes manuais

Durante os testes manuais, para provar a existência da falha injetada, foi inserido um comentário em uma página de uma postagem qualquer do *WordPress*, que é a parte da aplicação com a falha injetada, com o código *JavaScript* para que um alerta seja inserido na página, conforme a Figura 2.



**Figura 2. Inserindo um código JavaScript em uma entrada com vulnerabilidade XSS**

A falta de tratamento de dados submetidos na aplicação permitiu que o código *JavaScript* inserido fosse gravado diretamente no banco de dados da aplicação, conforme mostrou o esquema na Figura 1, e agora todos os clientes que acessarem aquela página, visualizarão o comentário, pois o código irá executar automaticamente no navegador da vítima, sendo um ataque do tipo XSS armazenado.

O código injetado na aplicação, para demonstração, apenas executa um alerta no navegador da vítima, com a mensagem “XSS”, porém seria possível inserir códigos maliciosos que poderiam ser capazes de sequestrar sessões, senhas e ou redirecionar para outras páginas maliciosas.

## 6. Prevenções contra XSS

Para a prevenção de ataques do tipo XSS, deve-se analisar os campos de entradas da aplicação e identificar quais são as entradas mais sensíveis. De acordo com o *Top Ten* da OWASP [OWASP 2017a] a vulnerabilidade ocorre quando as entradas fornecidas por usuários não são filtradas e validadas. Portanto XSS dos tipos refletido e armazenado podem ser resolvidos através de validação no lado servidor das aplicações.

A utilização de *White Lists* e *Black Lists* também são aconselhadas para evitar ataques XSS. As listas brancas (*white lists*) são as validações das entradas permitidas nas aplicações, todavia, não são uma proteção apropriadamente completa, pois muitas das aplicações necessitam de caracteres especiais em suas entradas, pode-se também validar o tamanho dos caracteres, e as regras de negócios sobre os dados antes de acessar tal entrada. No caso das listas negras (*black lists*) ao invés de definir o padrão permitido, elas definem o que não é permitido, o que acaba não sendo a solução ideal, pois sempre será necessário atualizar a lista devido a constante quantidade de vetores de ataques que surgem dia após dia. Nesse caso é mais eficiente trabalhar com *white lists*.

Existem também várias bibliotecas de auto sanitização de páginas, que são focadas em segurança para garantir que entradas não sejam mal interpretadas pelos navegadores, possibilitando que os atacantes neutralizem as tentativas de segurança da aplicação. Algumas dessas bibliotecas são a *AntiSamy*, *Java HTML Sanitizer Project*, desenvolvidas pela comunidade OWASP, e também a *Microsoft Anti Cross Site Scripting Library* para as plataformas .NET e ASP.NET.

A [W3C 2016], entidade de padronização da Internet, construiu a política de segurança *Content Security Police* (CSP), que está em sua terceira versão, e oferece uma possibilidade de instruir o navegador do cliente a partir de uma localização, ou o tipo de recurso, que está autorizado a ser carregado.

Para os ataques de XSS baseado em DOM a recomendação é sempre baixar extensões confiáveis para navegadores, e conscientizar o usuário do risco desses *downloads*. A OWASP também disponibiliza um artigo para prevenções de falhas baseadas em DOM [OWASP 2017b].

A inserção de um cabeçalho HTTP, chamado de *HttpOnly*, também ajuda na prevenção de XSS, uma vez que ele não permite que um *cookie* seja acessado pelo navegador do cliente, não permitindo que códigos maliciosos acessem os *cookies* salvos pela aplicação.

## 7. Conclusão

De acordo com os testes efetuados, percebermos que *scanners* nem sempre encontram as vulnerabilidades em aplicações *web*. Para evitar o surgimento de vulnerabilidades devemos usar não apenas *scanners*, é preciso executar vários recursos para detectar uma vulnerabilidade em aplicações *web*, como a revisão de código e deixar a segurança como um requisito durante o ciclo de desenvolvimento da aplicação.

É de extrema importância a conscientização de equipes de desenvolvimento das causas e danos gerados por falhas em aplicações, que por sua vez deixam vulnerabilidades abertas para serem exploradas por usuários mal intencionados, causando grande custo e transtornos para usuários e desenvolvedores da aplicação.

Os experimentos, as prevenções e os modelos de ataques, podem auxiliar iniciantes em segurança de aplicações web, ou até mesmo desenvolvedores mais experientes, pois devem se atentar quando estão analisando ou desenvolvendo aplicações, de modo a observar e tratar erros e falhas que podem gerar vulnerabilidades.

## Referências

- Basso, T. (2010) “Uma abordagem para avaliação da eficácia de scanners de vulnerabilidade em aplicações web”. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas, São Paulo.
- Farias, M. B. (2009) “Injeção de SQL em aplicações Web Causas e Prevenções”. Monografia, Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- Lima, W. (2016) “Plugin do WordPress causa falha grave em milhares de sites”. Disponível em: <<http://4security.com.br/2016/05/31/milhares-de-sites-wordpress-em-risco/>>. Acesso em: 10 Abril 2017.
- Luz, H. J. F. (2011) “Análise de Vulnerabilidades em Java Web Applications”. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha. Marília, São Paulo.
- Oliveira, T. S. T. (2012) “Testes de Segurança em Aplicações Web Segundo a Metodologia OWASP”. Monografia, Departamento de Ciências da Computação, Universidade de Federal de Lavras, Minas Gerais.
- OWASP (2008) “OWASP Testing Guide v3.0”. Disponível em: <[https://www.owasp.org/images/5/56/OWASP\\_Testing\\_Guide\\_v3.pdf](https://www.owasp.org/images/5/56/OWASP_Testing_Guide_v3.pdf)>. Acesso em: 10 Março 2017.
- OWASP (2012) “OWASP Secure Coding Practices Quick Reference Guide”. Versão 1.3 ptBr Disponível em: <[https://www.owasp.org/images/b/b3/OWASP SCP v1.3\\_pt-BR.pdf](https://www.owasp.org/images/b/b3/OWASP SCP v1.3_pt-BR.pdf)>. Acesso em: 10 Março 2017.
- OWASP (2017a) “OWASP Top 10 2017 – The Ten Most Critical Web Application Security Risk”. Disponível em: <<https://github.com/OWASP/Top10/raw/master/2017/OWASP%20Top%2010%20-2017%20RC1-English.pdf>>. Acesso em: 10 Março 2017.
- OWASP (2017b) “DOM based XSS Prevention Cheat Sheet – Last revision: 08/05/2017”. Disponível em: <[https://www.owasp.org/index.php/ DOM\\_based\\_XSS\\_Prevention\\_Cheat\\_Sheet](https://www.owasp.org/index.php/ DOM_based_XSS_Prevention_Cheat_Sheet)>. Acessado em: 11 Abril 2017.
- Uto, N.; Melo, S. P. (2009) “Vulnerabilidade em Aplicações Web e Mecanismos de Proteção”, Cap. 6, IX Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. Minicursos SBSeg, São Paulo.
- W3C (2016) “Content Security Policy – Level 3”. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/2016/WD-CSP3-20160913/>>. Acesso em: 10 Março 2017.

# **Detecção de áreas desmatadas utilizando redes neurais artificiais associados a métodos para melhoria da generalização**

**Joel P. Oliveira<sup>1</sup>, Marly G. F. Costa<sup>2</sup>, Cícero F. F. Costa Filho<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia ó Censipam  
Avenida do Turismo, nº 1350 ó Tarumã ó Manaus ó AM, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Amazonas ó UFAM  
Av. General Rodrigo Octávio, nº 6200 ó Coroado I ó Manaus ó AM, Brasil  
[{joelparente,marlygfcosta,cffcfilho}@gmail.com](mailto:{joelparente,marlygfcosta,cffcfilho}@gmail.com)

**Abstract.** This study proposes a methodology to study deforesting areas using Landsat optical images obtained through remote sensing. The methodology proposes the association of methods for improving neural networks generalization, as early stopping and regularization, with techniques for characteristic extractions, as scalar selection technique, principal component analysis and linear discriminant analysis. The performance of the methodology is evaluated using measures as accuracy, sensitivity, specificity and area under ROC curve. The results shown that the best results are obtained with the early stop generalization method associated with the linear discriminant analysis technique. The study is carried out in three regions of the Amazon State, located near the municipalities of Apuí, Humaitá and Lábrea. An area under ROC curve and an accuracy as good as 0.997 and 0.97, respectively, are obtained.

**Resumo.** Este estudo propõe uma metodologia para o estudo de áreas de desmatamento utilizando imagens óticas Landsat obtidas por sensoriamento remoto. É proposta a associação de métodos para melhorar a generalização das redes neurais, como a parada antecipada e regularização, com técnicas de extração de características, como seleção escalar, análise de componentes principais e análise de discriminante linear. O desempenho da metodologia é avaliado utilizando medidas como precisão, sensibilidade, especificidade e área sob curva ROC. Os melhores resultados foram obtidos com o método de generalização parada antecipada associado à técnica de análise discriminante linear. O estudo foi realizado em três regiões do Estado do Amazonas, localizadas nos municípios de Apuí, Humaitá e Lábrea. Foi obtida uma área sob a curva ROC e uma precisão de 0,997 e 0,97 respectivamente.

## **1. Introdução**

Sensoriamento remoto é obtenção de dados sobre um objeto sem estar em contato físico direto com o mesmo [Jensen, 2009]. De forma mais específica, [Novo, 2008] define que sensoriamento remoto é a utilização de diversas tecnologias, como sensores,

equipamentos instalados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar os fenômenos que ocorrem na superfície da Terra.

Para realizar o monitoramento do desmatamento na Amazônia, as imagens geradas a partir de sistemas de sensoriamento remoto possuem grande importância, pois segundo [Noma *et al.*, 2013], imagens de satélite permitem realizar o monitoramento do desmatamento em larga escala e compreender a dinâmica da paisagem. Neste sentido, desde 1988, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o principal responsável pelo monitoramento da Floresta Amazônica. Neste aspecto, [Noma *et al.*, 2013] destacam dois projetos: Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) e TerraClass. O PRODES fornece dados por meio de mapas anuais de desmatamento na região Amazônica. Já o projeto TerraClass utiliza os dados gerados pelo PRODES para realizar uma classificação de uso e cobertura de solo.

Na literatura, diversos trabalhos propõem metodologias de classificação automática de imagens para monitoramento do solo. [Pimentel, 2014], utilizou redes neurais artificiais para classificar padrões temporais de uso do solo e cobertura da terra, utilizando séries temporais de índices de vegetação. [Reis, 2014] avaliou o potencial de imagens SAR, óticas e a combinação das duas para detectar mudanças em uma área da floresta nacional do Tapajós. [Zanotta, 2014] propôs uma nova metodologia para detecção semi-supervisionada de desflorestamento na Amazônia brasileira utilizando imagens Landsat. Os trabalhos apresentados não utilizaram estratégias contra o sobre ajustamento (*overfitting*), fenômeno que ocorre quando uma rede neural é excessivamente treinada, trazendo como consequência o sobre ajustamento dos parâmetros na tarefa de reconhecimento dos padrões apresentados durante a fase de treinamento.

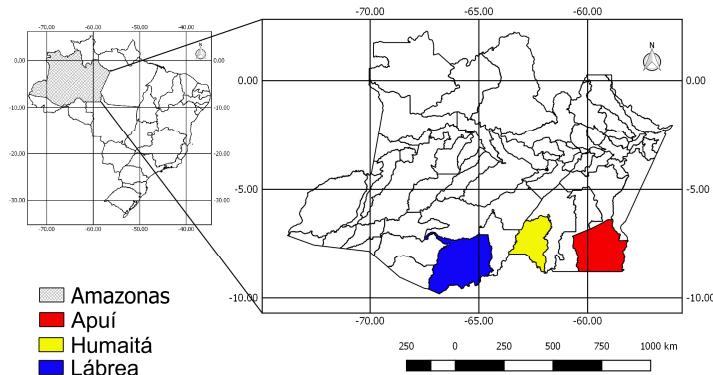
Nos últimos anos, o desempenho das redes neurais sofreu uma melhoria substancial, com o desenvolvimento de novas técnicas de generalização, como parada antecipada e regularização [Hagan *et al.*, 2014], ensejando novos critérios de parada para o treinamento das redes neurais, que não o Erro Quadrático Médio (*Mean Square Error* ó MSE), tradicionalmente utilizado. Além disso, técnicas robustas de extração de características foram desenvolvidas, como Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis* ó PCA), Análise Discriminante Linear (*Linear Discriminant Analysis* ó LDA) e Seleção Escalar de Características (SEC) [Theodoridis e Koutroumbas, 2008], que permitiram uma melhoria substancial na compactação e representatividade da informação. Nesse trabalho, pretende-se avaliar o desempenho dos métodos de generalização das redes neurais, quando associados aos métodos de extração de características anteriormente citados, para o reconhecimento de áreas desmatadas na região sul do estado do Amazonas. O texto está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta o conjunto de dados e a metodologia. Na Seção 3, os resultados são exibidos e interpretados. Finalmente, algumas conclusões são exibidas na Seção 4.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Materiais

As imagens utilizadas nesse estudo foram imagens óticas Landsat8 retiradas do *site*: <http://earthexplorer.usgs.gov>. As bases de imagens utilizadas foram dos municípios de Apuí, Humaitá, Lábrea localizados no sul do estado do Amazonas, conforme mostrado

na Figura 1. Os dados de entrada do classificador foram extraídos do projeto PRODES, do ano de 2015, disponibilizado por [Inpe, 2017]. Foram extraídas amostras de feições correspondentes a áreas desmatadas e áreas não desmatadas (floresta e outros tipos de vegetação denominados de não-floresta segundo [Inpe, 2017]). Para cada uma das três regiões foram selecionadas 2000 amostras, 1000 amostras pertencentes a áreas não desmatadas e 1000 amostras pertencentes a áreas desmatadas. A metodologia utilizada neste estudo foi comparada com a abordagem metodológica adotada nos trabalhos de [Reis, 2014], [Pimentel, 2014] e [Zannata, 2014]. Esses trabalhos foram escolhidos para comparação, pois os mesmos também utilizaram imagens óticas da região Amazônica.



**Figura 1. Mapa do Amazonas delimitando as regiões utilizadas nesse estudo**

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Sistema de Reconhecimento

As etapas do método de reconhecimento de padrões utilizadas foram: extração de características, seleção de características e classificação.

O conjunto de características utilizados neste trabalho comprehende características de textura. Com base na revisão da literatura, as características de textura mais utilizadas e que empregamos neste trabalho foram: média, variância, desvio padrão, homogeneidade, energia, correlação, contraste e entropia. Segundo [Usgs, 2017], para detecção da vegetação, as bandas de imagem sugeridas são: 2, 3, 4, 5, 6, 7. A essas bandas citadas anteriormente, acrescentamos mais duas bandas calculadas a partir dessas primeiras, conforme sugerido por [Huete *et al.*, 2002]: NVDI e EVI. As características foram numeradas de 1 a 64. A característica 1 corresponde a média da banda 2, a característica 2 corresponde a variância a banda 2, e assim sucessivamente, até a característica 64, que corresponde a entropia da banda EVI.

Para o treinamento das redes neurais foram selecionados conjuntos de 10, 20, 30, 40, 50 e 64 características. A seleção das mesmas deu-se através da utilização das técnicas PCA, LDA e SEC. Na técnica SEC a medida de separação de classes utilizada foi a Razão Discriminante de Fisher (*Fisher Discriminant Ratio* ó FDR) [Theodoridis e Koutroumbas, 2008].

O classificador empregado foi uma rede neural, com arquitetura X-11-1, em que X pode assumir os valores de 64, 50, 40, 30, 20 ou 10, em função do número de variáveis de entrada. Os critérios de parada empregados para o treinamento da rede neural foram MSE, Parada Antecipada e Regularização. O limite máximo de iterações fixado para um

treinamento foi de 1000. Os valores mínimos para os critérios MSE e Regularização que determinaram o final do treinamento foi de  $10^{-6}$ . O treinamento da rede neural utilizando Parada Antecipada termina quando, no conjunto de validação, o MSE aumentar por mais de 6 épocas consecutivas. Para acelerar o treinamento da rede neural foi utilizado o método de Levenberg-Marquardt [Hagan *et al.*, 2014].

### 2.2.2. Metodologia de Treinamento e Teste

Para o treinamento da rede neural com o critério MSE e Regularização, a metodologia de treinamento e teste utilizada foi a de validação cruzada com 5 pastas [Blum *et al.*, 1999]. Nesse trabalho, utilizou-se um conjunto de 2000 amostras para treinamento e teste (1000 amostras de regiões de desmatamento e 1000 amostras de regiões de áreas não desmatadas). Esse total de amostras foi dividido em 5 grupos de 400 amostras cada (200 de áreas desmatadas e 200 de áreas não desmatadas). A rede foi treinada com os dados de 4 grupos e testada com o quinto grupo. Como tem 5 grupos, esse processo foi repetido 5 vezes e uma média do desempenho foi calculada. Para o critério de Parada Antecipada, o conjunto de dados foi dividido em três partes iguais, treinamento, validação e teste. Três classificadores neurais distintos foram treinados e testados. Um deles foi treinado com amostras da região de Apuí. O segundo, com amostras da região de Humaitá. O terceiro, com amostras da região de Lábrea.

## 3. Resultados

A Tabela 1 mostra as características selecionadas para as regiões de Apuí, Humaitá e Lábrea utilizando a técnica SEC. Para a região de Apuí, a característica variância da Banda B4 foi a que apresentou um maior valor para a razão FDR, que foi de 1,32. Para a região de Humaitá, a característica variância da Banda B2 foi a que apresentou um maior valor para a razão FDR, que foi de 2,25. Para a região de Lábrea, a característica média da Banda B2 foi a que apresentou um maior valor para a razão FDR, que foi de 0,64.

Nas tabelas 2, 3 e 4 são apresentados dados de desempenho dos classificadores. Esses dados são resultados médios para acurácia, Área sob a curva de ROC (*Area Under ROC Curve* ó AUC) [Hanley e Mcneil, 1982], sensibilidade e especificidade, para os métodos de treinamento MSE, Parada Antecipada e Regularização, combinados com as técnicas de extração de características SEC, PCA e LDA, para as regiões de Apuí, Humaitá e Lábrea, respectivamente.

### 3.1. Análise dos Resultados

A partir da Tabela 1 observa-se que as características 63 (Contraste, Banda EVI) e 62 (Correlação, Banda EVI) sempre estão presentes nos conjuntos de características selecionados. Isso pode ser justificado pelo fato da banda EVI ser formada a partir do cálculo do índice de vegetação EVI. Índices de vegetação foram desenvolvidos para explorar as propriedades espectrais de vegetação e, portanto, ressaltam o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre.

Os principais parâmetros utilizados para avaliação de um método de classificação são a AUC e a acurácia do método. Observando as Tabelas 2, 3 e 4, com respeito a AUC, derivam-se algumas conclusões importantes.



**Tabela 4. Resultados médios para acurácia, AUC, sensibilidade e especificidade, para os métodos de treinamento MSE, parada antecipada e regularização para a região de Lábrea**

Região	Métodos de parada do treinamento	N. de Caract.	Técnica de Seleção de Características													
			SEC						PCA				LDA			
			Acur.	AUC	Sens	Esp	Acur.	AUC	Sens	Esp	Acur.	AUC	Sens	Esp		
Lábrea	MSE	10	92,10	0,921±0,0142	92,30	91,90	98,50	0,985±0,0062	98,40	98,60	99,50	0,995±0,0035	99,50	99,50		
		20	93,80	0,938±0,0126	94,20	93,40	97,20	0,972±0,0084	97,00	97,40	99,60	0,996±0,0032	99,70	99,50		
		30	96,40	0,964±0,0096	95,70	97,10	95,85	0,958±0,0103	96,20	95,50	99,50	0,996±0,0034	99,50	99,60		
		40	97,75	0,977±0,0076	97,20	98,30	94,75	0,948±0,0116	94,90	94,60	99,65	0,996±0,0030	99,60	99,70		
		50	99,50	0,995±0,0035	99,30	99,70	93,90	0,939±0,0125	93,70	94,10	99,70	0,997±0,0027	99,60	99,80		
		64	99,60	0,996±0,0032	99,30	99,90	99,60	0,996±0,0032	99,30	99,90	99,60	0,996±0,0032	99,30	99,90		
Lábrea	Parada Antecipada	10	95,13	0,951±0,0112	95,10	95,15	98,88	0,989±0,0053	98,80	98,95	99,70	0,997±0,0027	99,60	99,80		
		20	95,85	0,959±0,0103	96,00	95,70	98,75	0,987±0,0056	98,90	98,60	99,75	0,998±0,0025	99,65	99,85		
		30	97,90	0,979±0,0073	97,55	98,25	97,65	0,976±0,0077	97,25	98,05	99,75	0,997±0,0025	99,65	99,85		
		40	98,53	0,985±0,0061	98,35	98,70	98,03	0,980±0,0071	97,95	98,10	99,73	0,997±0,0026	99,70	99,75		
		50	99,68	0,997±0,0029	99,60	99,75	95,55	0,956±0,0107	94,95	96,15	99,80	0,998±0,0022	99,80	99,80		
		64	99,68	0,997±0,0029	99,60	99,75	99,68	0,997±0,0029	99,60	99,75	99,68	0,997±0,0029	99,60	99,75		
Lábrea	Regularização	10	93,50	0,935±0,0129	92,50	94,50	94,50	0,985±0,0062	95,00	94,00	99,50	0,995±0,0035	99,60	99,40		
		20	93,45	0,935±0,0129	94,00	92,90	95,50	0,955±0,0104	95,50	95,50	99,85	0,998±0,0019	99,80	88,90		
		30	95,65	0,956±0,0105	95,80	95,50	96,70	0,967±0,0083	97,00	96,40	99,75	0,998±0,0025	99,70	99,80		
		40	97,60	0,976±0,0078	97,30	97,90	96,80	0,968±0,0081	96,20	97,40	99,70	0,997±0,0027	99,60	99,80		
		50	99,65	0,996±0,0030	99,40	99,90	97,50	0,975±0,0076	97,10	97,90	99,70	0,997±0,0027	99,80	99,60		
		64	99,55	0,996±0,0034	99,60	99,50	99,55	0,996±0,0034	99,60	99,50	99,55	0,996±0,0034	99,60	99,50		

Em primeiro lugar, observa-se que a técnica LDA, para as três regiões, apresenta o melhor desempenho em relação a esses dois parâmetros. Por exemplo, para a região de Lábrea, para o método de regularização e para 30 variáveis, a área sob a curva de ROC e o desvio padrão obtidos para as técnicas SEC, PCA e LDA foram, respectivamente,  $0,956\pm0,0105$ ,  $0,967\pm0,0083$  e  $0,998\pm0,0025$ . Para esse exemplo, avaliando a significância da diferença entre as duas curvas ROC [Hanley e Mcneil, 1982] das técnicas LDA e SEC, encontramos que  $P = 0,0000052 < 0.00001$ . Então, a hipótese nula deve ser rejeitada (isto é, o desempenho da técnica LDA é superior ao da técnica SEC, ao nível de significância de 0,001%). Para esse exemplo, avaliando a significância da diferença entre as duas curvas ROC das técnicas LDA e PCA, encontramos que  $P = 0,000506 < 0,0001$ . Então, a hipótese nula deve ser rejeitada (isto é, o desempenho da técnica LDA é superior ao da técnica PCA, ao nível de significância de 0,01%).

Em segundo lugar, com respeito aos métodos de parada da rede neural, observa-se, nas três regiões, uma leve superioridade no desempenho da técnica de parada antecipada frente as outras duas, em relação aos dois parâmetros citados. Por exemplo, para a região de Humaitá, para a técnica PCA e para 50 variáveis a área sob a curva de ROC e o desvio padrão obtidos para os métodos MSE, parada antecipada e regularização foram, respectivamente,  $0,953\pm0,0110$ ,  $0,985\pm0,0062$  e  $0,963\pm0,0062$ . Para esse exemplo, avaliando a significância da diferença entre as duas curvas ROC dos métodos parada antecipada e MSE, encontramos que  $P = 0,0054 < 0.01$ . Então, a hipótese nula deve ser rejeitada (isto é, o desempenho do método parada antecipada é superior ao do método SEC, ao nível de significância de 1%). Para esse exemplo, avaliando a significância da diferença entre as duas curvas ROC dos métodos parada antecipada e regularização, encontramos que  $P = 0,0278 > 0.01$ . Então, a hipótese nula não deve ser rejeitada (isto é, o desempenho do método parada antecipada não é superior ao do método regularização, ao nível de significância de 1%).

Em terceiro lugar, observa-se, com respeito ao número de características, que para os métodos SEC e PCA, via de regra o desempenho com 64 características é melhor do que o desempenho com um número menor de características, em relação as variáveis anteriormente citadas. Por exemplo, para a região de Apuí, para a técnica PCA e parada o método de parada antecipada, a área sob a curva de ROC e o desvio padrão obtidos para 10 e 64 variáveis foram, respectivamente,  $0,973 \pm 0,0082$  e  $0,999 \pm 0,0014$ . Para esse exemplo, avaliando a significância da diferença entre as duas curvas ROC dos métodos parada antecipada e MSE, encontramos que  $P = 0.00102 < 0,01$ . Então, a hipótese nula deve ser rejeitada (isto é, o desempenho com 64 variáveis é superior ao desempenho com 10 variáveis, ao nível de significância de 1%).

O método proposto nesse trabalho foi comparado com: [Reis, 2014], [Pimentel, 2014] e [Zanotta, 2014]. Na mesma região utilizada por [Reis, 2014], o melhor desempenho foi obtido utilizando-se o método regularização associado à técnica LDA e 64 características, com uma acurácia média de 96,97%. Esse resultado foi superior àquele obtido pelo referido autor, uma acurácia de 84,2%. O autor trabalhou com oito características e utilizou o classificador de Mínima Distância Estocástica. Na região utilizada por [Pimentel, 2014], o melhor desempenho foi obtido utilizando-se o método de regularização associado à técnica LDA e com 64 características, com uma acurácia média de 96,94%. Esse resultado foi ligeiramente melhor que aquele obtido pelo referido autor, uma acurácia de 96,05%. O autor trabalhou com 1300 amostras e utilizou redes neurais como classificador. Na região utilizada por [Zanotta, 2014], o melhor desempenho foi obtido utilizando-se regularização associado à técnica LDA e com 64 características, com uma acurácia média de 96,95%. Esse resultado foi bem superior àquele obtido pelo referido autor, uma acurácia de 82%. O autor trabalhou com apenas 3 características e com o classificador baseado na análise do vetor de mudanças.

#### **4. Conclusões**

Os resultados mostraram a importância de se avaliar o resultado da combinação de novos métodos de generalização com técnicas de seleção de características. A técnica de seleção LDA apresentou um melhor desempenho em relação às técnicas SEC e PCA. O método Parada Antecipada apresentou um desempenho levemente superior em relação aos métodos de Regularização e MSE. Em relação à técnica LDA, observamos que o número de características utilizadas não tem influência sobre o desempenho do classificador. Como principal conclusão desse trabalho, ressaltamos que, em função das altas taxas de acurácia e de AUC obtidas, recomenda-se fortemente a utilização de técnicas de extração de características, juntamente com métodos de generalização de redes neurais, para classificação de áreas desmatadas, obtidas a partir de imagens óticas. Em trabalhos futuros, propõe-se expandir a área geográfica de estudos, selecionando mais regiões do país, e utilizando-se classes de uso do solo mais variadas. Pretende-se também utilizar redes convolutivas para classificação das áreas desmatadas.

#### **Referências**

- Blum, A., Kalai, A., Langford, J. (1999) “Beating the hold-out: Bounds for k-fold and progressive crossvalidation”. In Proceedings of the twelfth annual conference on Computational learning theory, ACM, pages 2036208

- Hagan, M. T., Demuth, H. B., Beale, M. H. (1995) *Neural Network Design*. [S.l.]: PWS Pub., apud GIL, A. M. (2014) *Reconhecimento de dígitos manuscritos: busca de um classificador com máxima taxa de acerto*. In Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Hanley, J. A and McNeil, B. J. (1982) *The meaning and Use of the Area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve*. Radiology; 143(1):29-36.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., and Ferreira, L.G. (2002) *Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices*, Remote Sensing of Environment, Volume 83, Issues 1-2, November, Pages 195-213.
- Inpe ó Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2017) *Projeto PRODES*, <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>, Janeiro.
- Jensen, J. R. (2009) *Sensoriamento Remoto do Ambiente. Uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução de José Carlos N. Epiphanio, Antonio R. Formaggio, Athos R. Santos, Bernardo F. T. Rudorff, Cláudia M. Almeida, Lênio S. Galvão. São José dos Campos, SP. Editora Parêntese.
- Noma, A., körtig, T. S., Fonseca, L. M. G. (2013) *Uma Comparaçāo entre Classificadores usando Regiões e PerÍls EVI para Agricultura*. In Anais XVI Simpósiro Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- Novo, E. M. L. M. (2008) *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. 3<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 363p.
- Pimentel, T. R. G. (2014) *Classificação de padrões temporais de uso do solo e cobertura da terra em séries temporais de índice de vegetação utilizando um sistema neuro-difuso*. São José dos Campos. 2014. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada do INPE, São José dos Campos.
- Reis, M. (2014) *Detecção de mudanças de uso e cobertura da terra utilizando dados ópticos e de micro-ondas em uma região da Amazônia Brasileira*. São José dos Campos. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do INPE, São José dos Campos.
- Symeonakis, E. (2016) *Modelling land cover change in a mediterrane an environment using random forests and a multi-layer neural network model*. In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE International.
- Theodoridis, S.; Koutroumbas, K. (2008) *Pattern Recognition*. San Diego, California: Academic Press. 984 pages.
- Usgs - United States Geological Survey (2017) *What are the best spectral bands to use for my study?* ó, <https://landsat.usgs.gov/what-are-best-spectral-bands-use-my-study>, Maio.
- Zanotta, D. C. (2014) *Uma metodologia adaptativa baseada em objetos para detecção semi-automática de desmatamento na Amazônia por imagens de sensoriamento remoto*. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do INPE, São José dos Campos.

# Desenvolvimento de uma nova Ferramenta Computacional para Auxílio na Pesquisa Acadêmica Avançada

Kleber Zuza Nobrega<sup>1</sup>, Edeilson Pereira Pestana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de eletroeletrônica – Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Maranhão (IFMA)  
Av. Getúlio Vargas, 4 -Monte Castelo, São Luis – MA, CEP 65030-005

<sup>2</sup>Departamento de eletroeletrônica – Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Maranhão (IFMA)  
Av. Getúlio Vargas, 4 -Monte Castelo, São Luis – MA, CEP 65030-005  
bzuzal@yahoo.com.br, edeilsonpestana@gmail.com

**Abstract.** *The academic research still finds barriers, one of them is the difficulty of doing research for papers accurately, whether the inaccuracy of current search engines or the fact the some are not available free of charge, then comes the need for a system to do the research for scientific production in an efficient, reliable and free. This paper proposes an innovator system, developed in MATLAB, for web search of scientific papers. The search engine, here presented, works with pattern recognition in organizations websites of international academic prestige publishers and returns to the user scientific work obeying search parameters that can be configured for an optimized search.*

**Resumo.** *A pesquisa acadêmica ainda encontra barreiras, uma delas é a dificuldade de se fazer pesquisa por artigos de forma precisa, seja pela imprecisão dos atuais motores de busca ou pela não gratuidade, surge então a necessidade de um sistema que faça essa pesquisa por produção científica de maneira eficiente, confiável e gratuita. Neste trabalho é proposto um sistema inovador, desenvolvido em MATLAB, para a busca web de trabalhos científicos. O motor de busca aqui apresentado, trabalha com reconhecimento de padrões em sites de organizações e editoras de prestígio acadêmico internacional e retorna ao usuário trabalhos científicos obedecendo parâmetros de busca que podem ser configurados para uma busca otimizada.*

## 1. Introdução

A produção científica global vem crescendo ano após ano e grande parte desse aumento da produtividade se deve ao desenvolvimento tecnológico com o advento da internet que vem auxiliando pesquisadores à realizarem estudos se valendo de técnicas e ferramentas que só são possíveis pela facilidade que tal desenvolvimento vem proporcionando ao homem.

Uma das principais características da pesquisa científica é a necessidade da compreensão total de um determinado tema que esteja em questão para explicar a realidade como afirma Schwartzman (2002), e isso só é possível quando se tem acesso à todas as

informações referentes ao tema que se pretende estudar, daí parte a necessidade de ser ter acesso de forma objetiva à estudos de outros pesquisadores para se obter dados sobre o estado da arte, segundo Salem et al (2009). O problema é que o acesso à tais estudos nem sempre se dá de forma simples, eficaz ou gratuita. A busca por artigos científicos, muitas vezes, é dispendiosa de tempo já que os motores de busca atuais não garantem uma busca refinada e precisa.

O *google* acadêmico ou *scholargoogle*, por exemplo, é uma ferramenta de pesquisa que permite a busca por trabalhos acadêmicos, artigos, jornais de universidades entre outros. Todavia, pesquisadores experientes conhecem a necessidade da pesquisa que obedeça a parâmetros de busca bem definidos, algo que o *scholargoogle* não oferece. É possível pesquisar determinado tema, autor e período específico, no entanto essa busca retorna resultados que muitas vezes são dispensáveis ao pesquisador experiente.

Outra alternativa para a pesquisa de artigos e estudos em geral é a plataforma *webofScience*, que assim como o *scholargoogle* é uma ferramenta muito poderosa como motor de busca, mas essas buscas nem sempre retornam resultados refinados de determinado autor, específicos periódicos e, além disso, é uma ferramenta paga, o que não a torna popular por discentes, centros de pesquisa, universidades e faculdades.

A proposta deste trabalho é uma ferramenta de busca científica, inicialmente, na área da física, devido à demanda de alguns pesquisadores nesta área, desenvolvida em MATLAB que permite à pesquisadores efetuarem buscas por artigos nos mais renomados periódicos internacionais usando, especificamente, a qualificação *qualis* da CAPES, que é referência utilizada por pesquisadores brasileiros de alto padrão acadêmico.

## 2. Justificativa

A principal motivação para a realização deste trabalho é justamente a inexistência de uma ferramenta que possa fazer a busca especializada e com a interface simples da forma que este trabalho propõe, e que esteja à disposição dos pesquisadores mais experientes e ao alcance daqueles que desejam fazer pesquisa de alto padrão, seja acompanhando determinado tema ou mesmo acompanhamento a produção de determinado pesquisador.

O trabalho consiste em um programa de computador, desenvolvido em MATLAB, por este ser um *software* muito utilizado nas universidades em todo o mundo e possuir uma grande variedade de aplicações, onde é possível efetuar a busca de forma automática de artigos científicos nos sites da *OSA*, *APS* e *ELSEVIER*, onde o usuário do programa tem a possibilidade de determinar parâmetros de busca como:

- a) Busca por autor;
- b) Busca por tema;
- c) Busca por período específico;
- d) Busca em determinado periódico e revista;

Definidos os parâmetros, o programa efetua a busca nos sites dos periódicos e retorna:

- 1) Os títulos dos artigos;
- 2) Os nomes dos autores;
- 3) Os *links* que direcionam à página contendo o abstract dos artigos;

- 4) Os *links* dos arquivos PDF dos artigos;
- 5) O texto do resumo dos artigos;
- 6) Os dados dos artigos (nome da revista, volume, páginas);

Além disso, é importante ressaltar que a ferramenta aqui desenvolvida é um programa executável e possui uma interface gráfica (GUI) bastante amigável, além disso o usuário não necessita ter MATLAB instalado em seu computador, e nem acesso às plataformas pagas pela CAPES, a única necessidade é o acesso à internet.

Nas seções seguintes, estar-se-á explicitado os métodos utilizados no desenvolvimento do algoritmo, e toda a dinâmica de busca, bem como os materiais que foram utilizados neste trabalho, além de demonstrar, através de exemplo, como o programa pode ser utilizado para a busca de artigos científicos.

### 3. Material e métodos

Os requisitos mínimos para execução da ferramenta são: processador x86-64 AMD ou Intel; sistema operacional Windows 7, 8, 8.1 ou 10; Memória RAM de 2GB e 2GB de espaço em disco.

O algoritmo e a estrutura do programa foram escritos fazendo-se uso de várias funções do MATLAB onde se destacam as mais relevantes para o desenvolvimento da ferramenta como sendo a função *webread()*, capaz de fazer leitura de conteúdo de sites da *web* (ou URL); a função *regexp()*, usado para fazer reconhecimento de padrões em *strings*, além da capacidade do *software* em lidar com diferentes tipos de variáveis; e por fim, a fácil implementação e integração de todas as ferramentas em uma única interface gráfica, e do tipo .exe.

A função *webread()* funciona de tal forma que o parâmetro de entrada da função neste trabalho é o *link* da página que se deseja ler (*webread(URL)*) e então a função retorna o código fonte desta contendo *hiperlinks*, textos formatados em HTML.

Uma vez obtida a informação da função *webread*, a função *regexp()* que utiliza como parâmetro de entrada uma *string* e um padrão programável a depender do interesse do usuário, será utilizada para efetuar a busca pelo padrão que se deseja reconhecer e um *token* nomeado, que nada mais é que o objeto que foi encontrado (pode ser um nome, uma data, um número, um link). Como no exemplo didático da figura 1 abaixo.

```
%% exemplo
fonte = '2016< titulo "estudo da física" >2016';
padrao = '2016< titulo "(?<TITULO>.*?)" >2016';

padrao_encontrado = regexp(fonte,padrao,'names')
```

**Figure 1- exemplo do uso da função *regexp()*.**

Neste exemplo a variável denominada de fonte é o arquivo de texto onde deveremos fazer a busca por padrões, já o padrão representado é a informação que se deseja obter do texto fonte, nesse caso a frase “estudo da física” foi substituída por um token que será o que se deseja capturar do texto fonte. A figura 2 exemplifica o resultado da execução dessa função para este caso.

```

padrao_encontrado =  

TITULO: 'estudo da física'

```

**Figure 2 - resultado do código da figura 1.**

Com base no exemplo dada para se ter uma ideia das possibilidades que esta função oferece já que a identificação de padrões é crucial à programas de busca. Utilizando esta ferramenta podemos obter links, strings, datas entre outras informações presentes nos códigos fonte dos sites da *OSA*, *Elsevier* e *APS*.

### 3.1. Algoritmo

Inicialmente o usuário define os parâmetros de busca (revista, autor, tema e período). Feita a parametrização, o programa carrega a página principal dos periódicos. Como pode ser visto na figura 3 ilustra a página inicial na qual é efetuada uma busca para se obter os nomes das periódicos e os respectivos links para acesso para a *OSA*.



**Figure 3 - Página da OSA com todas as revistas (na figura apenas duas).**

O algoritmo limita sua busca somente àqueles periódicos que foram selecionadas pelo usuário da plataforma. Depois de feita a eleição das revistas selecionadas, o algoritmo faz o carregamento da página de cada um dos periódicos bem como seleciona os volumes e edições para que finalmente passo a ser feita a busca, no código fonte do site, por todos os links que darão acesso a determinada edição da revista. Ver Figura 4.



**Figure 4 - Página de um periódico (links das edições e datas em destaque)**

Obtidos os *links* das edições e suas datas, o algoritmo faz a validação temporal como base no período especificado pelo usuário, ou seja, o algoritmo seleciona para a busca somente as edições que estão dentro do período em que o usuário deseja efetuar a busca dos artigos.

Seguindo a ordem de processos o algoritmo carrega os *links* das edições válidas para a busca e obtém os títulos de todos os artigos das mesmas, bem como o *link* para acesso ao PDF, os nomes dos autores, o *link* para acesso ao texto do *abstract* e os dados de referência do artigo, como volume e número da edição. Esses dados podem ser vistos na Figura 5.



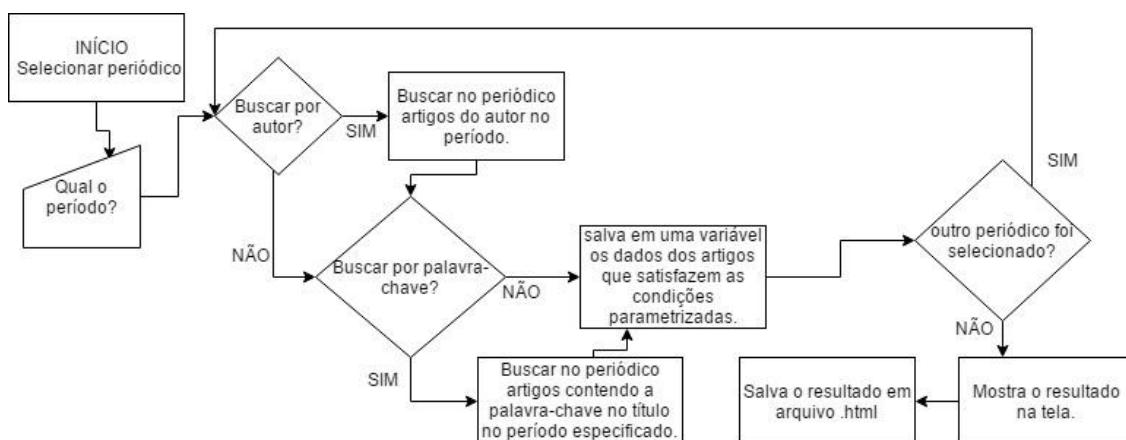
**Figure 5- Página de artigos de determinada revista.**

Em posse de todas as informações faz-se, nesse momento, a seleção dos artigos baseados nas escolhas por tema ou autor já definido pelo usuário no início. O algoritmo verifica se algum dos artigos encontrados corresponde aos desejados pelo usuário.

O algoritmo verifica os parâmetros que foram selecionados pelo usuário e então retorna, os resultados da busca daqueles artigos que satisfazem estes parâmetros, ou seja, o resultado entregue ao usuário é em arquivo no formato HTML contendo uma lista com os dados dos artigos que satisfizeram os parâmetros da busca, i.e.; título, *link* do *abstract*, *link* do artigo em formato PDF, dados de referências (volume, periódico, edição, páginas) onde esses dados podem ser acessados gratuitamente.

A escolha do formato HTML para apresentação dos resultados foi feita pensando na facilidade de acesso aos *links* gerados e a possibilidade de o arquivo da busca ser mantido para consulta posterior observando que o público alvo desta ferramenta são, no geral, estudantes de pós-graduação e doutores pesquisadores que realizam revisões bibliográficas quase que de forma constante e necessitam ter tais informações ao alcance.

No fluxograma da figura 6 abaixo é possível ter uma idéia geral dos processos que ocorrem no algoritmo.



**Figure 6 - fluxograma de visão geral do processo de busca.**

## 4. Uso da ferramenta

Aqui será feita uma prova de conceito capaz de ilustrar e exemplificar como o usuário pode fazer uso da ferramenta para a pesquisa de artigos. Neste exemplo a busca será feita por autor, por palavra que contenha no título, que nós denominamos aqui como tema e em período especificado.

### 4.1. Demonstração do uso da ferramenta

A seguir estudaremos uma busca por uma palavra chave que esteja no título do artigo e pelo nome de autor em período específico. O código pode ser visto na Figura 7 com resultados da busca na Figura 8.

1. Nome do autor: Zhaotao Zhou
2. Palavra chave no título: *photovoltaic*
3. Período: nos últimos 4 meses
4. Periódicos: Optics Express

```

% Parâmetro de tempo (últimos 4 meses)
% Nome do autor
% Identificadores lógicos
% Palavra-Chave
% Intervais
% Buscar ou não o texto do abstract
% buscar por título
% buscar por autor

```

O diagrama mostra o fluxo de dados entre os parâmetros definidos e o código Matlab. As caixas representam os 'Parâmetro de tempo (últimos 4 meses)', 'Nome do autor', 'Identificadores lógicos' e 'Palavra-Chave'. As setas apontam de cada caixa para o respectivo bloco de código no script. A caixa 'Nome do autor' tem uma seta que aponta para o bloco de código que define o autor ('autor = "Zhaotao Zhou";'). A caixa 'Palavra-Chave' tem uma seta que aponta para o bloco de código que define a palavra-chave ('pchave = "photovoltaic";'). As outras caixas têm setas que apontam para o bloco de código que define os intervalos ('meses=4;') e os identificadores lógicos ('i\_abstract = 0;', 'i\_titulo = 1;', 'i\_autor = 1;').

**Figure 7- Código no Matlab para buscar por autor, palavra-chave em período definido.**

O resultado da busca é exibido no 'Command Window' do Matlab. Ele mostra resultados para três artigos diferentes, todos publicados na revista 'APPLIED OPTICS'. Os resultados incluem autores, referências e links para os artigos.

```

off-axis holographic lens spectrum-splitting photovoltaic system for direct and diffuse solar energy conversion
Autores: Shelby D. Vorndran Benjamin Chrysler Brian Wheelwright Roger Angel Zachary Holman Raymond Kostuk
Referência: Appl. Opt. 55(27), 7522-7529 (2016)
Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 26, de 10 September 2016

Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 25, de 1 September 2016
Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 24, de 20 August 2016

Influence of atmospheric turbulence on the properties of specular and antispecular beams
Autores: Zhaotao Zhou Mengwen Guo Daomu Zhao
Referência: Appl. Opt. 55(24), 6757-6762 (2016)
Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 23, de 10 August 2016

Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 22, de 1 August 2016
Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 21, de 20 July 2016
Efetuando busca em APPLIED OPTICS Issue 20, de 10 July 2016

Optimization of multi-grating volume holographic spectrum splitters for photovoltaic applications
Autores: G. B. Ingersoll J. R. Leger
Referência: Appl. Opt. 55(20), 5399-5407 (2016)

```

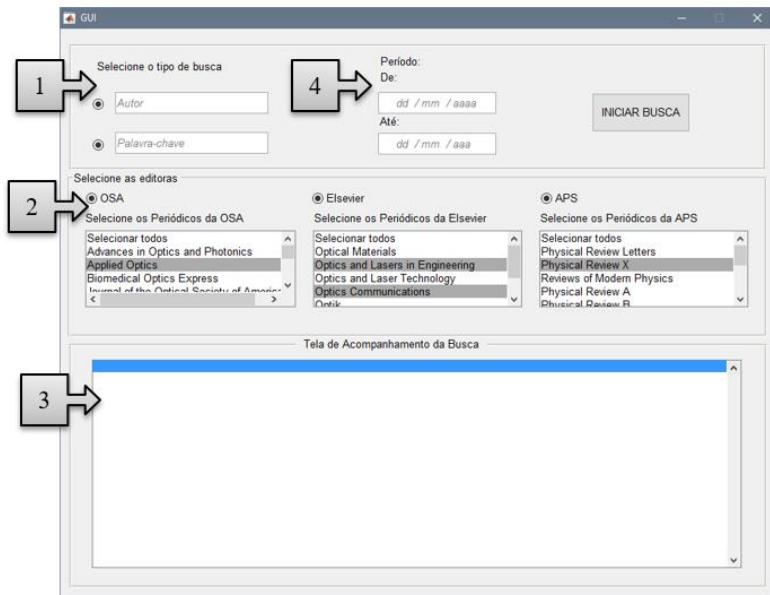
**Figure 7 - Resultado da busca por autor, palavra-chave em período e periódico específico com os links para os respectivos resultados.**

Com esta demonstração foi possível verificar que os resultados obtidos obedecem rigorosamente os parâmetros de busca, ou seja, todos os artigos que retornam ao usuário contêm a palavra-chave escolhida ou é produto do autor selecionado para a busca e

todos estão dentro do período estipulado (nos últimos 4 meses) além de todos pertencerem ao periódico escolhido para esta busca.

#### 4.2. Interface gráfica

A Interface gráfica, que pode ser vista na figura 9, foi construída pensando em facilitar o seu uso para que mesmo com escolhas simples de parâmetros os resultados sejam estritamente selecionados obedecendo rigidamente os parâmetros desejados.



**Figure 8 - Interface Gráfica do programa de busca.**

Onde as partes enumeradas da figura 8 são:

1. Escolha do autor e palavra-chave
2. Seleção das editoras e respectivos periódicos
3. Tela de acompanhamento de resultados
4. Seleção do período para busca

A escolha por tipo de busca e editoras é facilitada por botões onde o usuário somente necessita selecionar o botão e digitar o nome do autor por exemplo e no caso da seleção de editoras, abrem-se janelas com os nomes dos periódicos bastando o usuário escolher os periódicos que deseja efetuar. A Tela de acompanhamento serve para a visualização do processo de busca em tempo real.

#### 5. Resultados e discussões

O algoritmo desenvolvido em MATLAB tem a grande vantagem de usar linguagem de programação de alto nível dispondo de ferramentas e funções que facilitam muito a programação ampliando as possibilidades de aplicações dos programas.

Os estudos de casos aqui apresentados reforçam a eficiência da ferramenta na busca refinada e precisa por artigos científicos não apresentando resultados que fujam aos parâmetros de busca definidos.

Apesar de a ferramenta aqui apresentada estar definida para busca de artigos na área da física, ela pode ser ampliado para abranger diversas outras áreas do conhecimento e editoras (SPRINGER, IEEE, IOP etc.), tendo em vista que os sites onde as buscas são efetuadas obedecem à regras de padronização inerentes às linguagens nas quais são construídos (HTML e JAVASCRIPT), padrões esses fundamentais para a construção do algoritmo em MATLAB, além da possibilidade do desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis se valendo da proposta do programa de busca.

## **6. Conclusão**

Os resultados mostram, como esperado, que o sistema é bastante eficiente na busca por artigo, levando em consideração os parâmetros de busca definidos que garantem uma busca refinada e precisa nos sites das organizações e editoras que este trabalho abrange.

A possibilidade de combinar parâmetros é uma das maiores vantagens já que dessa forma os resultados podem variar de acordo com a necessidade do pesquisador que pode particularizar a busca para enfocar no que realmente importa, que é a pesquisa acadêmica de alto nível.

## **7. Agradecimentos**

Os autores agradecem ao PIBITI e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) pelo apoio dado ao desenvolvimento da pesquisa.

## **Referências**

- Mathworks, matlab. Vs. R2015a, 2015. The MathWorks, Inc. 1 CD-ROM.
- Salem, S. and Kawamura, M.D., (2009). Estado da arte dos estados da arte da pesquisa em ensino de física. In: Encontro nacional de pesquisa em ensino de ciências. Ed. VII. Disponível em: <[http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/novo\\_06.pdf](http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/novo_06.pdf)>, acesso em 18 set. 2016
- Schwartzman, S. (2002). A pesquisa científica e o interesse público. Revista Brasileira de Inovação, São Paulo. Vol. 1, nº 2. Disponível em: <<http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/248>>. Acesso em: 19 set. 2016

# Utilização de ambiente de alto desempenho para simulação de sistemas de comunicação utilizando linguagem JAVA

**Maximiliano N. Biscaia, Cristhof J. R. Runge, André Angellis, André Leon S. Gradvohl**

Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campus de Limeira 13484-332 – Limeira – SP– Brasil

**maxi.biscaia54@gmail.com, cristjrr@ft.unicamp.br, andre@ft.unicamp.br,  
gradvohl@ft.unicamp.br**

**Abstract.** This work shows the results using different strategies to implement a simulation software in Java to measure the performance of a communication system with the main aim of obtaining gains in simulation processing time. The results obtained using a high performance cluster computing and a multi core desktop are described. Three different approaches are used, serial programming , parallel multithreading and Fork/Join. The simulation results shows that, as the parallelism increases a saturation occurs, and even a performance degradation is observed, indicating that the time processing gains are not a monotonically increasing function of the parallelism.

**Resumo.** Este trabalho busca mostrar os resultados obtidos na tentativa de se obter ganhos de tempo de processamento utilizando diferentes estratégias na implementação de um software de simulação para medida de desempenho de um sistema de comunicação escrito em linguagem Java. O artigo descreve os resultados obtidos através das simulações realizadas em um cluster de computação de alto desempenho, e utilizando um desktop multicore. Três diferentes abordagens de implementação são apresentadas, serial, paralela multithreading e Fork/Join. Os resultados obtidos apontam para uma saturação, e inclusive para uma perda de desempenho a partir de um certo grau de paralelismo, indicando que os ganhos de tempo de processamento não são uma função monotônica crescente do grau de paralelismo.

## 1. Introdução

Devido à natureza estocástica dos canais de telecomunicações, a simulação utilizando algoritmos de força bruta, que utilizam quantidades massivas de dados para obter resultados numéricos, é normalmente utilizada. No entanto, tal estratégia muitas vezes conduz a uma necessidade de processamento além da capacidade computacional dos sistemas convencionais, ou ainda acaba por demandar horas e as vezes dias de processamento para obtenção de um único ponto em uma curva de resultados de simulação. Nesse contexto, o processamento de alto desempenho (HPC – High Performance Computing) foi visto como uma alternativa para o tratamento do grande volume de dados requisitado por simulações dessa natureza. O ambiente de alto desempenho usado para o desenvolvimento desse trabalho é um Cluster IBM-AIX

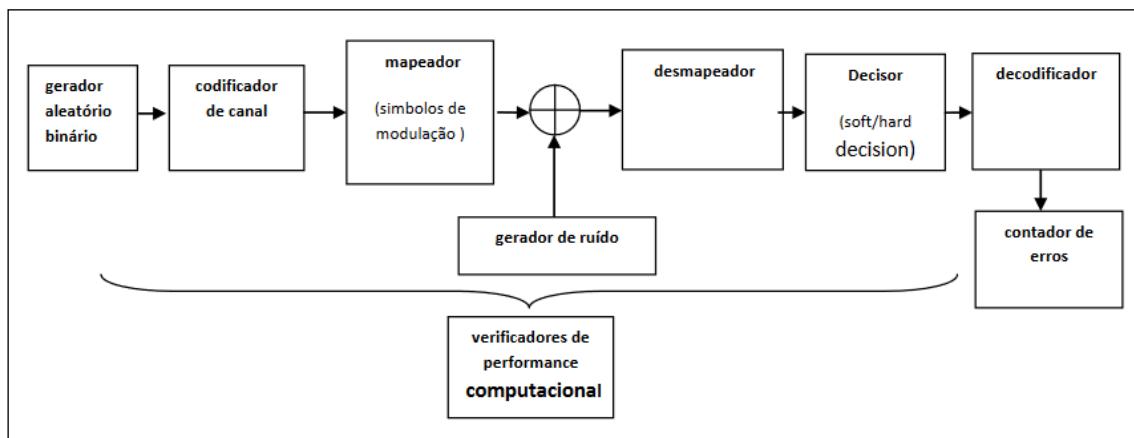
pertencente à Faculdade de Tecnologia da Unicamp. A arquitetura de cluster pode ser definida como um conjunto de máquinas ou nós, que cooperam entre si na execução de aplicações utilizando a troca de mensagens pela rede [Buyya 1999]. O software desenvolvido e analisado nesse trabalho simula a geração de bits de informação transmitidos através de um canal de transmissão ruidoso[Lathi 1988] e utiliza um corretor de erro do tipo Reed Solomon(RS) [Lin e Costello 1983], que tem por intuito proteger os bits transmitidos e corrigi-los após a passagem pelo canal, assim calculando a taxa de erro de bit (TEB). Para geração dos bits de informação que serão transmitidos e recebidos o algoritmo do software utiliza o método estatístico de Monte Carlo [Rino e Costa 2013], amplamente empregado em modelos probabilísticos.

O desenvolvimento de softwares para arquiteturas de alto desempenho é comumente realizado em linguagem de programação C, devido à presença de bibliotecas de MPI (Message Passing Interface) que permitem a distribuição de tarefas em um ambiente de alto desempenho[Alsmadi, Khamaiseh, and Xu]. Contudo, a escolha da linguagem Java para a criação do software de simulação se justifica pelo grande número de bibliotecas presentes na linguagem que facilitam o desenvolvimento de programas, além da possibilidade de utilização de mecanismos de paralelismo como o uso de multithreadings ou estruturas do tipo Fork/Join, amplamente documentados pela empresa Oracle.[Oracle 2016].

O objetivo desse trabalho é comparar e analisar as etapas de teste do programa de simulação desenvolvido, através do seu desempenho em termos de tempo de processamento em diferentes ambientes e através do uso de diferentes estratégias de implementação.

## 2. Materiais e Métodos

Nesse trabalho foram utilizados um computador pessoal Desktop com as seguintes configurações de hardware: processador AMD E1-2100 com 2 cores de 1.0 GHz e 4GB de memória RAM e um ambiente de alto desempenho Cluster IBM AIX do Laboratório de Simulação e de Computação de Alto Desempenho da Faculdade de Tecnologia da Unicamp, [LaSCADo 2016]. O Cluster IBM contém as seguintes configurações: o ambiente é composto por cinco máquinas, cada qual contendo quatro processadores Power7 de 8 núcleos e cada núcleo de 3,0 GHz, de modo que cada núcleo processa 4 threads simultaneamente [IBM, 2013]. O software desenvolvido para realização dos testes gera um vetor de símbolos (vetor de números inteiros) que não apresentam dependência entre si (descorrelacionados), sendo que para o processamento paralelo esse vetor é quebrado em subvetores que são tratados de forma paralela. Para a comparação de tempo entre as plataformas, utilizaram-se três abordagens diferentes: serial, multithreading e Fork/Join. O código do software foi desenvolvido de acordo com o diagrama da Figura 1:



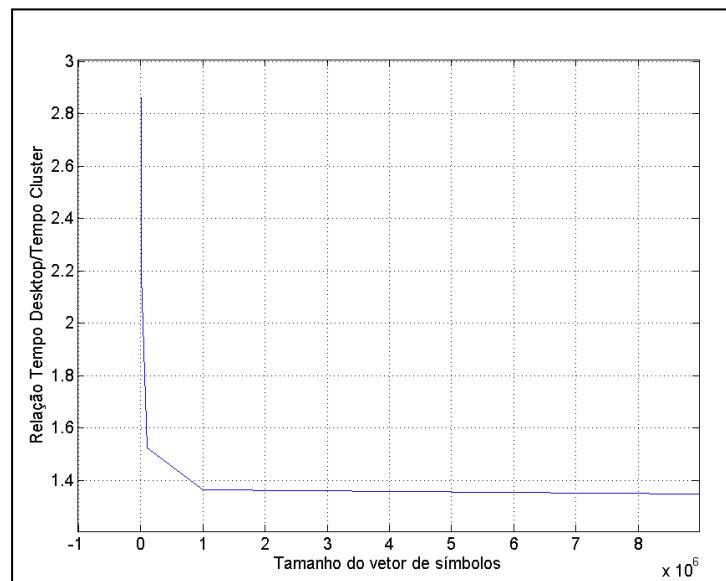
**Figura 1. Diagrama de blocos do software de simulação**

### 3. Utilização da Abordagem serial

Na primeira abordagem buscou-se verificar os ganhos obtidos através de um algoritmo de simulação serial, inicialmente testado em computador desktop e posteriormente portado para ambiente de alto desempenho.

#### 3.1 Comparação entre os resultados no Cluster IBM AIX e no Desktop

O programa de simulação desenvolvido foi avaliado nas duas plataformas (Desktop e Cluster), a fim de traçar uma medida inicial de tempo de execução para a abordagem serial. A figura 2 apresenta a comparação entre os tempos de execução.



**Figura 2. Relação de tempo gasto pelo Cluster e PC**

Analizando o gráfico observa-se que os ganhos de tempo de processamento obtidos no Cluster em relação ao desktop não são significativos, sendo esses em torno de 3 vezes para vetores de simulação da ordem de  $10^3$  símbolos, caindo para menos de uma vez e meia em torno de  $10^7$  símbolos. A partir desse primeiro resultado pensou-se em uma

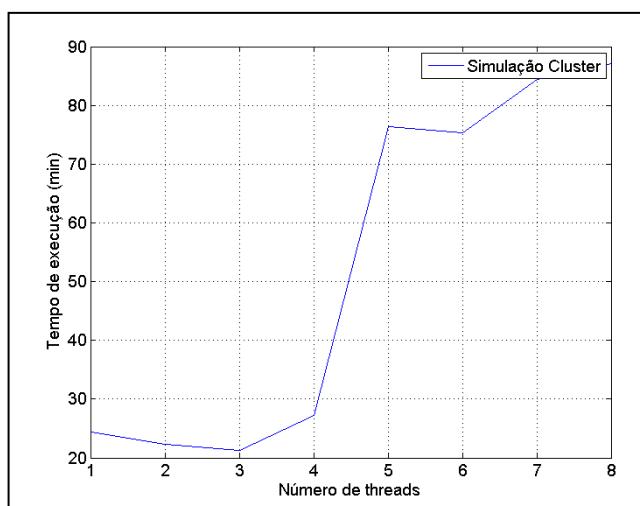
forma de se obter maiores ganhos no tempo de processamento da simulação, assim, buscou-se incorporar ao programa métodos de paralelismo.

#### 4. Abordagem Multithreading

Visto os resultados da abordagem serial, pensou-se no uso da abordagem multithread a fim de verificar seu ganho de desempenho e compará-lo aos testes anteriores feitos em Desktop e Cluster. Através do uso desse mecanismo, o programa passou a quebrar o vetor de simulação em vetores menores e processá-los através de múltiplas threads.

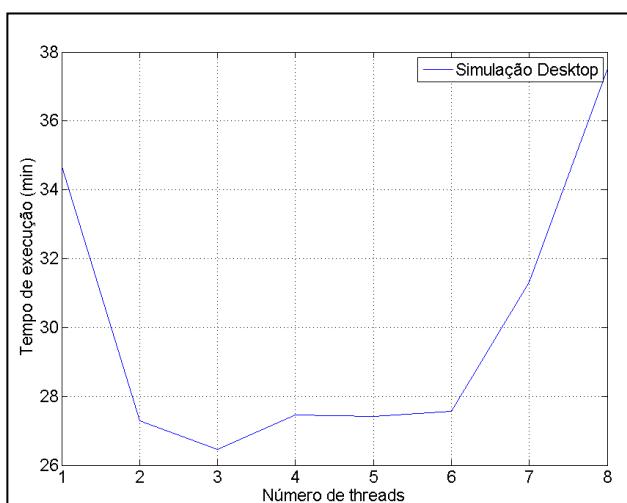
##### 4.1. Resultados de simulação

A Figura 3 apresenta o resultado do tempo de execução do teste no Cluster aumentando-se o número de threads de 1 até 8 e com um vetor com comprimento de  $10^7$  símbolos.



**Figura 3. Tempo de execução multithreading IBM AIX**

A Figura 4 apresenta o resultado do teste no computador desktop aumentando-se o número de threads de 1 até 8.



**Figura 4. Tempo de execução multithreading desktop**

Através da análise das figuras observa-se que nos dois ambientes, há ganho de desempenho somente até cerca de 3 threads, sendo que aumentando-se o número de threads observa-se um aumento no tempo de execução. Verifica-se também que o tempo de execução em 3 threads foi menor no Cluster.

## 5. Abordagem Fork/Join

A partir dos resultados dos testes obtidos com o programa de simulação utilizando o paralelismo multithreading, foi realizada então uma investigação do uso de processamento paralelo por meio da estrutura Fork/Join do Java. O mecanismo Fork/Join quebra as tarefas em pequenas partes e as executa recursivamente, sendo que após o término da execução o programa une os resultado de cada parte. O objetivo é usar o máximo de processamento dos núcleos disponíveis no processador da máquina para melhorar o desempenho da aplicação.

### 5.1 Resultados de simulação

As figuras 5 e 6 mostram os resultados de simulação para um vetor de  $10^7$  símbolos, no cluster e no desktop respectivamente. O tamanho do vetor é expresso pelo parâmetro “Total Units”. Já os parâmetros “Target Parallelism” e “Sequential threshold” correspondem respectivamente ao número de processadores encontrados pelo programa e em quantos pedaços o programa quebrou a tarefa.

```
Simulating ...: Test 001; Repetition: 1; SimulationParameters [simulationName=Test 001 dataSize=9, signalNoiseRatio=6.5, repetitions=1] Total Units:10000000; Target parallelism: 128; Sequential threshold: 9765 Error rate: 1.7836442307692416E-4 Time elapsed for this repetition: 5 h. 54 min. 35 sec. (21275115 ms.) ===== Overall time elapsed: 5 h. 54 min. 35 sec. (21275159 ms.)
```

Figura 5. Resultados de simulação Fork/Join IBM AIX

```
Simulating ...: Test 001; Repetition: 1; SimulationParameters [simulationName=Test 001, dataSize=9, signalNoiseRatio=6.5, repetitions=1] Total Units:10000000; Target parallelism: 2; Sequential threshold: 625000 Error rate: 1.791778846153844E-4 Time elapsed for this repetition: 0 h. 37 min. 13 sec. (2233467 ms.) ===== Overall time elapsed: 0 h. 37 min. 13 sec. (2233625 ms.)
```

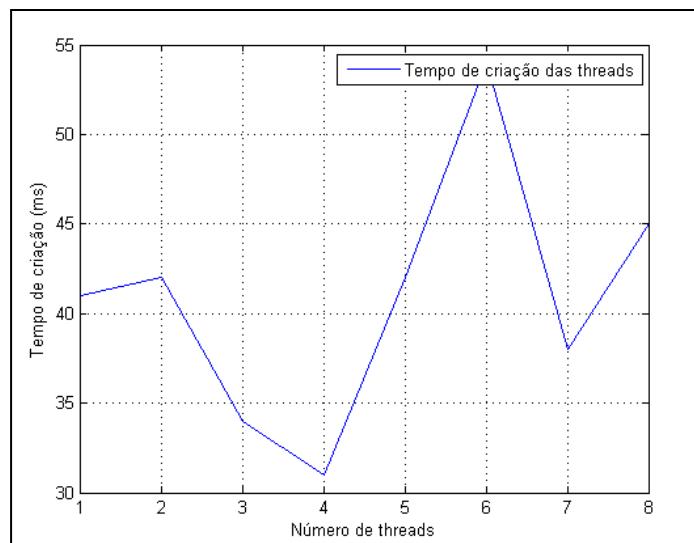
Figura 6. Resultados de simulação Fork/Join Desktop

Observa-se pelos resultados obtidos através da abordagem Fork/Join, que também nesse caso não foram obtidos ganhos no tempo de processamento, sendo que no caso do cluster o resultado é ainda pior que o caso da abordagem multithreading.

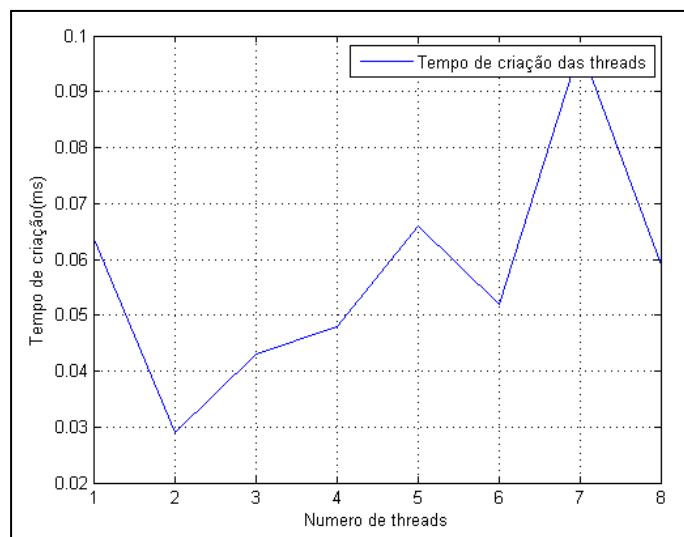
## 6. Tempo de criação das threads e tempo total de execução

Baseado nos resultados dos testes com a abordagem multithreading e abordagem Fork/Join levantou-se a hipótese de que o tempo de criação das threads poderia estar contribuindo de forma significativa no tempo global de execução, o que justificaria o

comportamento de aumento do tempo de execução com o aumento do paralelismo a partir de um certo valor. Verificou-se, no entanto, que o mesmo não é significativo em relação ao tempo global de execução observado nas simulações, tanto no Cluster quanto em ambiente Desktop. É possível constatar também que os valores de tempo de criação apresentam alto índice de flutuação, dessa forma, não seguindo uma tendência possível de ser comparada aos resultados anteriores. A figura 7 apresenta o gráfico do resultado de tempo de criação de threads para em ambiente cluster e a Figura 8 apresenta o tempo de criação para o ambiente Desktop.



**Figura 7. Tempo de criação das threads no Cluster**



**Figura 8. Tempo de criação das threads em Desktop**

## 7. Conclusão

Após os testes com o programa de simulação por meio das três abordagens de processamento, é possível comparar e analisar os resultados obtidos tanto em ambiente Desktop, quanto em ambiente Cluster. Observando os resultados dos testes feitos nesse trabalho, é possível constatar que o melhor caso de desempenho de tempo ocorreu na abordagem de processamento paralelo em Cluster, já que o tempo de execução foi de cerca de 20 minutos contrapondo o tempo de execução do Desktop que foi de cerca de 26 minutos. Contudo, para o caso Fork/Join o computador Desktop apresentou melhor desempenho de tempo, executando o programa em 37 minutos, contrapondo o tempo de execução do Cluster, que foi de 5h. A partir dos testes com abordagem paralela, é possível constatar também que o ganho de desempenho se dá até certo número de threads, sendo 3 threads tanto para o cluster quanto para desktop, de modo que a partir daí o tempo de execução do programa aumenta.

Durante a investigação levantou-se a hipótese de que o aumento do número de threads interferiria diretamente no tempo global de execução do programa. Os gráficos de tempo de criação das threads mostraram que o tempo exigido pelo programa para criar cada thread é quase nulo. Dessa forma a hipótese não se confirma.

Até onde se conseguiu investigar, não foi obtida uma explicação definitiva para a perda de desempenho observado a partir do aumento do grau de paralelismo. Uma possível justificativa para os resultados levantados talvez esteja relacionada aos mecanismos internos da máquina virtual Java (JVM) ou mesmo os mecanismos de distribuição de threads por parte do sistema operacional da máquina, no entanto, esse tema deverá ser objeto de investigação para trabalhos futuros.

## Referências

- Oracle e afiliados, “Java Platform Standard Edition 8”. Disponível: <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/>, Dezembro 2016.
- Lathi, B.P. Modern Digital and Analog Communication Systems, Oxford University Press, 1988.
- Lin, S. e Costello. D. Error Control Coding: Fundamentals and Applications, Prentice-Hall, 1983.
- Rino, J. e Costa. ABC da Simulação Computacional, Livraria da Física, 1<sup>a</sup> Edição, 2013.
- LaSCADo, “Hardware”. Disponível: <http://cluster.ft.unicamp.br/wiki/doku.php?id=hardware> , Dezembro de 2016.
- IBM. “IBM Power 755 server”. Disponível: <https://www-03.ibm.com/systems/power/hardware/755/> , Dezembro, 2016.
- Buyya, R. (1999). High-Performance Cluster Computing: Architectures and Systems. Prentice Hall, USA.
- Alsmadi, I. Khamaiseh, S. and Xu, D "Network Parallelization in HPC Clusters," *2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Las Vegas, NV, 2016, pp. 584-589.

# Produzindo mapa de profundidade esparso com câmera monocular

**Naiane Maria de Sousa<sup>1</sup>, Gabriel da Silva Vieira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Visão Computacional – Núcleo de informática  
Instituto Federal Goiano - Campus Urutáí  
Urutáí – GO – Brasil

naimsousal@gmail.com, gabriel.vieira@ifgoiano.edu.br

**Abstract.** *Depth maps aid in the three-dimensional reconstruction of a scene. In order to achieve an accurate identification of all observed points are needed several requirements, among them the camera calibration. In this process, intrinsic camera data are estimated in order to define transformation values of 3D space in a 2D image. This estimation is important because, along with other processes, such as stereo correspondence and triangulation, it contributes to the definition of collinearity between points in a scene. This paper shows a method to build a sparse depth map using a monocular camera.*

**Resumo.** *Mapas de profundidade auxiliam na reconstrução tridimensional de uma cena. Para se chegar a uma identificação precisa de todos os pontos observados, são necessários vários quesitos, dentre eles, processos bem estruturados como calibração de câmera. Nesse processo, dados intrínsecos da câmera são estimados a fim de definir valores de transformação do espaço 3D em uma imagem 2D. Essa estimativa é importante, pois juntamente com outros processos, como correspondência estéreo e triangulação, contribui para a definição de colinearidade entre pontos de uma cena. Esse artigo apresenta um método para construção de mapa de profundidade esparso com uso de câmera monocular.*

## 1. Introdução

Imagens estéreo são aquelas que permitem a sensação de profundidade. Essa impressão se dá a partir da análise de, pelo menos, duas imagens de uma cena obtidas de ângulos e locais diferentes simulando a visão humana [Laureano and Paiva 2013]. As técnicas de visão estéreo podem ser utilizadas, por exemplo, em aplicações de navegação robótica (possibilitando noções de profundidade à máquina) ou para mobilidade (auxiliando defensores visuais na detecção de obstáculos) [Vieira et al. 2016].

Mapas de profundidade podem ser utilizados para melhorar a percepção de profundidade em uma cena capturada. Entretanto, um mapa de profundidade preciso é difícil de ser obtido [Jung 2013]. Na busca de maior precisão, há o estudo de calibração de câmeras e retificação de imagens, processos importantes para se estimar a colinearidade entre pontos.

Nesse artigo é apresentado um método de construção de mapas de profundidade esparso<sup>1</sup> com a utilização de uma câmera comum, monocular, em movimento. O artigo

---

<sup>1</sup>Mapa esparso é aquele construído levando em conta apenas a disparidade entre alguns pontos da imagem e não toda a informação, em contraposição ao mapa denso [Batista and Regis 2013].

está organizado da seguinte forma: na Seção 2 os processos que fundamentam esse estudo são discutidos individualmente; na Seção 3 os processos de reconstrução são reunidos, aplicados e os resultados são apresentados e discutidos; por fim, na Seção 4 as conclusões desse estudo são apontadas.

## 2. Material e Métodos

Os processos investigados nesse estudo iniciam com a calibração de câmera e finalizam com a representação tridimensional de pontos contidos nas imagens utilizadas. A seleção desses processos foi feita de acordo com os trabalhos de Hartley e Zisserman, [Hartley and Zisserman 2003], Yi Ma *et al.*, [Ma et al. 2012], Radke, [Radke 2013] e Furukawa, [Furukawa and Hernández 2015], e são discutidos a seguir.

### 2.1. Calibração de câmera

O processo de calibração consiste em estimar os parâmetros internos e externos de câmera, ou parâmetros intrínsecos e extrínsecos, além de coeficientes de distorção. Essas informações são utilizadas como meio para medir o tamanho de objetos, determinar a localização da câmera na cena, ou mesmo, corrigir distorções de lentes.

Se a câmera não está centrada no centro ótico, pode-se obter uma informação de translação adicional,  $o_x$  e  $o_y$ , se o *pixel* não está em escala unitária tem-se uma escala adicional nas direções dos eixos  $x$  e  $y$  por  $s_x$  e  $s_y$  e se os *pixels* não forem retangulares haverá um fator de inclinação (*skew*),  $s_\theta$ .

$$\lambda \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} s_x & s_\theta & o_x \\ 0 & s_y & o_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{\equiv K_s} \underbrace{\begin{pmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{\equiv K_f} \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}}_{\equiv \Pi_o} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Depois da projeção de perspectiva  $\Pi_o$  (com comprimento focal 1), tem-se uma transformação adicional que depende dos parâmetros de câmera, que podem ser expressos pela matriz de parâmetros intrínsecos  $K = K_s K_f$ . Dessa forma, todos os parâmetros intrínsecos da câmera são agrupados na matriz:

$$K \equiv K_s K_f = \begin{pmatrix} fs_x & fs_\theta & o_x \\ 0 & fs_y & o_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Como a transformação em coordenadas de imagem é uma função em relação a coordenadas de mundo  $X_o$ , tem-se:

$$\lambda x' = K \Pi_o X = K \Pi_o g X_o \equiv \Pi X_o, \quad (3)$$

onde  $g$  é a representação dos parâmetros extrínsecos (rotação e translação) em coordenadas homogêneas.

## 2.2. Caracterização de pontos

Nesse processo, modelos matemáticos são aplicados a fim de garantir *repetibilidade*, isto é, dada uma imagem diferente da mesma cena deve ser possível encontrar novamente o local correto da característica identificada inicialmente.

Um clássico detector de características foi publicado por Harris e Stephens, em 1988. O método proposto pelos autores é baseado no tensor de estrutura (*structure tensor*) que pode incluir um filtro gaussiano  $G$  de largura  $\sigma$ .

$$M(x) \equiv G_\sigma * \nabla I \nabla I^T = \int G_\sigma(x - x') \begin{pmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{pmatrix}(x') dx' \quad (4)$$

## 2.3. Correspondência estéreo

Medidas para correlacionar pontos são conhecidas na literatura como foto-consistência e são responsáveis por estimar a probabilidade de dois *pixels* (ou grupo de *pixels*) possuírem correspondência entre si. Um exemplo de medida de foto consistência é o NCC (*Normalized Cross Correlation*), usado, principalmente, quando há variação de iluminação e de materiais [Furukawa and Hernández 2015].

A correlação cruzada normalizada é definida como:

$$NCC(h) = \frac{\int_{w(x)} (I_1(x') - \bar{I}_1)(I_2(h(x')) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\int_{w(x)} (I_1(x') - \bar{I}_1)^2 dx' \int_{w(x)} (I_2(x') - \bar{I}_2)^2 dx'}}, \quad (5)$$

onde  $\bar{I}_1$  e  $\bar{I}_2$  é a média de intensidade em uma janela de vizinhança  $W_{(x)}$ . Subtraindo essa intensidade média, a medida torna-se invariante a mudanças de intensidade aditivas  $I \rightarrow I + \gamma$ . Dividindo pela variação de intensidade de cada janela torna a medida invariante a mudanças multiplicativas  $I \rightarrow \gamma I$ .

## 2.4. Encapsulamento da geometria epipolar

A geometria epipolar relaciona pares de imagem. Matematicamente, as matrizes fundamental e essencial encapsulam a geometria epipolar e podem ser estimadas usando pontos correspondentes entre imagens.

A restrição epipolar providencia um relacionamento entre coordenadas de ponto 2D de um ponto 3D em cada uma das duas imagens, considerando também os parâmetros de transformação de câmera. A matriz

$$E = \hat{T}R \in \mathbb{R}^{3 \times 3} \quad (6)$$

é chamada de *matriz essencial*. Essa matriz codifica apenas os parâmetros extrínsecos da câmera e toma como base o conhecimento prévio dos parâmetros intrínsecos. Dessa forma, se os parâmetros intrínsecos da câmera são conhecidos pode-se trabalhar com coordenadas normalizadas  $x_1 = K^{-1}x_1$ .

A equação 7 mostra a relação entre matriz essencial e matriz fundamental, para  $K_1 = K_2 = K$ :

$$F = K^{-T} E K^{-1} \quad (7)$$

Com o uso dessas matrizes pode-se encontrar as linhas epipolares com as seguintes equações:

$$l_2 = Fx_1, l_1 = F^T x_2 \quad (8)$$

onde  $l_2$  corresponde a linha epipolar na segunda imagem referente a um ponto na primeira imagem. Já  $l_1$  representa a linha epipolar de um ponto da segunda imagem.

## 2.5. Triangulação

A triangulação é um processo que lida com o problema de encontrar a posição de um ponto no espaço dado a sua posição em duas ou mais imagens. Esse processo requer a intersecção de duas retas no espaço, que pode ser obtida usando as informações apresentadas pelos processos anteriores, como correspondência estéreo e parâmetros de câmera.

Como em cada imagem tem-se a transformação  $x = \Pi X$ ,  $x' = \Pi' X$ , conforme equação 3, essas equações podem ser combinadas na forma  $AX = 0$ , que é uma equação linear em  $X$ .

Primeiramente, o fator de escala homogênea é eliminado pelo produto cruzado que gera três equações para cada ponto da imagem, dessas equações, duas são linearmente independentes. Por exemplo, para a primeira imagem,  $x \times (\Pi X) = 0$  obtem-se:

$$\begin{aligned} x(p^{3T}X) - (p^{1T}X) &= 0 \\ y(p^{3T}X) - (p^{2T}X) &= 0 \\ x(p^{2T}X) - y(p^{1T}X) &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

onde  $p^{iT}$  são as linhas de  $\Pi$ . Uma equação na forma  $AX = 0$  pode ser organizada como:

$$A = \begin{bmatrix} xp^{3T} - p^{1T} \\ yp^{3T} - p^{2T} \\ x'p'^{3T} - p'^{1T} \\ y'p'^{3T} - p'^{2T} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Para resolver essa equação pode-se utilizar a transformação linear direta (DLT).

## 2.6. Reprojeção

A reprojeção consiste em projetar o ponto 3D estimado para coordenadas bidimensionais. A informação propiciada por esse processo ajuda a melhorar o processo de reconstrução tridimensional. Isto porque, ao reprojetar é fácil perceber se os métodos desenvolvidos direcionam a uma estimativa satisfatória. Essa reprojeção pode ser inclusive observada visualmente contribuindo com a qualidade esperada da reconstrução.

A matriz projetiva  $\Pi$  transforma um ponto 3D em coordenadas de imagem, conforme equação 3. A reprojeção é equacionada conforme 11:

$$\begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ \hat{z} \end{pmatrix} = \Pi X, x = \begin{pmatrix} \hat{\tilde{x}} \\ \hat{\tilde{y}} \\ \hat{\tilde{z}} \end{pmatrix} \quad (11)$$

onde o sinal  $\hat{\cdot}$  representa o vetor em coordenadas homogêneas.

### 3. Experimento e Resultados

Para se encontrar a distorção causada pela própria lente e os dados intrínsecos da câmera é necessário calibrá-la. Para a calibração da câmera foi usado um aplicativo de calibração, presente no software MATLAB, que faz a comparação entre pares de imagens obtidas de vários ângulos e a uma distância predominante de um *checker patern* (tabuleiro semelhante ao de xadrez) [Zhang 2000]. Esse tabuleiro caracteriza-se por cubos de 25 mm, projetados nesse estudo a uma distância de 30 cm entre a câmera e o tabuleiro. A calibração resultou na seguinte matriz de dados intrínsecos (DI):

$$DI = \begin{bmatrix} 3882.36274605904 & 0 & 2398.61232837601 \\ 0 & 3896.39198050779 & 1736.67578288591 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Para a aquisição das imagens foi produzido um *gantry*<sup>2</sup> (Figura 1) que possibilita melhor precisão do movimento da câmera.



**Figura 1. Gantry planar construído durante o projeto.**

Após a calibração, iniciou-se o processo de construção esparsa do mapa de profundidade, criando a cena a ser investigada (Figura 2).

A aquisição das duas imagens foi feita considerando uma translação horizontal da câmera, (modelo GEX550), de aproximadamente 2 cm de uma imagem para a outra.

Os parâmetros físicos da câmera (matriz de dados intrínsecos) possibilitaram o conhecimento das características ópticas e geométricas do aparelho [Heikkila and Silven 1997]. Por meio desses parâmetros foram retiradas as distorções

<sup>2</sup>Equipamento análogo a uma ponte, com suporte para câmera possibilitando a aquisição de uma imagem estável e mais fiel quanto a metragem da translação, visto que a câmera se move horizontalmente rente a uma régua para medição em milímetros e centímetros.



**Figura 2.** Cena criada com câmera monocular calibrada.

radial e tangencial causadas pela lente da câmera, conforme Figura 3 (a). A detecção de pontos na cena, (Figura 3 (b)), foi feita utilizando uma função baseada no algoritmo Harris-Stephens [Shi et al. 1994].



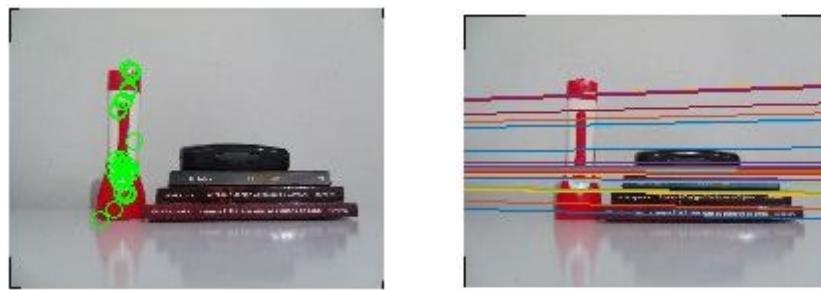
**Figura 3.** Transformações e pontos encontrados na primeira imagem da cena.

A Figura 4 ilustra a correspondência entre pontos identificados nas duas imagens da cena. Isto é, pontos que possuíam similaridade foram correlacionados seguindo o método de foto consistência NCC.



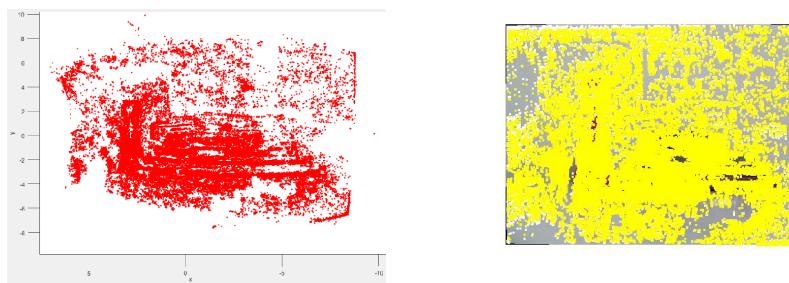
**Figura 4.** Correspondência estéreo entre as duas imagens da cena sobrepostas.

O resultado da colinearidade, produção e relacionamento de pontos e suas respectivas linhas epipólares nas imagens da cena (Figura 5), foi obtido utilizando, novamente, os parâmetros intrínsecos da câmera. Logo, foi possível estimar a matriz essencial, que por sua vez possibilitou a normalização das imagens. Essa normalização permitiu a triangulação dos pontos, ou seja, sua computação tridimensional, formando uma nuvem de pontos com característica de profundidade sobre a cena, Figura 6 (a).



(a) Pontos na primeira imagem da cena.  
 (b) Linhas epipolares na segunda imagem da cena

**Figura 5. Pontos e linhas epipolares desenhadas a partir da correspondência das duas imagens que compõe a cena.**

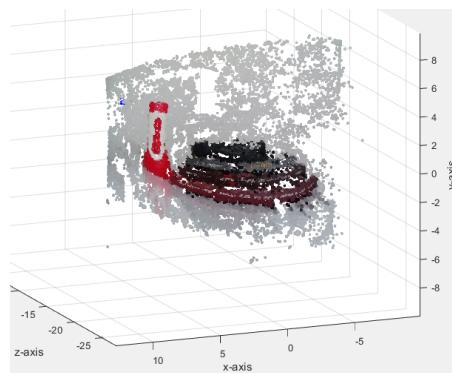


(a) Nuvem de pontos tridimensional.  
 (b) Reprojeção de pontos.

**Figura 6. Nuvem de pontos criada durante a elaboração do mapa esparsode profundidade.**

A reprojeção dos pontos, como ilustrado na Figura 6 (b), mostra que a estimativa 3D tem proximidade com os pontos 2D das imagens, embora outras abordagens devam ser empregadas para maior precisão. Nessa figura, os pontos em branco representam os pontos originais e os pontos em amarelo os pontos reprojetados.

A reconstrução dos pontos coloridos de acordo com os valores de cor da cena, aplicados sobre a nuvem de pontos, auxiliou na visualização do mapa esparsode profundidade construído, conforme apresentado na Figura 7.



**Figura 7. Mapa esparsode profundidade.**

## 4. Conclusão

Os resultados alcançados no desenvolvimento do estudo são satisfatórios, visto que a estimativa de pontos 3D foi alcançada. Todavia, é um ponto de partida para que em outras pesquisas o método explore outras técnicas, objetivando uma maior precisão. Observa-se assim que dentro de cada processo outras abordagens podem ser empregadas a fim de obter resultados similares ou aperfeiçoados. Por exemplo, outros métodos de caracterização de pontos poderiam ser utilizados, outros métodos de triangulação poderiam ser aplicados, da mesma forma que outros modelos de calibração de câmera, correspondência estéreo e visualização.

## Referências

- Batista, N. A. R. and Regis, C. D. M. (2013). Obtenção da disparidade e dos mapas de profundidade em vídeos 3d. Number 23, pages 1160–1163. Revista Principia.
- Furukawa, Y. and Hernández, C. (2015). Multi-view stereo: A tutorial. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, 9(1-2):1–148.
- Hartley, R. and Zisserman, A. (2003). *Multiple view geometry in computer vision*. Cambridge university press.
- Heikkila, J. and Silven, O. (1997). A four-step camera calibration procedure with implicit image correction. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. Proceedings., 1997 IEEE Computer Society Conference on*, pages 1106–1112.
- Jung, S. W. (2013). Enhancement of image and depth map using adaptive joint trilateral filter. In *Circuits and Systems for Video Technology*, pages 258–269. IEEE Transactions, 23(2) edition.
- Laureano, G. T. and Paiva, M. V. (2013). Criação de mapas de disparidades empregando análise multi-resolução e agrupamento perceptual. In *IV Workshop de Visão Computacional*. IV Workshop de Visão Computacional.
- Ma, Y., Soatto, S., Kosecka, J., and Sastry, S. S. (2012). *An invitation to 3-d vision: from images to geometric models*, volume 26. Springer Science & Business Media.
- Radke, R. J. (2013). *Computer vision for visual effects*. Cambridge University Press.
- Shi, J. et al. (1994). Good features to track. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 1994. Proceedings CVPR'94., 1994 IEEE Computer Society Conference on*, pages 593–600. IEEE.
- Vieira, G., Soares, F., Parreira, R., Laureano, G., and Costa, R. (2016). Depth map production: approaches, challenges and applications. In *Proceedings of XII Workshop de Visão Computacional*, pages 323–328.
- Zhang, Z. (2000). A flexible new technique for camera calibration. In *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, volume 22, pages 1330–1334.

## **Algoritmo Computacional para Monitoramento Interno da Temperatura em Materiais via um Sistema de Termometria por Ultrassom**

**Patrícia C. Andrade<sup>1</sup>, Sílvio L. Vieira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escola de Eng. Elétrica e de Computação – Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiânia – Goiás – Brasil

<sup>2</sup> Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiânia – Goiás – Brasil

patcapatricia@gmail.com, slvieira@ufg.br

**Abstract.** *The purpose of this study is to develop and to apply a computational algorithm to estimate internal temperature distribution of heated materials by Ultrasound Thermometry System (TUS). A thermocouple temperature measurement system was used to verify and validate of TUS. The comparison of the temperature measurements derived from the ultrasonic thermometry with thermocouple temperature system showed an agreement of 96%. The temperature differences between both techniques were lower than 0.70°C.*

**Resumo.** *O objetivo deste trabalho é desenvolver e aplicar um algoritmo computacional para monitoramento interno do gradiente de temperatura em metais via um sistema de Termometria por Ultrassom (TUS), usando-se de equipamentos de baixo custo. Um sistema de termopares foi usado como validação do sistema de TUS. O índice de correção cruzada do método de TUS para o sistema de termopares foi de 96%. Medidas referentes à diferença de temperatura entre essas duas técnicas foram inferiores a 0,70°C.*

### **1. Introdução**

Medir a temperatura de corpos é de fundamental interesse nas engenharias quanto nas ciências básicas, pois as características internas de um material estão intimamente ligadas à temperatura deste. Na indústria, por exemplo, o gradiente de temperatura durante o processo de fabricação de materiais influencia diretamente na produtividade e na qualidade final do produto [Ihara; Takahashi, 2009].

Os principais meios utilizados para monitoramento da temperatura são por meio de termopares, sensores térmicos guiados por fibras ópticas, radiação por infravermelho, ressonância magnética, fotoacústica e ultrassom. A motivação deste estudo se constitui nas vantagens da termometria por ultrassom, pois esta se destaca das demais. O ultrassom possui elevada sensibilidade, podendo monitorar a temperatura de materiais espessos, é também uma técnica não invasiva, não destrutiva e não ionizante, tem a possibilidade de se tornar uma técnica portátil, com custo menor se comparado com as técnicas não invasivas aqui citadas [Ihara *et al.*, 2013], [Takahashi; Ihara, 2008]. Vários métodos específicos de termometria por ultrassom têm sido propostos [Lewis; Staruch; Chopra, 2015]. Neste trabalho foi usado o método de detecção do tempo de trânsito (*time-of-flight*) [Jia *et al.*, 2016].

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma rotina computacional de processamento de sinais ultrassônicos para quantificar a temperatura interna de materiais e uma sub-rotina para realizar a comunicação em tempo real com um osciloscópio e com um sistema de termometria por termopares. Neste estudo é obtido uma correlação linear de 96% entre a técnica de Termometria por Ultrassom de pulso/eco (TUS) com a técnica de Termometria por Termopares (TTP).

Este estudo foi estruturado nas próximas seções da seguinte forma: Na Seção 2 foi descrito os materiais e métodos empregados no monitoramento térmico por ultrassom pulso/eco. Na Seção 3 foram apresentados os resultados da termometria por ultrassom, bem como a análise e discussão dos mesmos. Na Seção 4, foi apresentada a conclusão do estudo e as perspectivas futuras. Na Seção 5, estão os agradecimentos dos autores. E na Seção 6 estão as referências teóricas utilizadas.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Modelo de difusividade térmica

Para investigar a distribuição de temperatura no bloco de alumínio, considerou-se o problema de condução de calor unidimensional com difusividade térmica constante. Além disso, assumiu-se que não há qualquer fonte de calor no bloco. Dessa forma, a equação de condução de calor é dada por

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2} \quad (1)$$

em que  $T$  é a temperatura,  $x$  a posição,  $t$  o tempo e  $\alpha$  é a difusividade térmica.

A distribuição de temperatura pode ser estimada através da resolução da (1) por meio de condições de contorno bem definidas. No entanto, em processos de aquecimento reais a condição de contorno nem sempre é mantida estável. Normalmente, tal condição de contorno não é simples de ser prevista e até mesmo de ser medida. Portanto, determinar a distribuição de temperatura a partir da (1) torna-se uma tarefa difícil. Para solucionar este problema é proposto aqui um método capaz de avaliar a distribuição de temperatura interna de materiais. Ele consiste em se realizar medições empregando ultrassom pulso/eco e uma análise inversa acoplada com um cálculo unidimensional de diferenças finitas.

### 2.2. Modelagem do sistema

Uma das maneiras de resolver uma equação diferencial parcial é por meio de um método numérico. Neste estudo foi utilizado do Método das Diferenças Finitas (MDF), por ser método de cálculo de problemas de valor de fronteira, conhecido por sua simplicidade e facilidade de implementação computacional. Dessa forma a (1) pode ser escrita na forma:

$$T_i^{n+1} = T_i^n + k(T_{i+1}^n + T_{i-1}^n - 2T_i^n) \quad (i = 2, \dots, N-1), \quad (2)$$

o coeficiente  $k = \alpha\Delta t/\Delta x^2$ , é o critério de estabilidade de Von Neumann. Em que  $i$  e  $n$  são índices correspondentes às coordenadas espaciais e temporais, respectivamente.  $N$  o número total de pontos espaciais da rede.  $T_i^n$  a temperatura de cada ponto  $i$  na rede no

instante  $n$ .  $\tau$  o intervalo de tempo,  $\Delta x$  intervalo espacial na rede. O índice  $i = 1$  aplica-se a superfície aquecida e  $i = N$  a superfície oposta.

A forma de se resolver a (2) é por recorrência, a condição inicial é dada por  $T_i^1$  para todo  $i$ , primeiro calcula-se  $T_i^{n+1}$ , para  $i = 2, \dots, N-1$ , e assim sucessivamente. As condições de contorno são dadas pelos valores de  $T_N^n$  (termopar) nos extremos do intervalo e pelo tempo de trânsito da onda ultrassônica no material amostrado. A temperatura  $T_i^{n+1}$  (zona aquecida) é desconhecida, a menos que sejam dadas as condições de contorno do problema.

O princípio de medição de temperatura por ultrassom baseia-se na dependência da temperatura com a velocidade de propagação das ondas de ultrassom através do meio, logo uma solução viável é estimar a temperatura  $T_i^{n+1}$  é empregando a técnica de ultrassom pulso/eco. Para isso, acopla-se o tempo de trânsito da onda ultrassônica no material ao cálculo das diferenças finitas. Escrevendo o tempo de trânsito ( $t_L$ ), na forma numérica obtém-se:

$$t_L = \Delta x \left( \frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_N} \right) + 2\Delta x \sum_{i=2}^{N-1} \frac{1}{v_i} \quad (3)$$

Se a dependência da velocidade do ultrassom no meio for linear com a temperatura, na forma  $v(T) = aT + b$  [m/s], para o alumínio [Fujii; Kawashima 1995]. Fazendo-se as devidas correções nos valores e nas unidades das constantes  $a$  e  $b$ , têm-se:

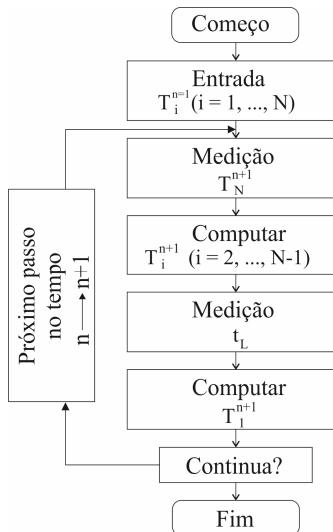
$$\frac{1}{v(T)} = \xi T + \beta \quad [\text{s/m}], \quad (4)$$

em que  $\xi$  e  $\beta$  são constantes obtidas experimentalmente, cujas unidades correspondentes são dadas em  $s/m^\circ C$  e  $s/m$ , respectivamente. Das (2), (3) e (4), a temperatura da superfície aquecida, no intervalo de tempo  $n+1$ ,  $T_i^{n+1}$ , obtém-se

$$T_i^{n+1} = \frac{t_L^{n+1} - t_L^n}{\xi \Delta x} + T_1^n + T_N^n - T_N^{n+1} + 2 \sum_{i=2}^{N-1} (T_i^n - T_i^{n+1}), \quad (5)$$

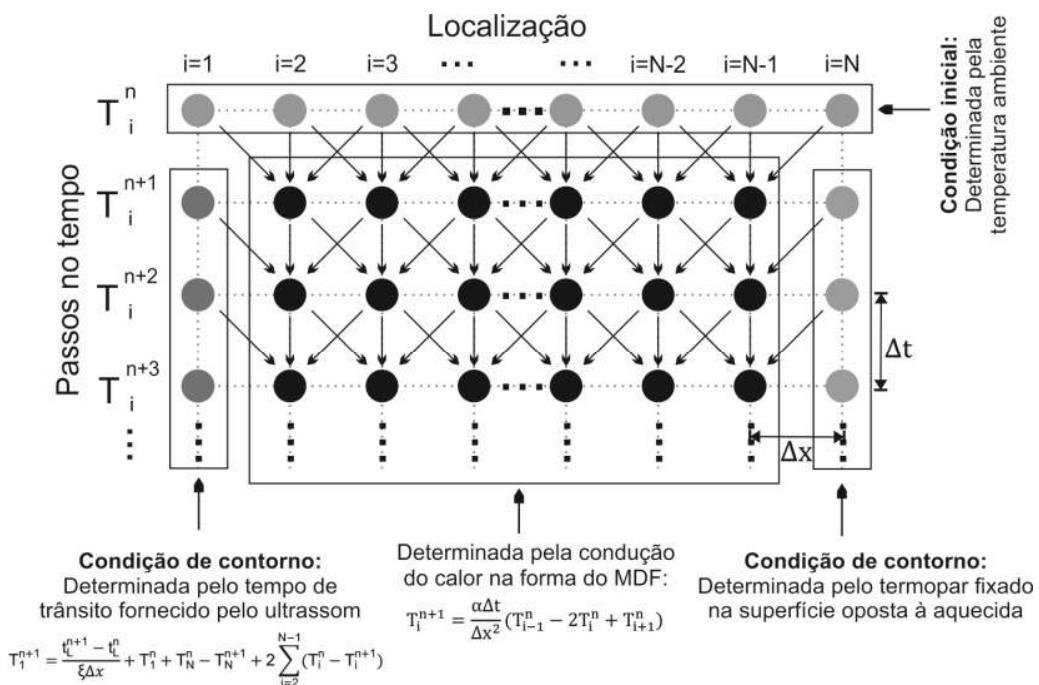
em que  $t_L^n$  e  $t_L^{n+1}$  são os tempos de trânsito médios nos passos temporais  $n$  e  $n+1$ , respectivamente.

Inicialmente o algoritmo do programa realizava a leitura da temperatura inicial do material, via termopar,  $T_i^1$ , em busca da condição inicial. Para a resolução do MDF proposto, a cada passo temporal foi necessário entrar com a primeira condição de contorno do problema,  $T_N^{n+1}$ , assim foi possível calcular o termos  $T_i^{n+1}$  ( $i = 2, \dots, N-1$ ). Em seguida, a segunda condição de contorno foi processada por meio do tempo de eco do sinal ultrassônico, adquirido pelo osciloscópio, e então computado conforme a (5). Assim, ao executar o número de passos temporais inicialmente ordenados, o programa finaliza a última aquisição de dados. Na sequência, interrompe o processo de estimativa da temperatura. Por fim, o computador armazena os dados processados. A Figura 1 mostra o fluxograma da análise inversa para determinar a distribuição da temperatura.



**Figura 1. Fluxograma da análise inversa para determinar a distribuição da temperatura.**

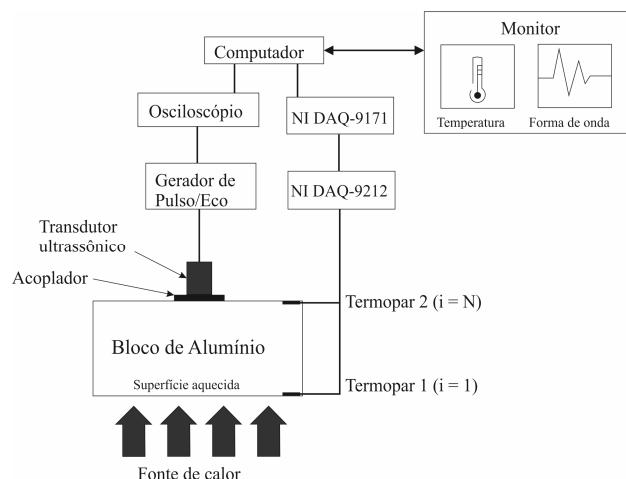
A esquematização do MDF unidimensional por meio do escalonamento de grade, usado para determinação da temperatura do material conforme análise inversa é ilustrada na Figura 2.



**Figura 2. Modelo de esquemático de grades escalonadas para o método de diferenças finitas.**

O arranjo experimental foi composto por um transdutor ultrassônico de contato (V110-RM, Panametrics, MA, USA) de 5,0 MHz, emissor/receptor de ondas longitudinais e diâmetro de 12,7 mm. O transdutor foi acoplado à superfície de um bloco de alumínio de  $(4,50 \pm 0,05)$  cm de comprimento,  $(2,5 \pm 0,05)$  cm de largura e

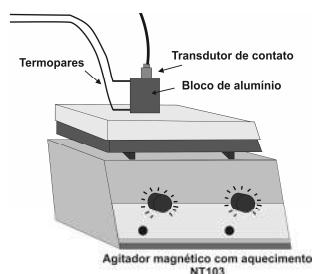
$(3,1 \pm 0,05)$  cm de espessura, mediante gel acoplador a base de água. O transdutor foi conectado a um gerador ultrassônico (5072PR, Olympus, PA, USA). Os sinais provenientes desse instrumento foram visualizados e adquiridos por um osciloscópio (TDS2024C, Tektronix, OR, USA). Conforme esquematizado no diagrama de blocos da Figura 3.



**Figura 3. Diagrama esquemático da montagem experimental utilizada.**

Medições foram realizadas durante o regime de aquecimento do material com o osciloscópio na base de tempo de 5 ns. O processamento do sinal ultrassônico foi realizado empregando uma rotina desenvolvida em ambiente que tinha a finalidade de comunicar com o osciloscópio e em seguida processar os sinais. Durante todo o processo de medição os dados adquiridos puderam ser visualizados em tempo real para análise. Um sistema de medição de temperatura por termopares (National Instruments, TX, EUA) foi utilizado para verificar e validar a distribuição de temperatura obtida pelo método de termometria por ultrassom. O sistema de medida por termopares encontra-se ilustrado na forma de diagrama de blocos na Figura 3. Em que, o “Termopar 1” foi fixado na extremidade da superfície aquecida e foi usado como método validador da técnica de TUS, enquanto o “Termopar 2” foi posicionado na superfície oposta. Este último forneceu uma das condições de contorno do estudo.

O método de aquecimento em que o alumínio teve uma de suas faces aquecida diretamente por meio de uma pirocerâmica emissora de raios infravermelhos de 500 W, por um agitador magnético com aquecimento (NT 103, Novatecnica, SP, Brasil). Opostamente à face aquecida foi posicionado o transdutor de ultrassom como ilustrado no esquema da Figura 4.

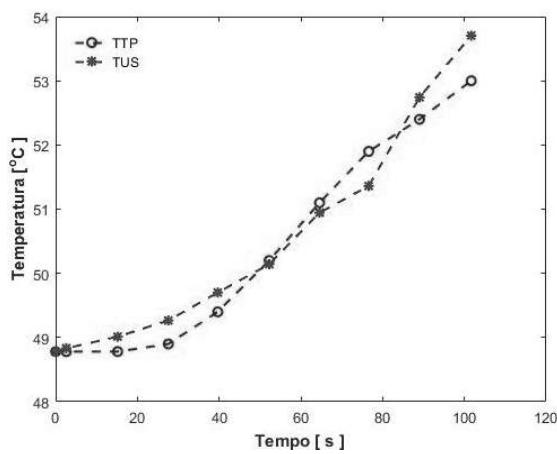


**Figura 4. Modelo experimental para aquecimento do alumínio.**

### 3. Resultados

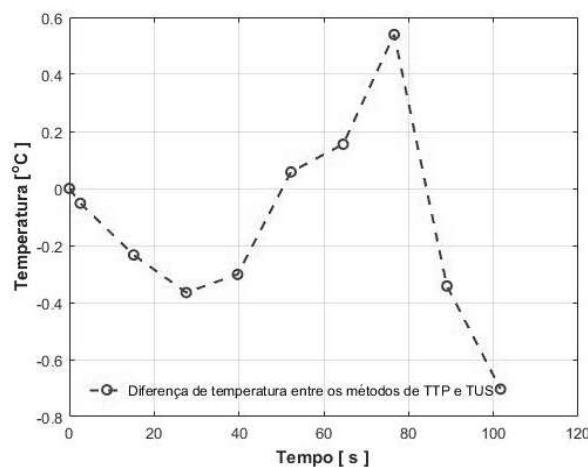
Neste estudo, um dos principais resultados alcançados foi o desenvolvimento do algoritmo responsável em realizar a comunicação e a coleta de dados em tempo real. No desenvolvimento da metodologia foi empregado um osciloscópio convencional, ajustado para trabalhar como sistema de aquisição de dados. Esse instrumento foi capaz de capturar sinais, provenientes do sistema de ultrassom pulso/eco, com alta resolução temporal.

O método de termometria por ultrassom mostrou que a temperatura na superfície aquecida do bloco de alumínio variou de 48,78°C até 53,70°C, conforme ilustrado na Figura 5. Enquanto o sistema de termometria por termopares (TTP) quantificou uma variação de 48,78°C até 53,00°C, para a mesma superfície aquecida.



**Figura 5. Temperatura do bloco na superfície aquecida, obtida pelo método de termometria por ultrassom e pelo sistema de termopares.**

A diferença de temperatura entre as duas técnicas é ilustrada na Figura 6. Observa-se que todas as medidas referentes à diferença de temperatura entre essas duas técnicas foram inferiores a 0,70°C.

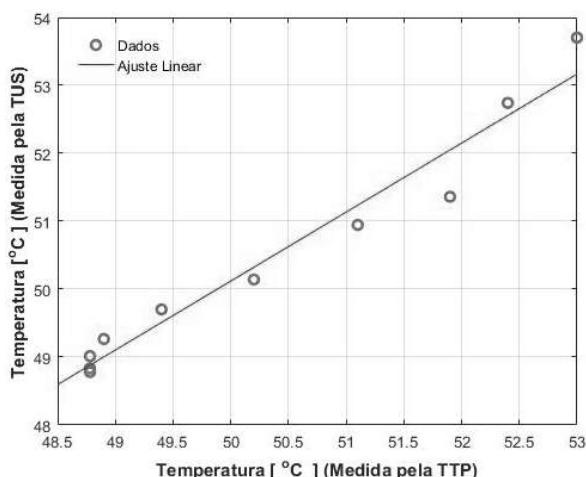


**Figura 6. Diferença de temperatura medida pelo sistema de termopares e o de termometria por ultrassom.**

O valor médio da diferença de temperatura obtida pelas duas técnicas foi de  $-0,12^{\circ}\text{C}$ . Esse valor indica que a temperatura estimada pela TUS foi superior, na maioria dos casos, a aquelas obtidas empregando a TTP. Essas flutuações de temperatura registradas entre as técnicas se justificam pelo fato do tempo de resposta do sistema de termometria por ultrassom ser menor do que a resposta fornecida pelo sistema de termopares, conforme descrito na literatura [Ihara e Takahashi, 2009], [Ihara e colab., 2013], [Takahashi e Ihara, 2008], [Ueno e colab., 1990].

O valor medido entre as temperaturas  $T_1^2 - T_1^1$  refere-se à variação de temperatura inicial medida pelo método de TTP e TUS, após o primeiro passo temporal. A temperatura,  $T_1^1$ , é a condição inicial obtida pelo termopar. A variação média de temperatura entre cada medida na superfície aquecida do bloco de alumínio foi de  $0,42^{\circ}\text{C}$ . Enquanto, o menor valor obtido foi de  $0,18^{\circ}\text{C}$ .

O sistema de termometria por termopares foi empregado como técnica padrão, e tomando-o como referência, foi realizada a correlação dos dados obtidos com essa técnica e a de termometria por ultrassom. Para isso, empregou-se o método dos mínimos quadrados como ferramenta de análise, por meio de regressão linear para a obtenção do coeficiente de determinação da curva. A partir do ajuste linear mostrado na Figura 7, foi encontrado o coeficiente de determinação foi de 0,9603. Esse resultado indica correlação de aproximadamente 96%, entre as técnicas termométricas.



**Figura 7. Curva de correlação entre as medidas realizadas na superfície aquecida do bloco e estimadas pelo método de termometria por ultrassom e pelo sistema de termopares.**

O coeficiente de determinação obtido mostra que o método de termometria por ultrassom empregando o osciloscópio como sistema de aquisição de dados, mostrou ser uma metodologia válida. Entre as duas técnicas, foram registradas diferenças de temperatura inferiores a  $1^{\circ}\text{C}$ , demonstrando que o osciloscópio tem potencial para ser empregado em medida de temperatura por ultrassom.

O método aqui discutido possibilitou a quantificação da temperatura de forma não invasiva e sem contato direto com a fonte de calor. Para isso foi necessário somente entrar com as condições de contorno obtidas pelo tempo de trânsito da onda acústica e da temperatura na região de contado do transdutor, “zona fria”, dada pelo termopar. Para se iniciar a rotina do programa foi também necessário entrar com uma condição

inicial do bloco, que é a temperatura inicial de todo o sistema quando em equilíbrio térmico.

#### **4. Conclusão**

A metodologia apresentada mostrou-se relevante, propiciando correlações próximas a 96% entre os perfis de temperatura dos sistemas de TUS e TTP. Uma desvantagem da técnica é a necessitar de um segundo sistema de medida de temperatura para fornecer uma das condições de contorno.

Em estudos futuros pretende-se utilizar a técnica de TUS utilizando-se de um osciloscópio com maior taxa de aquisição para regimes de aquecimento e resfriamento de metais.

#### **5. Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás – UFG pela infraestrutura. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), edital 05/2012, num. 10267001199 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), edital MCTI/CNPq 14/2014, num. 46229820140 pelo apoio financeiro e pela bolsa de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da EMC/UFG.

#### **6. Referências**

- Afaneh, A. e colab. (2011) "Ultrasonic Measurements of Temperature in Aqueous Solutions: Why and How". In: Physics Research International, p. e156396.
- Fujii, I. e Kawashima, K. (1995) "Digital Measurement of ultrasonic velocity". Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, v. 14, p. 203–209.
- Gilbert, J. C. e colab. (1985) "Real Time Ultrasonic Monitoring of Hepatic Cryosurgery". v. 22, n. 4, p. 319–330.
- Ihara, I. e colab. (2013) "Ultrasonic Thermometry for Temperature Profiling of Heated Materials." In: Springer Berlin Heidelberg, p. 211–236.
- Ihara, I. e Takahashi, M. (2009) "A novel ultrasonic thermometry for monitoring temperature profiles in materials".
- Jia, R. e colab. (2016) "Study of ultrasonic thermometry based on ultrasonic time-of-flight measurement", In: Fluids J. Phys. Time-of-flight studies Phys. Today, v. 6, n. 3, p. 035006.
- Lewis, M. A. e S., Robert M. e Chopra, R. (2015) "Thermometry and ablation monitoring with ultrasound". In: International journal of hyperthermia, v. 31, n. 2, p. 163–81.
- Takahashi, M. e Ihara, I. (2008) "Ultrasonic monitoring of internal temperature distribution in a heated material". In: Japanese Journal of Applied Physics, v. 47, n. 5 PART 2, p. 3894–3898.
- Ueno, S. e colab. (1990) "Ultrasound thermometry in hyperthermia". In: IEEE, p. 1645–1652.

# Aplicação do Algoritmo *K-Means* na Segmentação de Cobertura Vegetal em Imagens de Satélite

Tarcísio R. Júnior<sup>1</sup>, Diego F. Pereira<sup>1</sup>,  
Mônica S. Pais<sup>1</sup>, Cristiane F. S. Cardoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Visão Computacional – Núcleo de Informática  
Instituto Federal Goiano - Campus Urutáí – Urutáí, GO – Brasil

{tarcisiojunior0203, diegoorizonago, monicaspais, crisfsantos}@gmail.com

**Abstract.** *The reduction of natural resources stimulates a constant acquisition of environmental information with the objective of understanding patterns of use, occupation and man's organization in the space. To this end, satellite images have been used together with new technologies and methods. A step in the evaluation of different methods for the characterization of elements in images is presented with the results obtained through the implementation and execution of an algorithm for data grouping (*K-Means* or, in portuguese, *K-Médias*) applied in images for the segmentation of vegetation cover. Also are shown combinations of bands from the Landsat-8 satellite.*

**Resumo.** *A redução dos recursos naturais estimula uma constante aquisição de informações ambientais com o objetivo de compreender padrões de uso, ocupação e organização do homem no espaço. Para tal, imagens de satélite têm sido utilizadas em conjunto com novas tecnologias e métodos. Uma etapa da avaliação de diferentes métodos para a segmentação de elementos em imagens é apresentada com os resultados obtidos através da implementação e execução de um algoritmo para o agrupamento de dados (*K-Means* ou, em tradução literal, *K-Médias*) aplicado em imagens de satélite para a detecção de cobertura vegetal. Também serão mostrados resultados de combinações de bandas provenientes do satélite Landsat-8.*

## 1. Introdução

O processamento de dados está cada vez mais presente no cotidiano do ser humano, e neste contexto há grande destaque no processamento de imagens, sejam elas obtidas por satélites, drones, máquinas de raio X e até mesmo dispositivos móveis.

As principais aplicações do processamento de imagens incluem a agricultura, medicina, construção civil e até mesmo órgãos de fiscalização do governo. Porém, com seu uso cada vez mais extenso e específico dentro das diferentes áreas, torna-se necessária a adoção de novas tecnologias tanto em hardware quanto na produção de novos algoritmos de processamento, com isso, estes podem emitir resultados de maior qualidade e/ou menor demanda de equipamentos físicos.

Com isso, o presente trabalho pretende demonstrar a eficiência do algoritmo *K-Means* aplicado na área de processamento de imagens de satélites em que normalmente se utiliza softwares com algoritmos próprios [Ramos et al. 2010], com o objetivo de detectar a vegetação.

As imagens selecionadas para o processamento foram adquiridas por meio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que disponibiliza gratuitamente as imagens capturadas pelo satélite Landsat-8. Este satélite foi escolhido por capturar as bandas necessárias para o estudo, sendo que cada banda é fornecida separadamente.

A seguir serão apresentadas informações detalhadas da experiência, tais como as bandas utilizadas, os algoritmos empregados no processamento das imagens e os resultados emitidos no término do processamento.

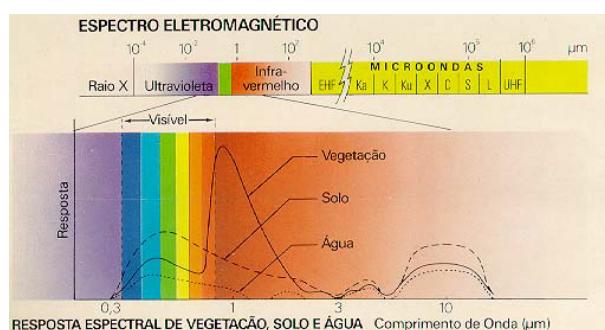
## 2. Trabalhos Relacionados

No trabalho de [Ramos et al. 2010], o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é utilizado para fazer o monitoramento da degradação da biodiversidade e cobertura vegetal do Parque Nacional Boqueirão da Onça (PNBO), situado na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, no estado da Bahia. Sendo que neste caso os softwares ERDAS e Arcgis foram utilizados para processar automaticamente as imagens.

[Damasceno and Silva 2016] apresentaram um trabalho no qual utilizaram imagens compostas pelas bandas 5, 4 e 3 provenientes do satélite Landsat-8, resultando em imagens com modelo de cores RGB, onde fazem a segmentação das mesmas utilizando o método *K-means* implementado em MATLAB para caracterizar os elementos presentes nas imagens. O presente trabalho diferencia-se tanto no aspecto da formação da imagem a ser segmentada, onde foram utilizadas as bandas 4 e 5, o que será explicado na seção 3 quanto na linguagem de programação utilizada (Java).

## 3. Material e Métodos

Uma etapa importante do estudo é a seleção correta da banda do espectro a ser utilizada. Para isso, foi feita uma análise a fim de identificar um padrão nessas imagens em que houvesse uma diferença da vegetação em relação aos outros objetos. [Moraes 2002] mostra em seu trabalho que os padrões de refletância de alguns elementos encontrados em imagens de satélites, tais como água, solo e vegetação se diferenciam. Com isso é possível observar que além dos diferentes níveis de refletância de tais elementos nas bandas do espectro, há também uma grande discrepância da vegetação em relação a outros elementos como água e solo na região do espectro que corresponde à banda do Infravermelho Próximo. A vegetação possui como característica alta refletância, o solo baixa refletância e a água quase nenhuma. Tal informação pode ser verificada na Figura 1.



**Figura 1. Informações sobre a refletância de alguns objetos dentro do espectro eletromagnético. Fonte: [Moraes 2002].**

Outro importante aspecto a ser observado neste trabalho é a determinação de métricas que possam quantificar a presença de vegetação. Segundo [Meneses et al. 2012] vários trabalhos utilizam o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que traduzido para o português é Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Este índice evidencia diversos aspectos da vegetação, como a área foliar da planta, a saúde dessa área, etc.

[Ramos et al. 2010] definiram o NDVI como sendo um modelo resultante da combinação dos níveis de refletância em imagens de satélite provido de uma equação composta pelas bandas correspondentes ao Vermelho (V) e Infravermelho Próximo (IVP). Este modelo é baseado no fato de que a vegetação absorve grande parte da radiação na faixa que corresponde ao vermelho do espectro visível para a execução da fotossíntese, enquanto que no infravermelho próximo ocorre grande reflexão, devido à baixa ou quase nenhuma absorção da planta.

[Ramos et al. 2010] apresentam a seguinte equação para a composição da imagem NDVI :

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

No presente trabalho a imagem que contem como informação o índice de vegetação foi designada pelo termo imagem NDVI.

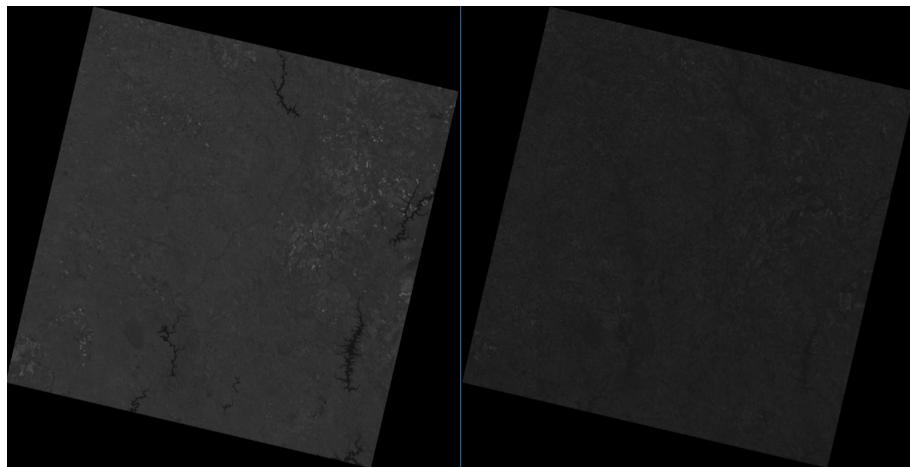
A Figura 2 mostra as bandas capturadas pelo Landsat-8, que possui sensores capazes de capturar 11 bandas diferentes, e destas serão utilizadas neste estudo 5 bandas (2, 3, 4, 5 e 6) que variam de 0.45 a 1.65  $\mu m$  (micrômetros) de comprimento de onda e resolução de 900 metros quadrados de superfície por pixel.

Landsat-8 Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Band 2 – Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 – Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Band 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Band 8 – Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Band 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

**Figura 2. Informações das imagens e bandas capturadas pelo satélite Landsat-8. Fonte:** <http://www.processamentodigital.com.br/2013/06/02/landsat-8-novas-combinacoes-de-bandas/>.

Para formação da imagem NDVI que mostra de forma mais evidente a refletância da vegetação em relação a outros objetos, as bandas 4 e 5 foram selecionadas. O download das imagens foi feito pelo catálogo de imagens do site do INPE. Cada imagem contém a dimensão de 7721 pixels de largura e 7851 pixels de altura, totalizando 60.617.571 de pixels. O formato de extensão de cada imagem adquirida é .TIF e cada imagem possui

aproximadamente 115 MB. A época em que as imagens foram capturadas corresponde ao período de inverno do hemisfério sul. A Figura 3 mostra as imagens correspondentes às bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo). Destacando que as imagens nesta figura são pouco perceptíveis a olho humano.

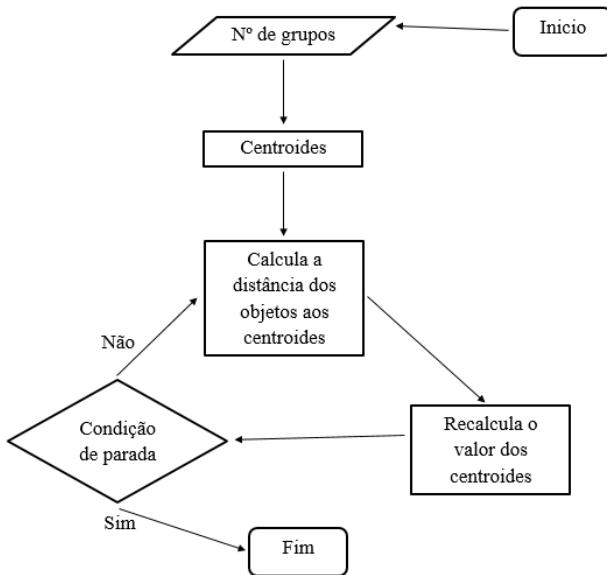


**Figura 3. No lado esquerdo, imagem correspondente à banda 5; no lado direito, à banda 4. Fonte: INPE.**

Assim, para obter a imagem NDVI são utilizadas as imagens contidas na Figura 3, em que cada pixel é passado como parâmetro na equação, sendo que é preciso pigmentar a imagem resultante em modelos de cores RGB para facilitar a comparação dos resultados finais gerados pelo algoritmo. Conforme [Meneses et al. 2012], as composições coloridas procuram reproduzir padrões de cores através da combinação das bandas referentes às cores básicas: vermelho, verde e azul. Assim, para compor essas imagens coloridas foram adquiridas e combinadas as bandas 4, 3 e 2, respectivamente. A composição das imagens em modelos de cores tem como finalidade neste estudo, facilitar a compreensão e visualização dos objetos que compõem cada *cluster*.

Também foi explorado neste estudo uma combinação diferente de bandas para a composição colorida. Para isso, foram combinadas as bandas 6, 5 e 4, respectivamente. Conforme [Leda et al. 2014], esta combinação de bandas possui a característica de evidenciar a vegetação em tons de verde e o solo em tons de vermelho tornando o contraste entre os objetos maior e consequentemente mais visível à percepção humana.

O algoritmo de agrupamento de dados utilizado é popularmente conhecido como *K-Means*. Segundo [Jain 2010], este algoritmo possui as características de dividir uma massa de dados em  $k$  grupos definidos pelo usuário, seguindo uma regra de maior dissimilaridade intergrupos e maior similaridade intragrupo possível. Mesmo sendo necessário a intervenção de um elemento humano, este algoritmo de agrupamento de dados é considerado não supervisionado, como pode ser encontrado em [Teixeira et al. 2006] e [Duda et al. 2012]. A Figura 4 mostra um fluxograma de funcionamento do algoritmo *K-Means*.



**Figura 4. Fluxograma de execução do algoritmo *K-Means***

Inicialmente o usuário fornece ao algoritmo o número desejado de grupos, também conhecidos como *clusters*. O algoritmo selecionará, de forma aleatória,  $k$  valores presentes na massa de dados como centroides; após a fase inicial ser concluída, o algoritmo calcula a distância de todos os valores aos centroides, e então agrupa os elementos conforme sua proximidade ao centroide de cada *cluster*; após isso o algoritmo refaz o cálculo do valor dos centroides, levando em consideração a média dos valores dos *cluster*; e com o término desse processo o algoritmo avalia a condição de parada estabelecida pelo usuário (neste estudo por exemplo a condição de parada do *K-Means* é quando a quantidade de trocas de elementos entre os *clusters* for igual a 0). Caso a condição seja satisfeita, o algoritmo chega ao fim. Se não, retorna ao ciclo apresentado.

Para a execução do algoritmo foram escolhidos como números de grupos os valores 3, 4, 5, 10, 15 e 20 grupos. Este algoritmo foi implementado utilizando linguagem de programação Java, juntamente com a API JAI (Java Advanced Image), utilizada neste trabalho para realizar a leitura e gravação das imagens na memória permanente. O algoritmo completo possui 5 etapas que são: Formação da imagem NDVI e gravação da mesma no disco rígido, agrupamento de dados da imagem NDVI com o número de grupos propostos anteriormente, formação das imagens RGB e gravação no disco rígido, agrupamento da imagem RGB e gravação em disco e geração do resultado final, uma imagem com NDVI agrupado apresentando modelo de cores RGB.

#### 4. Resultados e Discussões

Após o estudo da problemática envolvendo sensoriamento remoto e agrupamento de dados, a coleta das bandas que formam a imagem e a construção e execução do algoritmo foram obtidos alguns resultados.

Percebeu-se no decorrer do processo que fazer a segmentação da imagem utilizando-se como padrão o espectro visível (ou simplesmente a junção das bandas 4,3 e 2, formando a imagem no modelo de cores RGB, exemplo contido na Figura 5) não é o

mais viável. Essa imagem apresenta apenas a tonalidade dos pixels, e se a água for turva, por exemplo, o resultado não atingiria as expectativas e colocaria vegetação e água no mesmo grupo (ou *cluster*), pois a tonalidade dos dois pode ser muito semelhante.

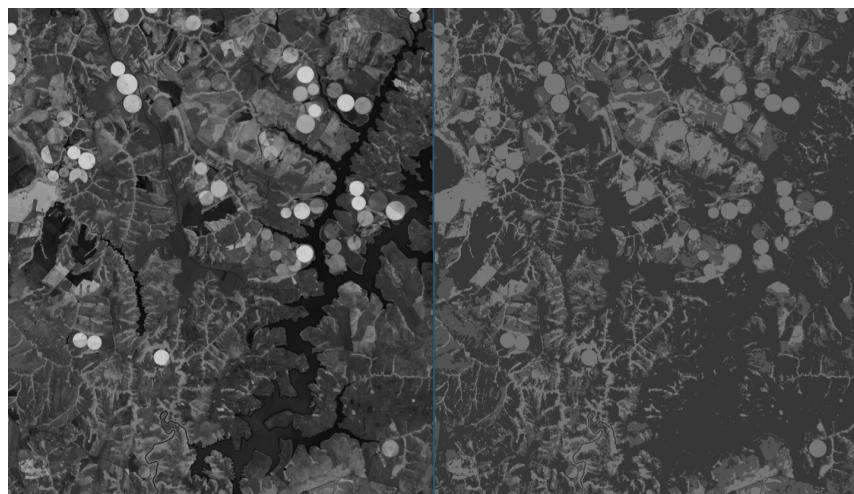


**Figura 5.** No lado esquerdo, uma junção das bandas 4, 3 e 2, respectivamente, formando uma imagem RGB; no lado direito, uma maneira visual de destacar vegetação é criar uma imagem R6G5B4 (ou a junção das bandas 6,5 e 4, respectivamente).

Também foi observado que a quantidade de grupos que obteve melhor resultado na segmentação das imagens foi 3, isso aconteceu pelo fato de que outros elementos presentes na imagem possuem refletância compatível com solo e água, e no momento do agrupamento, tais elementos foram agrupados juntos, formando 3 grupos com índice de discrepância satisfatórios, o que está de acordo com as informações contidas na Figura 1. Mesmo com essa limitação não houve prejuízo para o estudo, pois o foco central do mesmo é identificar a vegetação presente nas imagens.

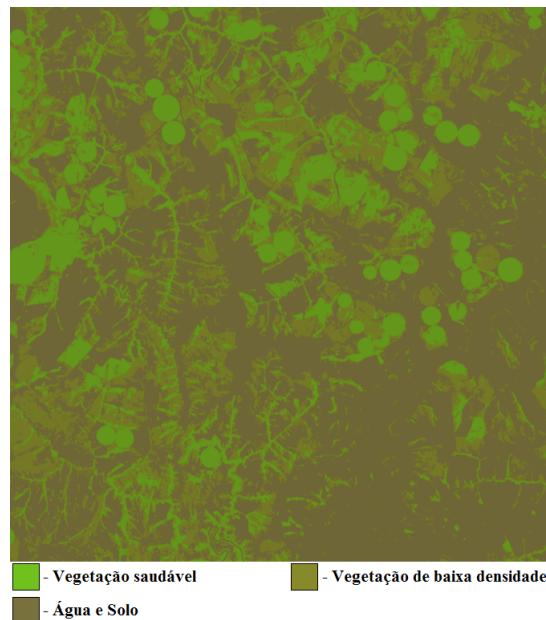
Ainda sobre o número de grupos, quando valores acima de 3 são processados o nível de qualidade das informações geradas pelo algoritmo diminui. Isso se deve ao fenômeno de que a vegetação rasteira e de baixa densidade possui baixa refletância em relação a vegetações com maiores densidades, e com isso o algoritmo tem a tendência de agrupar essa vegetação rasteira junto a grupos onde se encontram os solos. A resolução das imagens pode justificar este fenômeno, onde cada pixel corresponde a aproximadamente 900 metros quadrados em solo.

Na Figura 6 é mostrado um dos resultados satisfatórios da execução do algoritmo *K-Means*. Pode-se observar que utilizar a imagem gerada pelo cálculo do NDVI (imagem mostrada no lado esquerdo Figura 6) é um método eficiente para segmentar e identificar a vegetação contida numa imagem, por conta do destaque que a vegetação recebe após o cálculo.



**Figura 6.** No lado esquerdo, imagem gerada após o cálculo do NDVI (detalhe na vegetação bem definida); e no lado direito, resultado da segmentação da imagem da esquerda (com 3 grupos, ou clusters, bem definidos).

O resultado final, ou seja, a segmentação obtida com base na imagem NDVI gerada pelo cálculo do NDVI para se tornar mais perceptível, é apresentado na Figura 7. O algoritmo de construção da imagem final após o término do agrupamento realiza a pigmentação dos grupos com modelos de cores RGB.



**Figura 7.** Resultado final da segmentação da imagem gerada a partir do cálculo do NDVI (com 3 *clusters* bem definidos).

## 5. Conclusão

O presente artigo apresentou um conjunto de métodos que tem como objetivo segmentar a vegetação em imagens de satélite. Observou-se no decorrer do processo que o NDVI é um método plausível para evidenciar a cobertura vegetal em imagens de satélite. O algoritmo *K-Means* mostrou visualmente ser um método muito eficiente no propósito deste estudo. Este estudo serve como base para estudos mais específicos na área, sendo interessante nos casos em que representam uma aproximação inicial e rápida em problemas que envolvam a segmentação dentro das áreas de vegetação.

## Referências

- Damasceno, G. S. and Silva, E. E. (2016). Utilização de Algoritmos Não Supervisionados na Detecção de Elementos em Imagens de Satélite. Monografia (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), Instituto Federal Goiano - Campus Urutáí, Urutáí, Goiás, Brasil.
- Duda, R. O., Hart, P. E., and Stork, D. G. (2012). *Pattern classification*. John Wiley & Sons.
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond k-means. *Pattern recognition letters*, 31(8):651–666.
- Leda, V. C., Nicolete, D. A. P., da Conceição Sartori, A. A., Pezzoni Filho, J. C., and Zimback, C. R. L. (2014). Uso do solo na sub-bacia do ribeirão da prata, lençóis paulista-sp. *Nativa*, 2(3):170–174.
- Meneses, P. R., Almeida, T. d., Rosa, A. N. d. C. S., Sano, E. E., Souza, E. B. d., Baptista, G. M. d. M., and Brites, R. S. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. *Brasília: UNB/CNPq*.
- Moraes, E. C. (2002). Fundamentos de sensoriamento remoto. In *Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente*, chapter 1. INPE.
- Ramos, R., Lopes, H., Melo Junior, J., Candeias, A., and Siqueira-Filho, J. (2010). Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (ndvi) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. *III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, pages 001–006.
- Teixeira, A. d. A., Silva, A. M., Pires, A. C. B., Moraes, R. A. V. d., and Souza Filho, C. R. d. (2006). Integração e análise de dados aerogeofísicos por meio da aplicação de técnicas de processamento digital de imagens e classificação não supervisionada: O exemplo do greenstone belt rio das velhas, quadrilátero ferrífero, mg. *Revista Brasileira de Geofísica*, 24(4):559–572.

## Realidade Aumentada como método de aprendizagem

Thiago de Jesus dos Santos, Jose Augusto de Castro Machado, Ms. Jorcivan S. Ramos  
Curso Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação – Instituto Federal Goiano

(IFG) – Campus Urutaí – GO – Brasil

thiago22js@gmail.com, js.guto95@gmail.com, jorcivan@hotmail.com

**Resumo.** *O trabalho propõe uma inovação no procedimento de ensino aprendizagem na disciplina de ciências aos alunos do nono ano do Ensino fundamental. Desenvolveu-se uma ferramenta que fez uso das técnicas de Realidade aumentada, sendo projetada como Metodologia Ativa de Aprendizagem que através da interação direta com os objetos em estudos os próprios alunos constroem seus conhecimentos, aproximando os conceitos teóricos da realidade. A ferramenta foi testada através de uma intervenção didática e demonstrou boa aceitação pelos discentes.*

### 1. Introdução

Algumas escolas e educadores utilizam métodos tradicionais com pouca eficiência no processo de ensino-aprendizagem. O uso de modelos didáticos tecnológicos em sala de aula pode ser um fator bastante atrativo para os discentes. Valente (1999), ressalva que essas tecnologias podem contribuir para uma educação mais adequada à nossa sociedade colaborando para a aprendizagem de diversos conteúdos, tornando as formas de aprender mais criativa e interativa.

O ramo da informática implica em várias alterações na vida da atual sociedade mundial, com o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos. Umas das tecnologias que podem ser usadas como ferramenta educacional é a Realidade Aumentada (RA), que cria novos ambientes virtuais dentro do mundo real, proporcionando realizar a projeção de ambientes que no mundo real não seria possível. Segundo Dainese e Kirner (2007) a Realidade Aumentada é capaz de adicionar ao ambiente físico objetos virtuais animados e com possibilidade de manipulação por parte do usuário, sem a necessidade de conhecimentos computacionais. Há assim a expectativa de que o aprendizado se torne mais significativo, alcançando objetivos que os métodos tradicionais não atingem.

As mudanças constantes na sociedade inovam a forma de adquirir conhecimento, tornando esse processo mais dinâmico e eficaz, surge assim, as Metodologias Ativas de Aprendizagem que empregam o problema como estratégia de ensino-aprendizagem, em que através da problemática o estudante forma seu próprio conhecimento, desenvolvendo um ser reflexivo e crítico (Ribeiro 2002). Santos e colaboradores (2016) afirmam que a RA enriquece o ambiente real com objetos virtuais, possibilitam a imersão e interação dos atores com objetos virtuais inseridos no ambiente real, favorecendo o alcance de habilidades e aproximando a teoria da realidade.

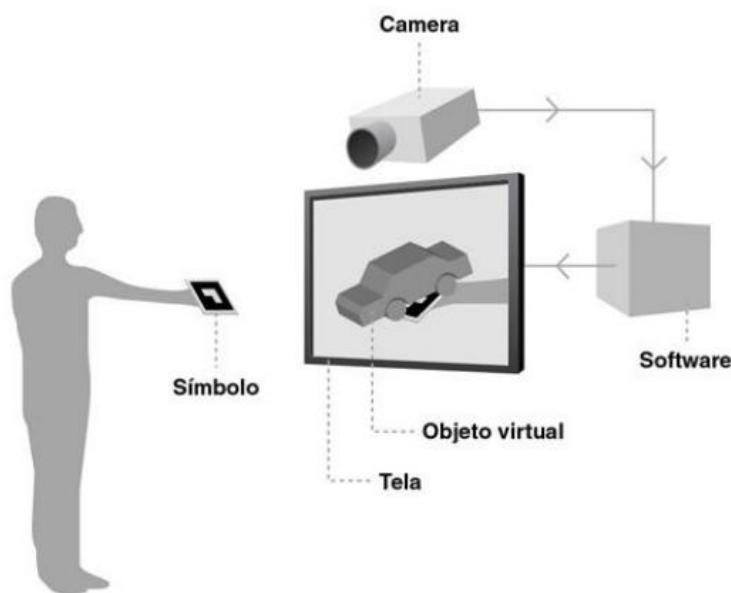
A utilização de ferramentas tecnológicas estimula o conhecimento e facilita a compreensão por parte do praticante, além de ajuda o docente em suas práticas educacionais diversificando as maneiras de educar.

Os softwares educacionais possuem características importantes oferecendo desafios voltados à produção intelectual, onde o aluno pode obter autoconhecimento e o papel do docente dá lugar a diálogos que ensinam ambos aprender á aprender, isso tudo gerando um processo coletivo de aprendizagem (PAIVA, 2008). O trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta didática para o ensino-aprendizagem na disciplina de ciências do ensino fundamental nos conteúdos de lentes e olho humano.

## 2. Metodologia

### 2.1 Realidade Aumentada na Educação

Conforme Rodrigues et al. (2010), o funcionamento desta aplicação se restringe na captura de uma imagem por meio de uma câmera, e após a identificação de um código previamente conhecido (marcadores), os objetos virtuais são exibidos.



**Figura 1. Utilização da realidade aumentada**

**Fonte:** DDA, 2017.

Na Figura 1 é apresentado o desempenho básico da utilização da RA, a captação por meio de marcador é executada da consequente forma: A imagem do objeto é capturada e convertida em um marcador, em seguida a câmera faz o rastreamento da posição do marcador avaliando sua posição no ambiente real. A imagem capturada pela câmera é convertida em binários onde é comparada com representações no banco de dados do software, se ela estiver no banco de dados será gerado um objeto na posição distinta pelo marcador.

Kiner e Siscoutto (2007) dizem que as ferramentas voltadas para RA auxiliam a construção dos objetos virtuais e sua integração ao ambiente real, incluindo alguns comportamentos como, por exemplo, quando um marcador é detectado, um objeto é adicionado à cena.

## 2.2 Ferramenta Didática

O projeto proposto foi constituído por pesquisa bibliográfica para a coleta de dados sobre a Realidade Aumentada (RA), técnica utilizada no desenvolvimento da ferramenta. O Olho Humano e as Lentes foram os conteúdos abordados, tendo como referência os Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino Fundamental (PCN). Foi feito um levantamento bibliográfico, onde possibilitou dimensionar os conteúdos necessários para o desenvolvimento da ferramenta, garantindo que os objetivos seriam alcançados no ambiente de RA.

O desenvolvimento da ferramenta teve inicio com a utilização do software Unity 3D para a criação dos componentes gráficos individuais da parte interna e externa do olho humano, sendo caracterizado em três dimensões. O Adobe Photoshop CC foi utilizado para criar as texturas, retratando com propriedade um olho em 3D bem próximo do real. Esse mesmo processo foi realizado com os diferentes tipos de lentes. Ainda com a utilização do Unity 3D criou-se as representações do comportamento do olho e das lentes.

O Vuforia é um kit de desenvolvimento de software (SDK), que consiste na criação de marcadores que tem o objetivo de captar o ambiente real e a posição dos objetos 3D em tempo real. Enviando para o Unity 3D que reproduzirá virtualmente as ferramentas construídas. O Vuforia foi utilizado para a criação dos marcadores, desta forma foi desenhado um marcador para cada objeto que seria estudado, e no Unity 3D os objetos foram associados aos marcadores. Para finalizar o projeto foi renderizado ainda no Unity 3D.

## 3 Resultados

Após o modelo didático criado, a intervenção foi realizada com o uso de uma câmera que capturou todos os participantes da sala de aula, levando-os a imersão ao ambiente virtual estudado, tendo suas imagens inseridas no ambiente virtual e transmitidas em tempo real pelo Datashow, sendo projetado na sala de aula. Assim, criando a alusão de estarem fisicamente imersos no ambiente de estudo, tornando possível a assimilação de conceitos e habilidades adquiridos pelos próprios participantes.



**Figura 2. Realidade Aumentada aplicada em sala de aula.**

**Fonte:** Autoria própria.

Na Figura 2 é apresentado o ambiente de RA sendo aplicado como ferramenta didática na sala de aula do nono ano, onde o aluno interage com a ferramenta na representação do conteúdo de Lentes, verificando detalhes sobre o foco das Lentes.

Em seguida na Figura 3 o conteúdo de Olho Humano é explorado, onde os alunos interagiram com olho virtual, visualizando de uma forma interativa as riquezas e detalhes de todos os componentes do olho humano.



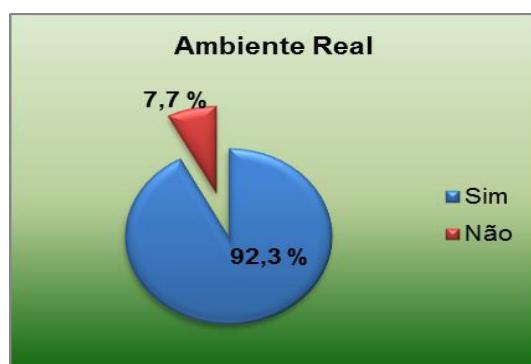
**Figura 3. Realidade Aumentada aplicada em sala de aula.**

**Fonte:** Autoria própria.

Após a intervenção foi aplicada uma avaliação por meio de questionários quantitativos com itens objetivos aos discentes, possibilitando assim, qualificar o uso da metodologia empregada como metodologia de ensino.

### **3.1 Resultados e Discussões**

A intervenção didática com a utilização da ferramenta de RA permitiu uma interação constante dos alunos com os modelos criados. Serão apresentados as Figuras referentes aos questionários respondidos pelos discentes após a intervenção didática.



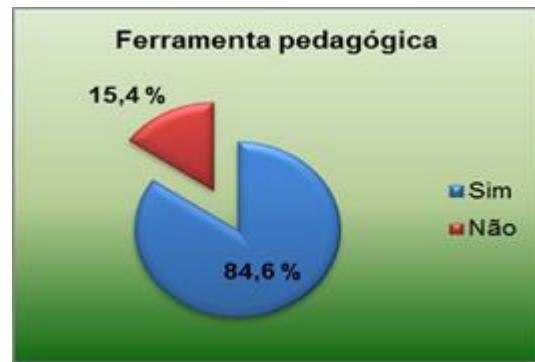
**Figura 4: A ferramenta como método de ensino**

**Fonte:** Autoria própria.

Na Figura 4 expõe as respostas sobre o questionamento se a ferramenta criou os ambientes virtuais idênticos com os do mundo real, a ponto de dispensar a presença dos objetos do mundo real para os estudos, onde 92% dos alunos afirmaram que não era

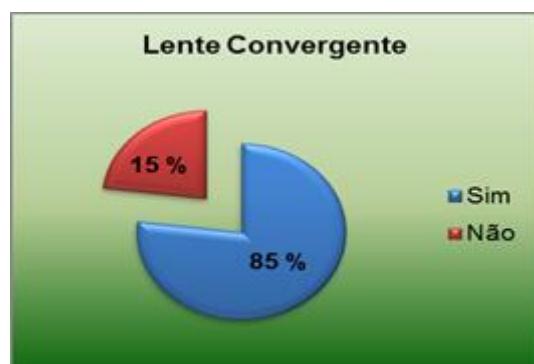
necessária a presença de ambientes reais uma vez que a ferramenta disponibilizou ambientes virtuais bem próximos do real.

Na Figura 5 é referente às respostas ao questionamento se a ferramenta poderia ser utilizada como uma ferramenta pedagógica, sendo 84,6% dos alunos responderam que a ferramenta pode ser usada sim como uma ferramenta pedagógica nas aulas de ciências e 15,4% responderam que não.



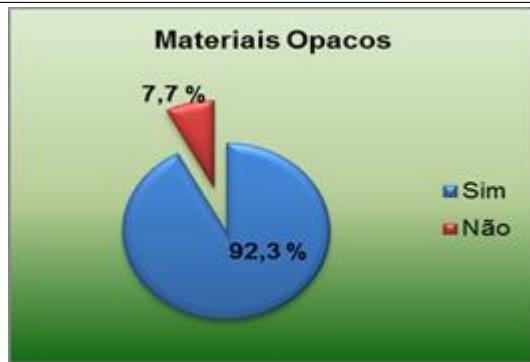
**Figura 5: A ferramenta como método de ensino**  
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 6 e a Figura 7 são referentes a duas perguntas que foram realizadas sobre conceitos do conteúdo estudado. A Figura 6 é referente às respostas da definição de Lente Convergente, onde 85% dos alunos conseguiram indicar a definição certa e apenas 15% não conseguiram.



**Figura 6: Definição de Lente Convergente**  
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 7 refere-se à pergunta sobre a definição de materiais opacos, onde 92,3% dos alunos acertaram a definição e apenas 7,7% não acertaram.

**Figura 7: Definição de materiais opacos**

Fonte: Autoria própria.

#### 4. Considerações finais

A busca por métodos que facilitem o processo ensino-aprendizagem é cada vez maior, e as ferramentas tecnológicas foram inseridas nesse contexto com intuito de deixar o ensino mais suave, desmistificando que apenas o professor é a fonte de conhecimento.

Os resultados demonstram que a ferramenta foi eficiente e trouxe inovações para o ensino de ciências, onde a avaliação dos discentes demonstra que a ferramenta pode ser utilizada como método de ensino que trouxe mais realidade aos objetos estudados e também proporcionou resultados aceitáveis quanto aos conceitos estudados pela ferramenta desenvolvida.

É notório que adquirir conhecimento envolvem diversos fatores que contribuem a favor e contra o processo de aprendizagem, diversificar as maneiras de construir conhecimento produz experiências inesquecíveis aos participantes.

#### 5. Referências

- Rodrigues, R. C., Santos P.H.P, Urakawa, M.T. (2010) “**Aplicação da Realidade Aumentada em Marketing**”. 4f. Artigo (Graduação de Bacharel em Engenharia da Computação) – Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Belém.
- PAIVA, Ana Maria Severiano, et al. "A integração da TIC na Escola Básica: Questões para Avaliação." *Revista Eletrônica TECCEN* 1.1 (2008).
- VALENTE, José Armando. Análise dos diferentes tipos de softwares usados na Educação. Em J.A. Valente (Org.), **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas, SP: Gráfica da UNICAMP, 1999.
- Ribeiro, A. C. et al. (2002). Caderno do Curso de Medicina da UFSCar, Universidade Federal de São Carlos.
- SANTOS, Helen; SABIO, Gabriel; DE SOUZA, Wanderley Lopes. Abordagem em Realidade Aumentada para Momentos de Aprendizagem Autodirigida. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2016. p. 42.

KIRNER, Claudio, and Tereza G. Kirner. "**Virtual reality and augmented reality applied to simulation visualization.**" *Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. IGI Global, 2008.

KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza G. Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization. In: El Sheikh, A.A.R.; Al Ajeeli, A.; AbuTaieh, E.M.O.. (Org.). *Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2007.

DDA, A. (2017). agencia DDA. Reteve Março 2017, 15, agencia DDA realidade aumentada: <http://www.agenciadda.com.br/realidade-aumentada-ra>

Kirner, C. Siscoutto, R. (2007). *Realidade virtual e aumentada: Conceitos e aplicações* Petrópolis: IX Symposium on Virtual and Augmented Reality.

# Desenvolvimento de aplicações multiplataforma usando Javascript: Uma análise prática

Welker Arantes Ferreira, Marcel da Silva Melo

Instituto Federal Goiano – Campos Morrinhos (IFGoiano)  
Morrinhos – Goiás - Brasil

welker3101@gmail.com, marcel.msmelo@gmail.com

**Abstract.** The objective of this work is to present and analyze techniques and tools used in the development of hybrid multiplatform applications using technologies and tools aimed at web development. In the work an application is created for the main current platforms and aims to present advantages and disadvantages of the development of hybrid applications reusing the same source code for the portability of the application for several platforms.

**Resumo.** O trabalho tem como objetivo apresentar e analisar técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento de aplicativos multiplataformas híbridas utilizando tecnologias e ferramentas voltadas para o desenvolvimento web. No trabalho é criado um aplicativo para as principais plataformas atuais e visa apresentar vantagens e desvantagens do desenvolvimento de aplicativos híbridos reusando o mesmo código-fonte para a portabilidade da aplicação para várias plataformas.

## 1. Introdução

O *smartphone* se tornou uma peça indispensável para a maioria da população brasileira. Com funcionalidades que vão além da ligação convencional, este dispositivo eletrônico se tornou o principal meio de acesso à internet no Brasil, segundo pesquisa do IBGE (2016).

Com o grande crescimento do uso de *smartphones* pela população e pelas grandes oportunidades que esse mercado vem oferecendo nos últimos anos, várias aplicações precisaram se adaptar a essa nova realidade. Aplicações e *sites* da *internet* precisam se adaptar aos diferentes tamanhos de telas e aos mais variados tipos de dispositivos para entregar o conteúdo passível de ser acessado pelo usuário.

Além de *sites* e aplicações web, há também um grande crescimento na demanda por aplicativos móveis (*apps*). Aplicativos móveis, ou *apps*, são sistemas indispensáveis aos *smartphones* e torna estes dispositivos ainda mais atrativos à população. Segundo Milani (2012), diversas empresas querem ter seus serviços e informações ao alcance dos clientes pelo *smartphone*.

Entretanto, desenvolver e manter um aplicativo para cada uma das principais plataformas atuais acaba sendo uma tarefa árdua (Bernardes e Miyake, 2016). Segundo Luquetti et al. (2015), o mercado de dispositivos móveis é ramificado por diferentes fabricantes e, por conta disso, existe uma gama de plataformas móveis. Segundo Martins et al. (2013), este é atualmente um dos principais desafios da computação móvel.

Isso se deve ao fato de que cada plataforma móvel possui seu conjunto de ferramentas de desenvolvimento, como linguagem de programação e ambiente de desenvolvimento (Bernardes e Miyake, 2016). Portanto, para que um aplicativo esteja presente em mais de uma plataforma é necessário desenvolver uma versão para cada plataforma utilizando seu respectivo conjunto de ferramentas de desenvolvimento. Esse

típico processo de desenvolvimento, chamado de desenvolvimento nativo, é um caminho apropriado para a criação de *apps* para cada plataforma. Porém, segundo Xanthopoulos e Xinogalos (2013), esse processo possui uma grande desvantagem: Não é possível reusar o código-fonte de uma plataforma para outra.

Segundo Bernardes e Miyake (2016), uma solução muitas vezes viável é utilizar a estratégia de desenvolvimento de aplicativos híbridos. O desenvolvimento híbrido consiste na criação de aplicativos móveis para várias plataformas reusando o mesmo código-fonte (Xanthopoulos e Xinogalos, 2013). Utilizando de tecnologias e linguagens padrões do desenvolvimento *web*, como o HTML, CSS e Javascript (W3C, 2017), o desenvolvedor que já tenha conhecimento e experiência em desenvolvimento *web* não precisará aprender novas linguagens para o desenvolvimento do aplicativo. Assim espera-se que acelere o tempo de desenvolvimento de aplicativos móveis e que esse processo de criação e manutenção do aplicativo seja facilitado.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar e analisar técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento de aplicativos multiplataformas híbridas, utilizando tecnologias e ferramentas utilizadas comumente no desenvolvimento *web*. Para isso será criado um aplicativo híbrido voltado para as principais plataformas atuais, visando apresentar vantagens e desvantagens do desenvolvimento de aplicativos híbridos. Espera-se reutilizar o código-fonte o máximo possível para gerar o *app* para cada uma das plataformas testadas.

O trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção 2 são apresentados os trabalhos correlatos. Na Seção 3 é apresentado um referencial teórico sobre o desenvolvimento híbrido. Na Seção 4 é apresentado a metodologia para realização do trabalho. Na Seção 5 é apresentado os requisitos e o desenvolvimento do estudo de casos, além da portabilidade do sistema para cada uma das plataformas selecionadas. Por fim é apresentada a conclusão do trabalho, apontando os pontos positivos e negativos desta estratégia de desenvolvimento.

## 2. Trabalhos Correlatos

No trabalho de Xanthopoulos e Xinogalos (2013), os autores visam apresentar as principais tendências no desenvolvimento multiplataforma de aplicativos móveis. São apresentadas as principais abordagens para a criação de aplicativos móveis, visando basicamente os aplicativos *web* e híbridos. Os autores também realizam uma comparação entre as duas abordagens e apresentam pontos positivos e negativos.

No trabalho de Bernardes e Miyake (2016) é apresentado uma revisão sistemática sobre as diferentes abordagens usadas no desenvolvimento de aplicativos multiplataformas. Uma comparação entre as diferentes abordagens é realizada e são apresentados pontos fortes e pontos fracos de cada abordagem.

Palmieri et al. (2012) apresenta uma comparação entre as quatro principais ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos móveis multiplataforma: Rhodes, PhoneGap, DragonRad e MoSync. No trabalho os autores apresentam cada uma das ferramentas selecionadas, apresentando as vantagens e desvantagens de cada uma.

O trabalho de Dalmasso et al. (2013) também apresenta um comparativo entre ferramentas para desenvolvimento multiplataforma, porém nesse trabalho outras ferramentas são utilizadas: PhoneGap, Titanium, JQuery Mobile e Sencha Touch. Os autores apresentam as ferramentas e as principais características de cada arquitetura. São apresentados exemplos de aplicações desenvolvidas usando PhoneGap e Titanium e são realizadas as comparações, onde os critérios avaliados foram: Uso de CPU, uso de memória e consumo de energia.

### 3. Desenvolvimento híbrido

A evolução dos *smartphones* abriu várias possibilidades, tanto para grandes empresas quanto para as *startups*. Entretanto, segundo Bernardes e Miyake (2016), essa evolução trouxe também o enorme desafio: portar os aplicativos para diversas plataformas. Para cada uma das principais plataformas do mercado é necessário implementar uma versão do aplicativo utilizando um kit de ferramentas de desenvolvimento específico, como SDK (*Software Development Kit*) que inclui uma linguagem de programação específica e uma API (*Application Programming Interface*) responsável por se comunicar diretamente com o dispositivo móvel. Também é necessário um ambiente de desenvolvimento, IDE (*Integrated Development Environment*), específico.

Por exemplo, para desenvolver um aplicativo nativo para IOS, plataforma móvel utilizada nos dispositivos da Apple, como o iPhone e o iPad, é necessário dominar a linguagem Objective-C ou a linguagem Swift e a IDE utilizada no desenvolvimento é o X-code. No caso do Android, plataforma móvel da Google utilizada pela maioria dos dispositivos móveis do mercado, segundo o IDC (2016), é necessário dominar a linguagem Java e a IDE Android Studio.

Sendo assim, se uma empresa decide criar o mesmo aplicativo para as duas principais plataformas do mercado, IOS e Android, segundo o IDC (2016), usando a estratégia de desenvolvimento de aplicativos nativos, deverá criar dois projetos distintos com linguagens e características diferentes. Outro importante fator é o tempo despendido para aprender cada linguagem, onde cada uma delas possui características e recursos diferentes. Também pode ser necessário manter duas equipes de desenvolvedores, sendo uma equipe para cada plataforma. Essa duplicidade pode gerar funcionalidades diferentes em aplicativos que deveriam ser iguais.

Em contrapartida, a estratégia de desenvolvimento de aplicativos híbridos pode ser uma saída mais barata e bastante produtiva na maioria dos casos. Aplicativos híbridos encapsulam aplicações *web* construídas usando HTML, CSS e Javascript dentro de um *container* nativo (*UIWebView* no IOS ou *WebView* no Android) (Xanthopoulos e Xinogalos, 2013). O código-fonte do aplicativo gerado executa no navegador, como em aplicações *web*, porém todos recursos necessários para a execução do aplicativo final no dispositivo do usuário, navegador e código-fonte, é encapsulado no aplicativo final.

Usando a estratégia híbrida é possível criar um aplicativo como se fosse uma aplicação *web*, com a vantagem de permitir acesso a recursos nativos do *smartphone* como câmera, sistema de posicionamento global (*Global Position System*, GPS) e notificações. Além disso, utilizando tal estratégia, o aplicativo pode ser escrito uma única vez e o disponibilizado para diversas plataformas móveis, *web* e/ou *desktop*.

Atualmente existem diversas ferramentas voltadas para o desenvolvimento de aplicações híbridas que utilizam o conceito de reutilização de software, tanto para plataformas móveis quanto para plataformas *desktop*. Estas ferramentas criam uma camada extra que encapsula a aplicação e serve como ponte, permitindo a comunicação com o dispositivo e o acesso aos recursos nativos do mesmo.

### 4. Metodologia

Este estudo tem como método a pesquisa bibliográfica, por meio de revisão literária, juntamente a atividade prática, em torno da criação e análise da criação de um aplicativo multi-plataforma. Para realização da pesquisa bibliográfica, foram utilizados como base de dados livros, artigos científicos e sites na área de tecnologia e informação como fonte de publicações eletrônicas.

Para criação do estudo de casos, apresentado na seção a seguir, foram definidas algumas tecnologias e linguagens *web* utilizadas para criação de aplicativos híbridos. Os

critérios para definição das tecnologias e linguagens utilizadas foram: popularidade das tecnologias, facilidade na aprendizagem e experiência anterior nas tecnologias abordadas.

## 5. Estudo de Caso – NOTE PLUS

### 5.1. Requisitos do sistema

O aplicativo Note Plus foi desenvolvido com o intuito de ser multiplataforma, podendo assim oferecer uma melhor experiência ao usuário. As anotações são organizadas em três categorias: Empresarial, Pessoal e Acadêmico. As anotações são vinculadas a uma conta de usuário que deve ser criada no primeiro acesso. Esta conta de usuário, combinada ao recurso de criptografia ponta-a-ponta, garante a segurança das informações.

Para atender a todas as funcionalidades propostas foi necessário definir os requisitos de funcionalidade do sistema. São eles:

- **Cadastro:** Permitir que os usuários se cadastrem; Verificar se o login já existe antes de permitir o cadastro.
- **Login:** Validar credenciais de usuários e criar um *token* para cada usuário logado com o objetivo de identificá-lo; Permitir alteração de senha; Destruir os dados de sessão do usuário ao realizar o *logout* do sistema.
- **Anotações:** Permitir que o usuário visualize, edite e exclua suas anotações após fazer *login*.

A junção destes requisitos de funcionalidade resultou em um diagrama de caso de uso que pode ser visto na Figura 1.

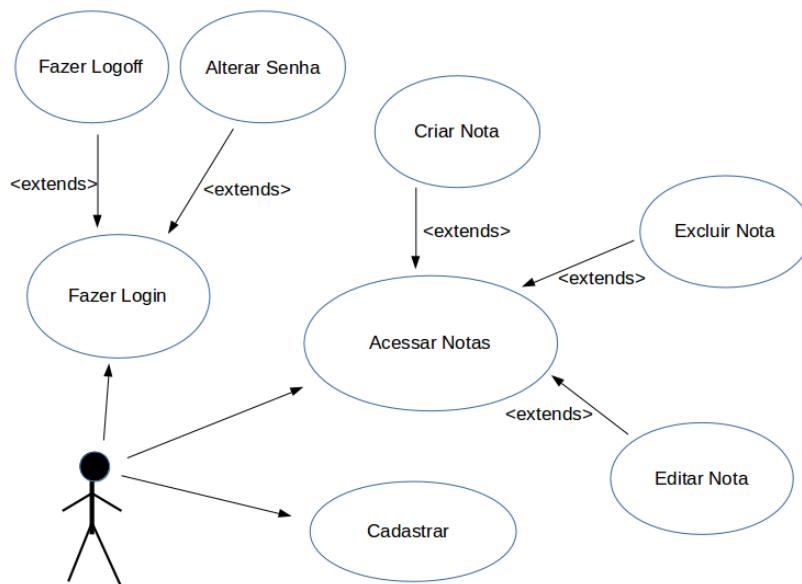
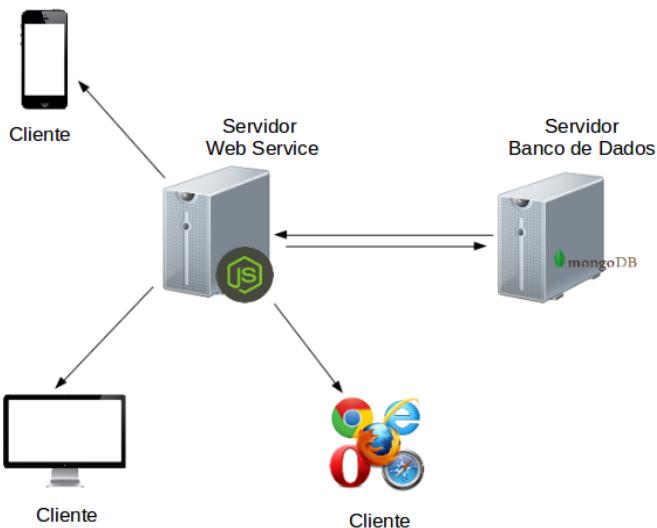


Figura 1: Requisitos funcionais do Note Plus

### 5.2. Desenvolvimento do aplicativo

Para desenvolvimento do projeto, foi criada uma arquitetura orientada a serviços (OASIS, 2006). Assim, o projeto foi dividido em três partes formando uma arquitetura

distribuída, sendo elas: *WebService*; banco de dados; e as aplicações-clientes, que representam as versões do aplicativo para uma das principais plataformas. Esta arquitetura é apresentada na Figura 2.



**Figura 2. Arquitetura do sistema Note Plus.**

Todas as versões das aplicações-clientes se comunicam com um *WebService* responsável por tratar as requisições dos usuários e se comunicar com o banco de dados. Este *WebService* foi desenvolvido em NodeJS (NodeJS, 2017), que utiliza a linguagem Javascript no lado do servidor. Desta forma foi possível aproveitar os conhecimentos em Javascript, reduzindo o tempo gasto no desenvolvimento de toda aplicação. Sua estrutura base foi criada a partir de um CLI (*Command Line Interface*) chamado Express Generator (Express, 2017) que cria uma aplicação NodeJS em conjunto com o framework Express (Express, 2017). Toda lógica e regra de negócios do aplicativo foi implementada como serviços do *WebService*.

Como base de dados para o sistema Note Plus, foi utilizado o MongoDB (MongoDB, 2017). O MongoDB é um banco de dados *NoSQL* orientado a documentos. Este banco de dados armazena documentos no formato *JSON*, o que facilita muito a comunicação e manipulação de dados por meio do NodeJS. O servidor de banco de dados não foi configurado e implementado do zero. Ao invés disso, foi utilizado o serviço de armazenamento da MLab (MLab, 2016), uma empresa focada em fornecer serviços de armazenamento do banco de dados MongoDB.

Para o desenvolvimento das telas da aplicação foram utilizados os padrões para o desenvolvimento *web* (W3C, 2017): HTML, CSS e Javascript. O desenvolvimento *web* permite o uso de frameworks e até mesmo bibliotecas de componentes *web*. Assim, para criação das interfaces de usuário, e utilizando critérios de familiaridade com as tecnologias e facilidade de aprendizagem, os frameworks AngularJS (AngularJS, 2017) e a biblioteca de componentes Bootstrap (Bootstrap, 2017) foram selecionados para criação das interfaces com o cliente.

O aplicativo-cliente foi desenvolvido como uma aplicação AngularJS (AngularJS, 2016), criado como um projeto separado e destinado a armazenar todo o código-fonte gerado ao decorrer do desenvolvimento da aplicação-cliente. Sempre que o código-fonte do aplicativo sofre alterações, e consequentemente é necessário atualizar todas versões do aplicativo, basta realizar uma cópia de todo código-fonte para cada

projeto específico dos aplicativos-clientes. Deste modo é possível centralizar todo o desenvolvimento em um único projeto, além de garantir total similaridade das funcionalidades.

Graças às características do AngularJS, como configuração de rotas para exibição das páginas *web* (*views*), essa exibição se torna dinâmica, de modo que a cada vez que o usuário navega por uma página diferente já são carregados os arquivos HTML e os controles (*controllers*) referentes a esta tela.

Para desenvolvimento do aplicativo Note Plus, foram criados dois *Services* do AngularJS, sendo que o primeiro é responsável por conter todas as regras de negócio e lógica do aplicativo, como: verificação de usuário logado; comunicação com o *WebService* para envio e recebimento de dados; e persistência de dados de login e *token* de autenticação enquanto o usuário estiver logado. Além de conter funções que são compartilhadas entre os diversos controles da aplicação, permitindo assim o reuso destas funções pelos vários controles da aplicação. O segundo *Service* funciona como uma camada de persistência, sendo capaz de persistir informações no armazenamento interno de dispositivos móveis. Assim o usuário pode ter acesso às suas anotações mesmo quando estiver *offline*.

### 5.3. Aplicativo WEB

Como todas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do aplicativo são tecnologias *web*, para disponibilização da versão *web* do aplicativo não foi necessário nenhuma adaptação no código-fonte.

Todo projeto foi copiado para a pasta *public* do *WebService*. A única exceção foi o arquivo *index.html* que foi copiado para a pasta *view* do projeto gerado pelo Express Generator. Por se tratar do arquivo HTML principal, o *index.html* deve ser carregado primeiro pelo navegador e por meio dele é que os outros arquivos são carregados. Deste modo, a versão *web* foi publicada junto ao *WebService*, utilizando o mesmo servidor, com o objetivo de economizar tempo de desenvolvimento e custos com infra-estrutura.

### 5.4. Aplicativo Desktop

Para versão *desktop* do aplicativo foi utilizado o *framework* Electron (Electron, 2017). O Electron utiliza das tecnologias *web*, como o HTML, CSS e Javascript, para criação de sistemas *desktop*. Sendo assim, a versão *desktop* do aplicativo Note Plus pôde reaproveitar todo o código-fonte desenvolvido para a versão *web* do sistema.

A única alteração no código-fonte foi realizada no arquivo *main.js*, responsável por criar a janela da aplicação. A alteração foi feita pois a classe *main.js* é responsável por iniciar a aplicação e definir as configurações importantes da aplicação, como: tamanho padrão da janela, nome da aplicação e o arquivo HTML que deve ser renderizado quando a aplicação for executada. O método *createWindow* deste arquivo sofreu algumas alterações para que tudo funcionasse corretamente, já que este método é o responsável por criar a janela principal da aplicação.

A pasta *app* contém todo o código-fonte, enquanto que a pasta *assets* contém o ícone que será exibido enquanto a aplicação estiver sendo executada. O processo de *build* é feito com o auxílio do plugin *electron-prebuilt* que utiliza uma versão pré-compilada do Electron específica para a plataforma-alvo. Isso é necessário para que o usuário não precise ter o Electron instalado em seu computador para executar o aplicativo. Ao compilar o projeto, a versão final do aplicativo é gerada na pasta *dist* ficando então isolada do restante do projeto.

Usando esse processo, o código-fonte *web* da aplicação foi compilado para os principais sistemas operacionais: Windows, Linux e Mac OS X.

## 5.5. Aplicativo Móvel

Para o desenvolvimento do aplicativo Note Plus em sua versão para dispositivos móveis, foi utilizado o framework Apache Cordova. O Apache Cordova é uma plataforma de desenvolvimento móvel com *plugins* que permitem que o desenvolvedor acesse funções nativas do dispositivo (Apache Cordova, 2016).

Para criação dos aplicativos para dispositivos móveis, alterações no código-fonte foram necessárias. O principal objetivo das alterações foi a adaptação do aplicativo para ter um comportamento semelhante a um aplicativo nativo do *smartphone* e melhorar a experiência do usuário ao utilizar o Note Plus.

A primeira adaptação realizada foi o encapsulamento do método *onDeviceReady*, padrão do *framework Cordova*, dentro do método *run* do *AngularJS*. Essa adequação faz com que os dois *frameworks* inicializem juntos de modo que possam se comunicar entre si.

Para garantir uma navegação semelhante a dos aplicativos construídos com linguagem nativa, como por exemplo ao usar o botão “voltar”, foi criado um *Service* e um *Listener* no projeto do *AngularJS* para gerenciar este comportamento. O *Listener* foi criado dentro da função *onDeviceReady* e executa sempre que o botão “Voltar” é acionado. Ao ser executado, o *Listener* *onBackButton* executa a função de tratamento do *Service*, que verifica qual é a rota em que o usuário se encontra para então direcioná-lo à próxima rota. A última alteração foi no arquivo *config.xml* que fica na raíz do projeto, neste arquivo são definidas configurações importantes como o nome e o ícone do aplicativo e também informações sobre o desenvolvedor. Alguns *plugins* também utilizam este arquivo para definir suas configurações.

## 6. Conclusão

O presente trabalho visou apresentar inicialmente as vantagens e dificuldades do desenvolvimento de um aplicativo compatível com as diversas plataformas disponíveis no mercado. Uma abordagem híbrida de desenvolvimento de aplicativos multiplataforma foi apresentada usando frameworks específicos e técnicas de desenvolvimento. Um estudo de casos foi desenvolvido com o objetivo de exemplificar a abordagem proposta inicialmente. Foi desenvolvido um aplicativo e foi gerado um aplicativo para cada uma das principais plataformas do mercado: *Web*, *Desktop* e *Móvel*. A estratégia de desenvolvimento de aplicativos híbridos se mostrou produtiva já que permite a criação de *apps* para diversas plataformas reutilizando grande parte do código-fonte gerado inicialmente.

Esta estratégia de desenvolvimento se mostrou ideal para empresas que têm recursos limitados ou almejam desenvolver aplicativos para várias plataformas de forma rápida. Entretanto, é necessário avaliar os requisitos de funcionalidade do aplicativo a ser desenvolvido. Como os aplicativos híbridos são executados no *WebView* das plataformas, sua capacidade de processamento e acesso aos recursos nativos do dispositivo como câmera e GPS é bem inferior à dos aplicativos construídos com linguagem nativa. Desta forma a estratégia a ser adotada fica condicionada aos requisitos de funcionalidade do projeto e aos recursos disponíveis para o desenvolvimento.

Como trabalhos futuros, será avaliado algumas características dos aplicativos híbridos como performance, uso de CPU e uso de memória. Uma comparação entre aplicativos híbridos e aplicativos nativos pode ser realizada com o objetivo de avaliar a qualidade dos aplicativos híbridos gerados.

## Referências

- Apache Cordova (2016). “Documentação Oficial do Apache Cordova”, <https://cordova.apache.org/docs/en/latest/>, Março.
- AngularJS (2016). “Documentação Oficial Angular JS”, <https://docs.angularjs.org/guide>, Março.
- Bernardes, T. F., Miyake, M. Y. (2016). “Cross-platform Mobile Development Approaches: A Systematic Review”, In: IEEE Latin America Transactions, vol. 4, no. 4, pp. 1892-1898.
- Bootstrap (2017). “Documentação Oficial do Bootstrap”, <http://getbootstrap.com/>, Março.
- Dalmasso, I., Datta, S. K., Bonnet, C., Nikaein, N. (2013). “Survey, comparison and evaluation of cross platform mobile application development tools”, In: 9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC ‘13), Sardinia, pp. 323-328.
- Electron (2017). “Documentação Oficial do Electron”, <https://electron.atom.io/docs/>, Março.
- Express (2017). “Documentação Oficial do Express”, <http://expressjs.com/pt-br/>, Março.
- IBGE (2016). “Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal : 2015 / IBGE”, Coordenação de Trabalho e Rendimento. – Rio de Janeiro : IBGE.
- IDC (2016). “Smartphone OS Market Share, 2016 Q3”. <http://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>, Março.
- Luquetti, L., Pires, D. F. e Neto Carvalho, S. (2015), “Desenvolvimento de aplicações para Dispositivos Móveis: Tipos e Exemplos de Aplicações na plataforma IOS”, In: II Workshop de Iniciação Ciêntifica em Sistemas da Informação, Goiânia – GO, pp. 25-29.
- Martins, C.; Antônio, A; Oliveira, C. A. (2013). “Os desafios para mobilização de aplicações baseadas em plataformas Web”, In: Encontro Anual de Computação (Enacomp), P.294-300.
- Milani, A. (2012). “Programando para iPhone e iPad: aprenda a construir aplicativos para IOS”, Novatec, 1 ed.
- MLab (2016), “Documentação Oficial do Mlab”, <https://mlab.com/>, Março.
- MongoDB (2017). “Documentação Oficial do MongoDB”, <https://docs.mongodb.com/>, Março.
- NodeJS (2017). “Documentação Oficial do NodeJS”, <https://nodejs.org/en/docs/>, Março.
- OASIS (2006). “Modelo de Referência para Arquitetura Orientada a Serviços 1.0”, <http://www.pcs.usp.br/~pcs5002/oasis/soa-rm-csbr.pdf>. Março.
- Palmieri, M., Singh, I. e Cicchetti, A. (2012). “Comparison of cross-platform mobile development tools”, In: 16th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks, Berlin, Germany, pp. 179-186.
- W3C (2017). “Padrões de tecnologias web”, <https://www.w3.org/standards/webdesign/>, Março.
- Xanthopoulos, S. e Xinogalos, S. (2013). “A comparative analysis of cross-platform development approaches for mobile applications”, In: Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics (BCI ‘13). ACM, New York, NY, USA, pp. 213-220

## Método da Birrefringência Acústica para Avaliação de Anisotropia em Materiais

Ana Cláudia B. Rezende<sup>1</sup>, Sílvio L. Vieira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola de Eng. Elétrica e de Computação – Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiânia – GO – Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiânia – GO – Brasil

[anacbrz@gmail.com](mailto:anacbrz@gmail.com), [slvieira@ufg.br](mailto:slvieira@ufg.br)

**Abstract.** There is great interest in the use of non-destructive techniques to analyze the integrity of structural components. This work aims to identify the structural anisotropy by means of the ultrasonic technique of acoustic birefringence in two solid materials that were submitted to a symmetry break. The oscilloscope was used as a data acquisition system in conjunction with computational implementation for acoustic birefringence calculations. On average, for points outside the junction between the acrylic bars, it has been found a difference of 95.23% in relation to the value obtained in the zone of rupture. Thus, demonstrating the potential of the method for analysis of anisotropy in materials.

**Resumo.** Há grande interesse na utilização de técnicas não destrutivas para análise da integridade de componentes estruturais. Este trabalho tem por objetivo identificar a anisotropia estrutural por meio da técnica ultrassônica da birrefringência acústica em dois materiais sólidos que foram submetidos a uma quebra de simetria. O osciloscópio foi utilizado como sistema de aquisição de dados em conjunto com implementação computacional para os cálculos de birrefringência acústica. Em média, para pontos fora da junção entre as barras de acrílico, foi encontrada uma diferença de 95,23% em relação ao valor obtido na zona de ruptura. Assim, demonstrando o potencial do método para análise de anisotropia em materiais.

### 1. Introdução

Os processos de fabricação comumente geram tensões internas em materiais. Na indústria, a avaliação de tensões residuais em estruturas é de grande importância por fornecer informações importantes acerca da integridade da estrutura avaliada. As tensões residuais influenciam em características importantes como a resistência e o funcionamento dos elementos estruturais. A soldagem, por exemplo, é um processo que gera tensões devido a contração e expansão desiguais no cordão de solda, na zona termicamente afetada (ZTA) e no metal de base. Em materiais isotrópicos o processo de soldagem introduz uma quebra de simetria no meio, alterando assim as propriedades locais do meio. Existem vários métodos qualitativos e quantitativos de determinação de tensões residuais. De modo geral, tais métodos podem ser divididos em métodos destrutivos e métodos não destrutivos.

Dentre os métodos não destrutivos, destaca-se a técnica ultrassônica. Desde 1929, quando Sokolov, na antiga União Soviética, propôs a utilização da técnica do ultrassom por transmissão para encontrar falhas ocultas em materiais, os testes não destrutivos empregando ultrassom em materiais têm se desenvolvido. Em 1958, Benson e Raelson descobriram o fenômeno da birrefringência acústica, por meio de observações da variação da velocidade da onda transversal conforme sua polarização coincidia ou era perpendicular a tensão aplicada. Desde então, vários métodos foram propostos para análise de tensões residuais em materiais metálicos pela técnica da birrefringência acústica [Bittencourt, 2000], [Lamy *et al.*, 2002], [Ortega, *et al.*, 2003], [Alves, *et al.*, 2012]. Em polímeros termoplásticos tal como o polimetilmetacrilato (PMMA) ou simplesmente acrílico, a técnica da birrefringência acústica também pode ser aplicada [Zhu *et al.*, 2015].

Explorar novas aplicações para a técnica da birrefringência acústica é algo motivador, por se tratar de um procedimento relativamente simples, prático e que pode ser executado de forma rápida. Assim, o estudo de anisotropia estrutural em materiais, tais como aço e resinas termoplásticas, sujeitos a quebra de simetria poderão proporcionar novos horizontes para o emprego dessa técnica em outras áreas como a Medicina. No entanto, para o sucesso dessa abordagem, a aquisição e processamento dos dados são de extrema importância. Processos esses que podem ser realizados empregando um simples osciloscópio e via implementação computacional.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Birrefringência Acústica

Quando uma onda ultrassônica se move numa determinada direção em um meio elástico, a sua velocidade de propagação depende, fundamentalmente, das constantes elásticas de segunda ordem do meio e, portanto da sua simetria estrutural. A presença de um estado de tensões elásticas produz pequenas mudanças na velocidade de propagação (fenômeno conhecido como efeito acustoelástico [Hughes; Kelly, 1953]). A velocidade de propagação da onda ultrassônica passa a depender também das constantes elásticas de terceira ordem. Consequentemente é possível avaliar o estado de tensões da região percorrida pela onda medindo a sua velocidade de propagação.

Na aplicação do ultrassom para medida de tensão utiliza-se o termo da birrefringência ao se empregar ondas cisalhantes e denomina-se birrefringência acústica à diferença fracional da velocidade ou tempo de trânsito da onda ultrassônica, em relação a duas direções perpendiculares, como pode ser visto na Equação (1).

$$B = \frac{V_l - V_t}{\frac{V_l + V_t}{2}} = \frac{t_l - t_t}{\frac{t_l + t_t}{2}} \quad (1)$$

em que  $B$  é o índice de birrefringência acústica,  $V_l$  e  $V_t$  são as velocidades da onda ultrassônica se propagando na mesma direção e polarizadas em direções perpendiculares entre si. Como a onda percorre o mesmo espaço no material, nessas duas direções, pode-se trabalhar diretamente com os tempos de propagação de onda ( $t_l$  e  $t_t$ ).

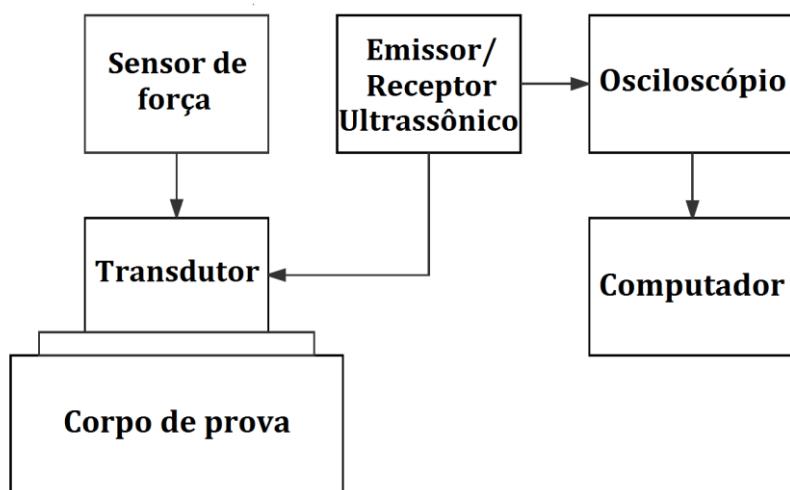
No caso em que a onda ultrassônica é polarizada nas direções de simetria do material, e as direções das tensões principais coincidem com estas direções de simetria a Equação (2) representa a equação para medida de tensão pela técnica da birrefringência:

$$B = B_0 + m(\sigma_1 + \sigma_2) \quad (2)$$

em que  $B_0$  é a birrefringência induzida pela textura, associada a leves diferenças nos módulos de cisalhamento nas direções mutuamente perpendiculares,  $m$  a constante acustoeólica do material, e  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$  são componentes da tensão residual.

## 2.2 Método Experimental

O sistema de aquisição de dados foi montado conforme fluxograma da Figura 1, capaz de gerar, receber e processar as ondas de cisalhamento.



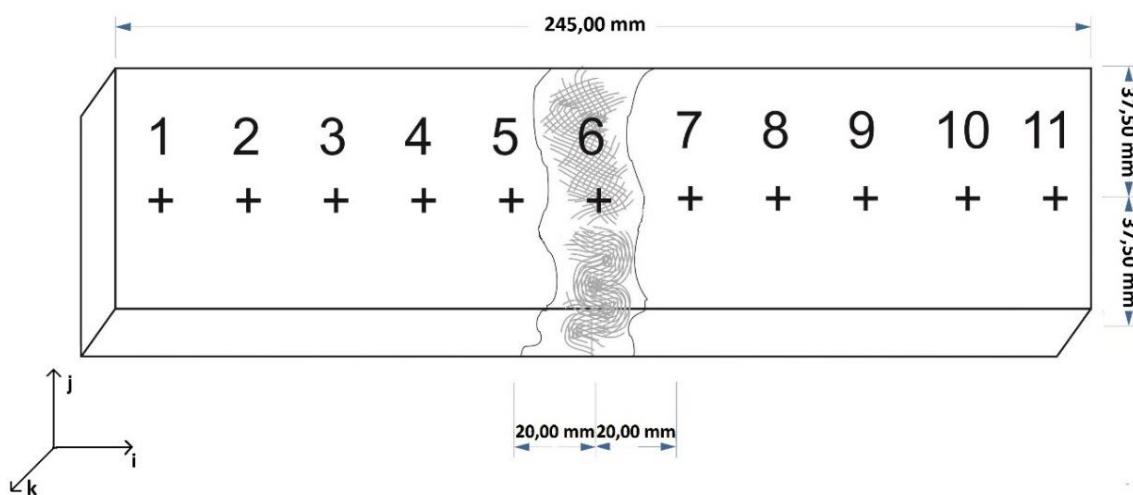
**Figura 1. Fluxograma do sistema ultrassônico utilizado para aquisição dos sinais.**

O arranjo experimental foi composto por um transdutor de contato de ondas cisalhantes e incidência normal (V110-RM, Panametrics, MA, USA) de 5,0 MHz, e diâmetro de 12,7 mm. O transdutor foi conectado a um emissor/receptor de pulsos ultrassônicos (Pulser/Receiver 5072PR, Olympus, PA, USA) via cabo coaxial apropriado, e aos corpos de prova. Um sensor de força (Pasco, Economy Force Sensor, CI-6746) foi utilizado para medir a pressão aplicada ao transdutor, de modo a garantir que todas as medidas fossem realizadas sobre as mesmas condições de pressão. Adotou-se o valor de  $(7,00 \pm 0,03)$  N de pressão para as medições. Os sinais provenientes do transdutor foram visualizados e adquiridos por um osciloscópio (TDS2024C, Tektronix, OR, USA). A base de tempo do osciloscópio foi ajustada para trabalhar em alta taxa de resolução temporal, da ordem de 2,5 ns, de modo a adquirir o tempo de voo da onda ultrassônica com alta precisão. Posteriormente os sinais foram digitalizados, fornecendo o tempo de percurso da onda, possibilitando assim calcular a birrefringência acústica via implementação computacional.

Uma barra de aço de  $[(245,00 \pm 0,05) \text{ mm} \times (75,00 \pm 0,05) \text{ mm} \times (9,00 \pm 0,05) \text{ mm}]$  (comprimento x altura x espessura) foi cortada ao meio, tendo em seguida as suas faces novamente unidas por meio de soldagem elétrica. Assim, o primeiro corpo de prova

utilizado possui o formato de uma barra retangular, que foi usinada de forma que suas faces ficassem paralelas e com a superfície devidamente polida. Em seguida, foram demarcadas regiões ao longo do comprimento da barra, sendo uma no centro (na solda) e as outras dez equidistantes da região central. Em cada região, foram marcados pontos para indicar os locais de acoplamento do transdutor, como ilustrado na Figura 2.

O segundo corpo de prova empregado foi uma barra retangular de acrílico, de dimensões  $[(139,00 \pm 0,05) \text{ mm} \times (29,00 \pm 0,05) \text{ mm} \times (10,00 \pm 0,05) \text{ mm}]$  (comprimento x altura x espessura), de faces planas paralelas e superficiais polida. Como no corpo de prova anterior, também foi realizada uma ruptura e junção no centro da barra. Definiram-se regiões ao longo do comprimento da barra, estando uma região no centro e as outras seis equidistantes, representadas de forma semelhante ao que foi mostrado na Figura 2.



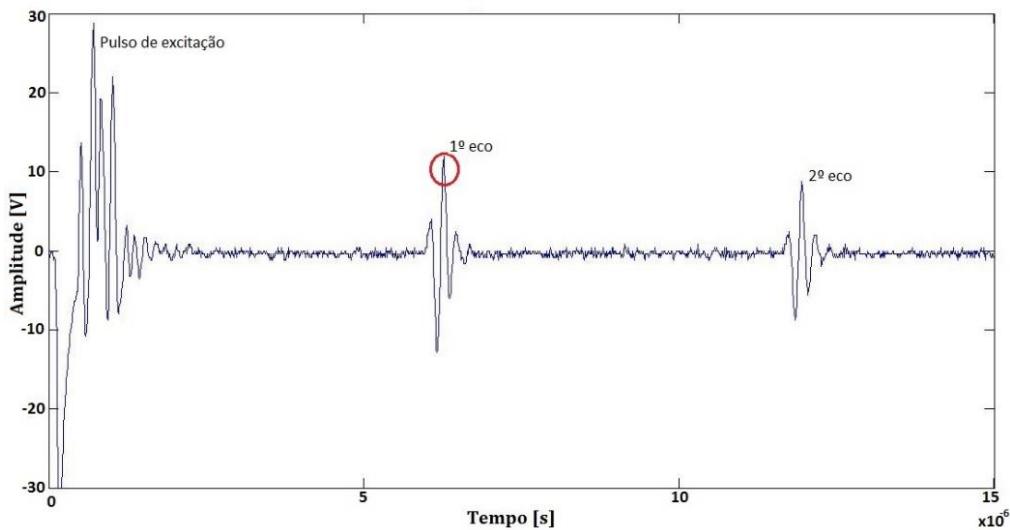
**Figura 2. Diagrama do corpo de prova de aço.**

Para cada ponto foram realizadas oito medições, quatro na direção longitudinal ( $V_l = V_{kj}$ ) e outras quatro na direção ortogonal ( $V_t = V_{ki}$ ) da barra.

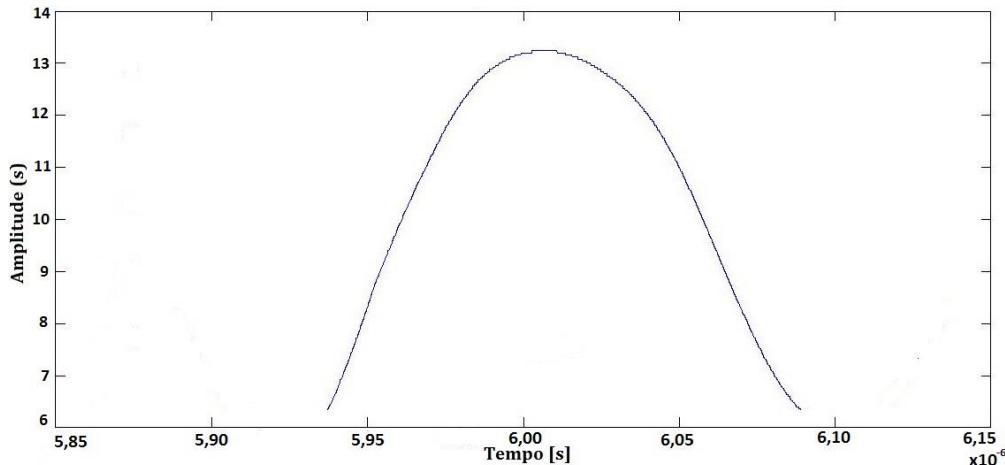
### 3. Resultados

Na Figura 3 podemos observar o sinal original da onda de ultrassom se propagando na barra de aço. Na figura é possível visualizar nitidamente o pulso de excitação e os dois ecos consecutivos.

Na Figura 4, foi ilustrada uma ampliação do maior pico de amplitude do primeiro eco, empregando a resolução temporal de 2,5 ns. O algoritmo foi programado para extrair a amplitude máxima dessa porção do sinal, o qual foi correlacionado com o tempo de propagação da onda no meio.



**Figura 3. Sinal original do ultrassom visualizado na tela do osciloscópio.**



**Figura 4. Sinal ampliado do pico de interesse (maior amplitude do primeiro eco).**

### 3.1 Birrefringência Acústica no aço

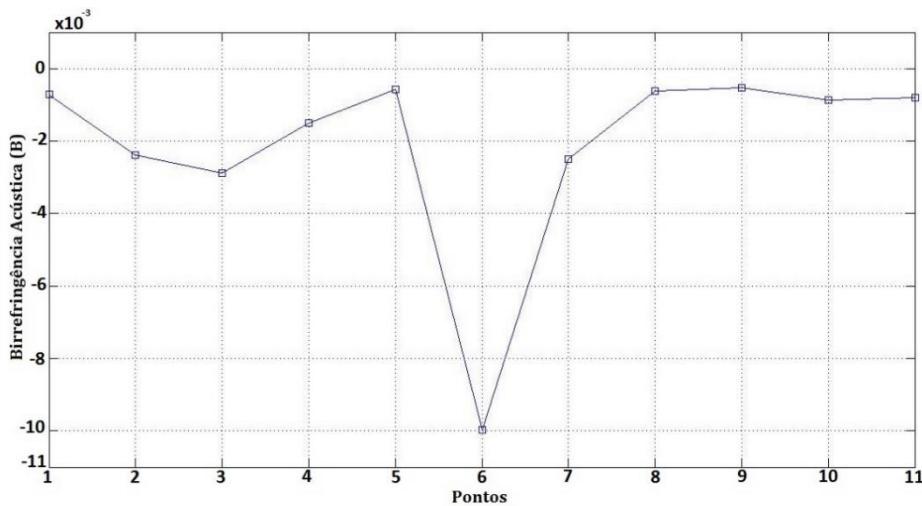
Na Tabela 1 foi apresentado os resultados dos tempos de propagação das ondas cisalhantes nas duas polarizações em cada ponto da placa de aço e sua respectiva birrefringência acústica. O tempo resultante foi estimado do valor médio das quatro medidas realizadas para cada polarização em cada ponto de referência.

Uma análise qualitativa dos pontos na barra de solda permite observar na Figura 5, no ponto 6 (na solda), uma importante anisotropia estrutural. Isto ocorre devido ao cordão de solda, que gerou tensões trativas no material. Nos demais pontos os índices de birrefringência obtidos foram menos expressivos, isto devido a influência do cordão de solda, porém com menor intensidade. Além da anisotropia inerente ao material ( $B_0$ ) foi introduzida uma quebra de simetria no meio através da ruptura do material e posterior consolidação do mesmo por meio da soldagem. A média dos índices de birrefringência acústica para os pontos fora do cordão de solda foi de -0,0013, enquanto na região da

solda o índice de birrefringência atingiu -0,0100, resultando em uma diferença percentual de 87,00%.

**Tabela 1. Tempo de percurso das ondas ultrassônicas cisalhantes com direção de polarização ortogonal ( $t_{ki}$ ) e longitudinal ( $t_{kj}$ ) no aço e índice de birrefringência acústica (B).**

Pontos	Tempo de percurso longitudinal ( $t_{ki}$ ) [ $\mu\text{s}$ ]	Tempo de percurso ortogonal ( $t_{kj}$ ) [ $\mu\text{s}$ ]	Birrefringência Acústica (B)
1	6,1431	6,1387	-0,0007
2	6,1554	6,1407	-0,0024
3	6,1557	6,1380	-0,0029
4	6,1456	6,1364	-0,0015
5	6,0887	6,0852	-0,0006
6	6,0631	6,0027	-0,0100
7	6,1184	6,1031	-0,0025
8	6,1329	6,1291	-0,0006
9	6,1409	6,1377	-0,0005
10	6,1315	6,1282	-0,0009
11	6,1402	6,1353	-0,0008



**Figura 5. Birrefringência acústica na barra de aço.**

### 3.2 Birrefringência Acústica no acrílico

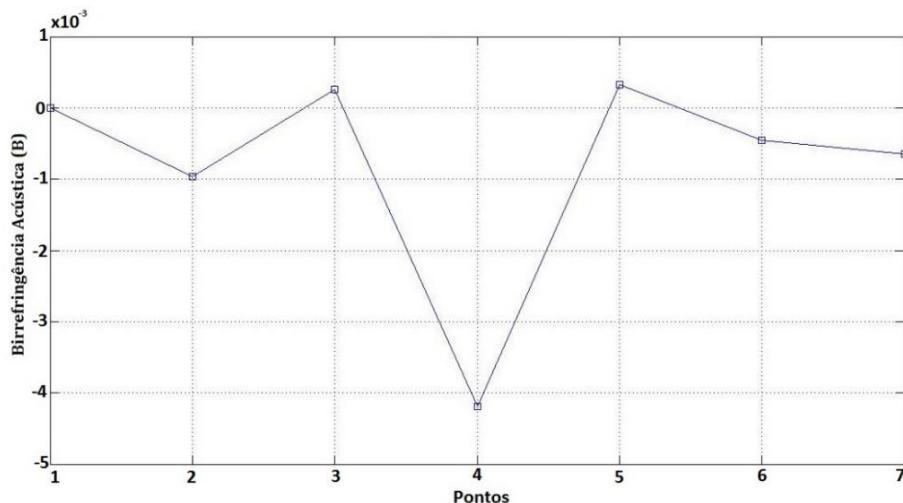
Na Tabela 2 encontra-se descrito os resultados obtidos para o corpo de prova de acrílico.

A resposta no acrílico foi apresentada graficamente na Figura 6, em que observou-se um comportamento similar ao encontrado no aço. Por exemplo, no ponto 4 (região referente à junção entre as peças de acrílico) obteve-se o maior índice de birrefringência acústica. Isso ocorre devido as tensões trativas oriundas do processo de ruptura do acrílico e depois união do mesmo. Nos outros pontos avaliados foram encontrados índices de birrefringência menos expressivos, demonstrando influência pouco significativa do que

ocorreu no ponto 4 no restante do corpo de prova. A média dos índices de birrefringência acústica para os pontos fora da junção entre as peças de acrílico foi de -0,0002, enquanto na região da junção o índice de birrefringência atingiu o valor de -0,0042, resultando assim, em uma diferença percentual de 95,23%.

**Tabela 2. Tempo de percurso das ondas ultrassônicas cisalhantes com direção de polarização ortogonal ( $t_{ki}$ ) e longitudinal ( $t_{kj}$ ) no acrílico e índice de birrefringência acústica (B).**

Pontos	Tempo de percurso longitudinal ( $t_{ki}$ ) [μs]	Tempo de percurso ortogonal ( $t_{kj}$ ) [μs]	Birrefringência Acústica (B)
1	1,5431	1,5431	0,0000
2	1,5522	1,5537	-0,0010
3	1,5423	1,5419	0,0003
4	1,5446	1,5511	-0,0042
5	1,5453	1,5448	0,0003
6	1,5445	1,5452	-0,0005
7	1,5455	1,5465	-0,0006



**Figura 6. Birrefringência acústica na barra de acrílico.**

Assim, por meio da técnica de birrefringência acústica pode-se avaliar propriedades mecânicas microestruturais. No presente estudo, não foi possível fazer uma avaliação do material no estado antes da soldagem, impossibilitando uma estimativa precisa da influência da birrefringência referente a textura ( $B_0$ ). Apesar disso, os resultados apresentados demonstraram que a técnica ultrassônica empregada permite avaliar e quantificar a anisotropia estrutural por meio do índice de birrefringência acústica, e se encontra em concordância com outros trabalhos na área [Ortega *et al.*, 2003].

## 7. Conclusões

O emprego do osciloscópio em conjunto com implementação computacional para estimativa da birrefringência acústica mostrou-se satisfatório e uma ferramenta rápida de análise. O nível de incerteza no processo de coleta do tempo de voo da onda ultrassônica foi da ordem de  $\pm 0,80$  ns. O índice de birrefringência acústica obtido para o aço e para o

acrílico apresentou uma diferença percentual de 87,00% e 95,23%, respectivamente, entre a região de maior anisotropia e os demais pontos.

A técnica da birrefringência acústica mostrou-se eficiente para análise da anisotropia estrutural de materiais isotrópicos. Demonstrando o potencial do ultrassom como ferramenta não invasiva e inócuia ao operador, na detecção de falhas nos materiais analisados. A metodologia aqui abordada forneceu informações importantes para futuros cálculos de campos de tensões residuais.

## 8. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás – UFG pela infraestrutura. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), edital 05/2012, num. 10267001199 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), edital MCTI/CNPq 14/2014, num. 46229820140 pelo apoio financeiro. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da EMC/UFG.

## 9. Referências

- Bittencourt, M. S. Q., (2002) “Desenvolvimento de um Sistema de Medida de Tempo Decorrido da Onda Ultrassônica e Análise do Estado de Tensões em Materiais Metálicos pela Técnica da Birrefringência Acústica”, dissertação de doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.
- Lamy, C. A., Payão Filho, J. C., Bittencourt, M. S. Q., e Areas V. L. F. (2002) “Avaliação por Ultra-som do Tratamento Térmico para Alívio de Tensões”, VI Conferência Sobre Tecnologia de Equipamentos e XXI Congresso Nacional de Ensaios Não Destrutivos, 19 a 21 de ago. de 2002, 10 pp., Salvador - BA, Brasil.
- Ortega, L. P. C., Lamy, C. A., Bittencourt, M. S. Q., Maraes, M. M., e Payão Filho, J. C. (2003) “Avaliação por Ultra-som do Tratamento Térmico de Alívio de Tensões em Componente Industrial”, III Conferência Pan - Americana de Testes Não Destrutivos (PANNNDT), 02 a 06 de junho de 2003, 8pp., Rio de Janeiro-RJ, Brasil.
- Alves, D. S., Albuquerque, M. C. S., Farias, C. T. T., Araújo, M. S. S., Santos, Y. T. B. (2012) “Determinação de Tensões Residuais em Aços Carbono Através da Técnica de Birrefringência Acústica”, XXX Congresso Nacional de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção (ConaEnd) e 16<sup>a</sup> Conferência Internacional sobre Evaluación de Integridad y Extensión de Vida de Equipos Industriales (IEV)”.13 pp., São Paulo – SP, Brasil.
- Zhu, Q., Burtin, C., Binetruy, C., Poitou, A., (2015) “Residual Stress Determination With Acoustic Birefringence in Slightly Anisotropic Polymers”, GeM (Institut de recherche en génie civil et mécanique), CNRS UMR 6183, Ecole Centrale de Nantes, 44321 Nantes, France.
- Hughes, D. S., Kelly, J. K., (1953) “Second order elastic deformation of solids”, Physical Review, v. 92, n. 5, p. 1145-9.

# Modelo para Disponibilização do Prontuário Eletrônico Único do Paciente em Dispositivos Móveis

**Antônio. A. Santos<sup>1</sup>, Henrique J. Q. de Oliveira<sup>1</sup>, José da S. Azanha Neto<sup>2</sup>, Débora V. Canne<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Núcleo de Pesquisas Tecnológicas

Universidade de Mogi das Cruzes (UMC) - Mogi das Cruzes, SP, Brasil

<sup>2</sup>Diretoria de Informática

Universidade Nove de Julho (UNINOVE) - Santo Amaro, São Paulo - SP, Brasil

a.a.s@uni9.pro.br, henrijqo@gmail.com, jose.azanha@uninove.br, debora.canne@uni9.pro.br

**Abstract.** *The Unique Electronic Medical Record model is a proposal to deal with the dispersion of medical records data without having to deal with large volumes of data on care. Thus, this model provides information levels where the synthesis that concentrates the relevant information for the care is highlighted. In this research, a model of access to the Electronic Patient Record in mobile devices and a middleware to negotiate the transactions between them was proposed. The results indicated that middleware accesses are up to six times faster than the direct ones to the grid computing. Thus, the proposed model was adequate in terms of access times and data integrity.*

**Resumo.** *O modelo de Prontuário Eletrônico Único do Paciente é uma proposta para manipular a dispersão de dados dos prontuários sem ter que mobilizar grandes volumes de dados em atendimentos. Assim, esse modelo fornece níveis de informação onde destaca-se a síntese que concentra as informações relevantes para os atendimentos. Nessa pesquisa foi proposto um modelo de acesso ao Prontuário Eletrônico Único do Paciente em dispositivos móveis e um middleware para negociar as transações entre eles. Os resultados indicaram que os acessos pelo middleware são seis vezes mais rápidos do que os feitos à grade computacional. Assim, o modelo proposto mostrou-se adequado quanto aos tempos de acesso e à integridade dos dados.*

## 1. Introdução

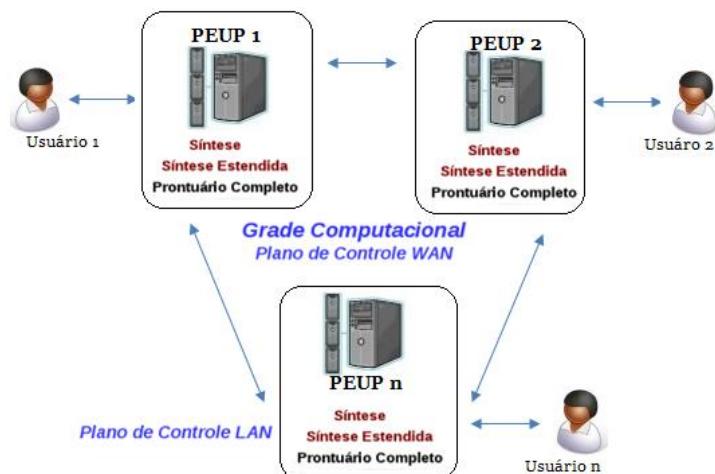
O panorama tecnológico dedicado a apoiar tomadas de decisão na área médica tem evoluído a cada ano, especialmente no que se refere aos métodos e meios para acessar as informações do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) [Marin and Weber 2015]. Por isso, o PEP pode ser acessado e atualizado, por profissionais da saúde, com relativa facilidade [Fritz et al. 2011; Miazaki et al. 2011]. As instituições de saúde têm o dever de guardar o PEP, embora ele pertença ao paciente. Desse modo, o paciente pode solicitar cópia do seu prontuário em qualquer instituição por onde ele tenha passado[Costa 2012]. No entanto, o PEP está fragmentado nas diversas instituições de saúde por onde ele passou [Azanha Neto and Oliveira 2014].

Em trabalho anterior foi elaborado um modelo para unificação do PEP, que passa a ser um Prontuário Eletrônico Único do Paciente (PEUP) [Azanha Neto and

Oliveira 2014]. No entanto, é necessário que o acesso ao PEUP seja facilitado e realizado de forma segura, tanto por profissionais da saúde, quanto pelo próprio paciente [Marin and Weber 2015; Vivanco and Marin 2015]. Atualmente a facilidade de acesso é caracterizada pela acessibilidade e usabilidade nas múltiplas plataformas disponíveis, que inclui os dispositivos móveis.

No modelo de dados proposto o PEUP foi dividido em três níveis de informação, que são: a síntese, a síntese estendida e o prontuário completo. O Nível Um forma a síntese do prontuário, que contém um pequeno volume de dados com os últimos atendimentos, alergias, doenças crônicas, prescrição de medicamentos etc. No Nível Dois, tem-se a síntese estendida com informações complementares do paciente, como os exames realizados. Por fim, no Nível Três, tem-se o prontuário completo [Azanha Neto and Oliveira 2014]. O Nível Um está distribuído em todas as unidades do PEUP e os Níveis Dois e Três são mantidas na Central local do paciente, conforme apresenta a Figura 1. A distribuição dos três níveis do PEUP foi implementada através de uma grade computacional [Azanha Neto et al. 2016; JPPF 2015].

Complementando a proposta apresentada pela Figura 1, este trabalho tem como objetivo de propor e validar um modelo que viabilize a disponibilização da síntese do Modelo do PEUP em dispositivos móveis, de modo que fique em poder do paciente permanentemente e em tempo real, demonstrando um grande avanço para o acesso a informação por parte do mesmo. Assim, a síntese será usada em atendimentos de urgência ou emergência e no acompanhamento regular da saúde do paciente, a qualquer momento e com acesso médico, quando necessário. O acesso à síntese ocorre por meio dos dispositivos móveis do paciente, mesmo que não haja acesso à Internet.



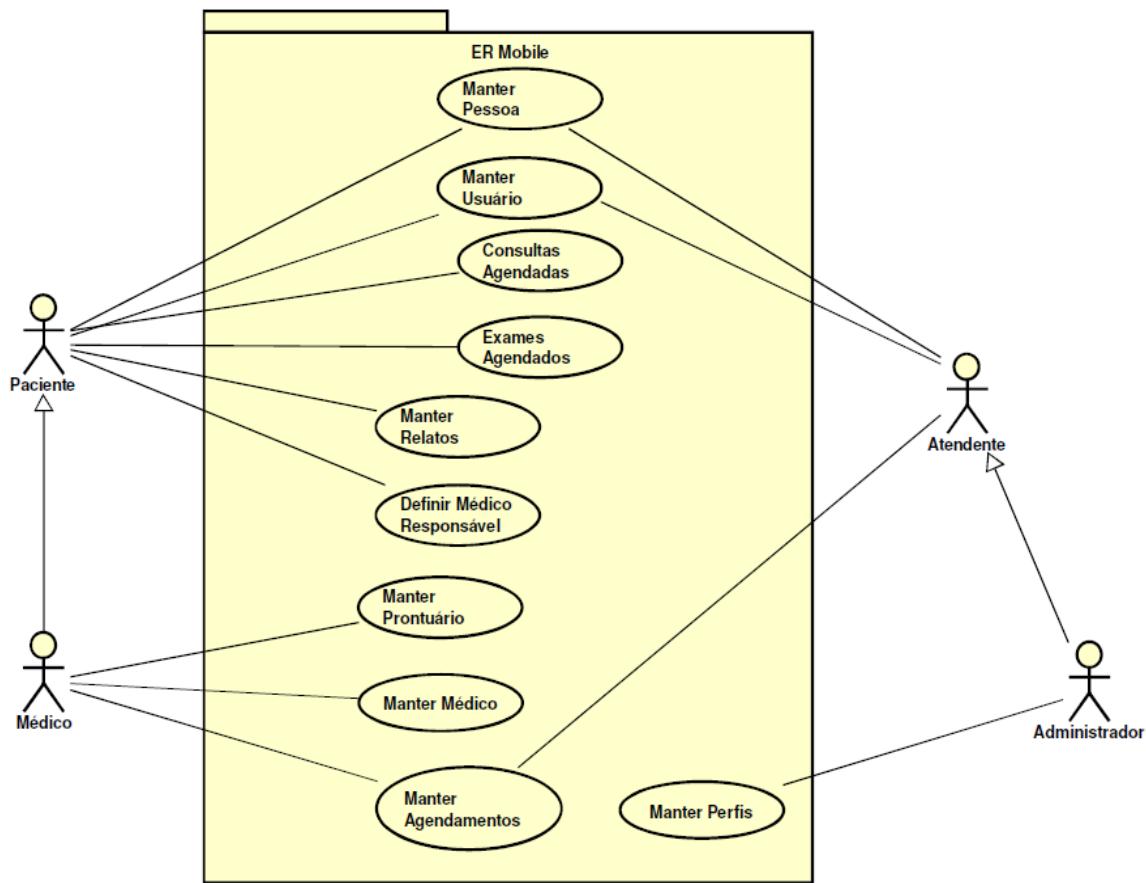
**Figura 1. Modelo do PEUP com três níveis de informação separados geograficamente e interligados por uma grade computacional.**  
Fonte: AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014.

## 2. Materiais e Métodos

Para atender o modelo, foi preparado um ambiente computacional para a realização da prova de conceito para avaliar a viabilidade da proposta. Assim, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis denominado PEUP-Mobile (PEUP-M) que mantém as informações relevantes sobre a saúde do paciente (como a síntese do PEUP) nos seus dispositivos móveis. O PEUP-M também conta com uma aplicação que fica nas centrais

do PEUP para realizar a sincronização dos dados e manter os três níveis de informações do PEUP.

O caso de uso da Figura 2 tem a pretensão de melhor ilustrar as principais funcionalidades do PEUP que envolvem o modelo apresentado pelo PEUP-M.

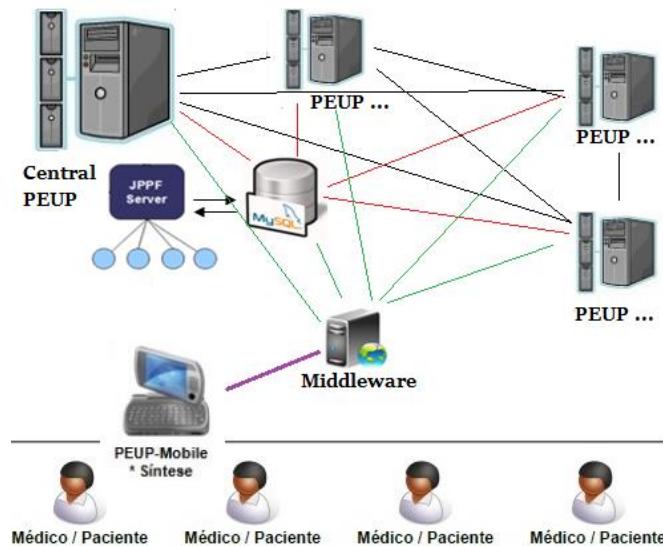


**Figura 2. Caso de uso do modelo PEUP adaptado de (AZANHA NETO, OLIVEIRA, 2014) para o PEUP-M.**

Os softwares necessários para realizar as tarefas pertinentes ao PEUP-M foram desenvolvidos com as seguintes tecnologias: A interface com o usuário do aplicativo Android PEUP-M e a aplicação de controle, que foram desenvolvidos em JAVA e usa o SQLite como gerenciador de dados. Ele acessa e viabiliza a sincronização dos dispositivos móveis com as centrais PEUP, além de permitir a leitura e a inserção de novas informações na síntese. No servidor foi usado Linux Ubuntu como sistema operacional base para instalação da grade JPPF [Azanha Neto et. al. 2016] que foi configurada para responder às solicitações dos pacientes e manter seu PEUP nas centrais. O Glassfish 4 como Web Server foi usado para interagir com o JPPF. O gerenciador de banco de dados MySQL foi usado como repositório dos três níveis de informação do PEUP. Por fim, uma aplicação de *middleware* foi desenvolvida em PHP, MySQL e NuSOAP Web Service para intermediar as transações entre as centrais PEUP e os dispositivos móveis dos pacientes, conforme demonstra a Figura 3.

O fluxo se inicia com o cadastro do paciente e a solicitação inicial da síntese, por meio do PEUP-M, ao servidor de *middleware*. A partir daí o *middleware* mantém a síntese sincronizada automaticamente com as centrais PEUP que gera redundâncias da

síntese nas centrais para viabilizar a comunicação de qualquer lugar e para mantê-la atualizada nos dispositivos móveis. Assim, o PEUP-M aciona periodicamente o *middleware* para enviar as informações que tenham sido atualizadas na síntese dos dispositivos móveis nas centrais PEUP.



**Figura 3. Modelo de acesso proposto dos dispositivos móveis à Central do PEUP. Fonte: Dos autores.**

Quando há novos dados eles são enviados para a base menos atualizada, que verifica a integridade por meio de códigos HASH. Se os códigos estiverem em conformidade, os dados são incorporados à base do PEUP-M. Caso contrário eles são descartados e uma nova solicitação de sincronização é feita. Quando os profissionais de saúde ou o paciente registram novas informações no PEUP, são armazenadas na central mais próxima e uma solicitação de sincronização da síntese é disparada imediatamente para o servidor *middleware*. Assim, o dispositivo móvel do paciente é mantido atualizado em tempo real, sempre que houver comunicação pela Internet.

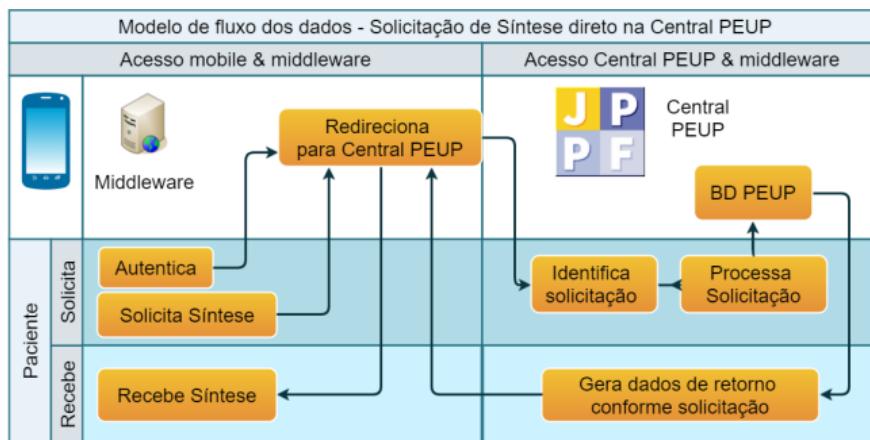
Nos servidores o fluxo acontece da seguinte forma: O *middleware* é acionado pela solicitação vinda da *Web Services NuSoap*. A Central PEUP recebe as solicitações que interage com a grade JPPF [Azanha Neto et al. 2016] e o BD MySQL e devolve a resposta até os dispositivos móveis.

Os servidores demonstrados no modelo da Figura 4 foram implementados sobre uma rede local com a seguinte configuração: Um microcomputador ( $\mu$ C) com Windows onde foi instalado o ambiente de desenvolvimento JAVA, a IDE Netbeans e as bibliotecas JPPF. Em outro  $\mu$ C montou-se Máquinas Virtuais (VM) Linux Ubuntu para configuração da grade JPPF [Azanha Neto et al. 2016]. Em rede pública alugada, foi criado o domínio peup.adm.br e um host peup-sp.no-ip.org no resolvedor de DDNS No-IP.org e um roteador foi configurado para se comunicar com o No-IP e permitir acesso às portas de comunicação que possibilitam executar a Web Server no  $\mu$ C Windows ou nas VMs Ubuntu.

O PEUP-M solicita acesso ao PEUP via protocolo HTTPS pelo domínio peup.adm.br. O domínio peup.adm.br é redirecionado para o No-IP que busca acesso através do Host de usuários cadastrados. O Host do usuário foi configurado no roteador de modo que, sempre que o IP dinâmico de acesso à Internet for alterado, seja

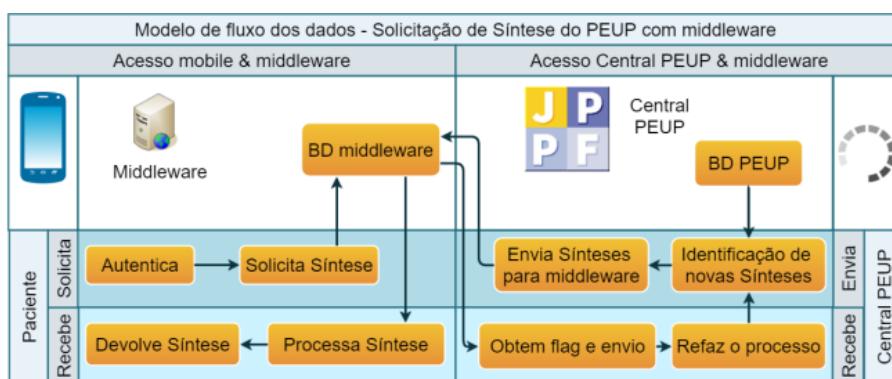
informado ao No-IP. O roteador identifica os IPs da rede local necessários para o funcionamento do acesso aos dados do PEUP.

A primeira avaliação do modelo de fluxo de dados acontece quando se fez uma solicitação da síntese à Central PEUP (Figura 4). A solicitação é realizada a partir dos dispositivos móveis do paciente ao *middleware*, que redireciona solicitação à Central PEUP responsável em processar e retornar os dados ao PEUP-M solicitante.



**Figura 4. Modelo de fluxo de dados - Solicitação de Síntese direto na Central do PEUP. Fonte: Dos autores.**

A segunda avaliação do modelo de fluxo de dados foi realizada com o PEUP-M fazendo a sincronização via Web Server com o servidor *middleware* que concentra as sínteses dos PEUPs de todos os pacientes, conforme Figura 5. Nesse teste foi implantado um aplicativo que fica em execução nas centrais PEUP, encarregado de sincronizar os dados de cada central com o servidor *middleware*. Assim, os testes utilizaram o emulador Android da IDE Eclipse em plataforma MS-Windows. Conectou-se o emulador à grade JPPF [Azanha Neto et al. 2016] por meio da Web Service.



**Figura 5. Modelo de fluxo de dados - Solicitação de Síntese do PEUP com o middleware. Fonte: Dos autores.**

### 3. Resultados

Foram medidos os tempos de resposta sempre que o PEUP-M envia solicitações à Central PEUP, seja através do servidor *middleware*, ou diretamente à grade JPPF. Realizou-se 29 testes de sincronização da síntese para cada um dos seguintes dispositivos: um Tablet Samsung modelo GT-P3100 com Android 4.0 e um Celular LG modelo LG-E467f Android 4.1, ambos acessando diretamente a plataforma JPPF. A

Figura 6 apresenta a tela inicial do aplicativo PEUP-M com as principais funcionalidades para realizar a prova de conceito para avaliar o modelo proposto.



**Figura 6. Tela principal do aplicativo PEUP-M. Fonte: Dos autores.**

Os 29 testes com cada dispositivo foram repetidos fazendo a sincronização pelo middleware e diretamente na grade. Assim, a Tabela 1 apresenta os tempos de resposta para a sincronização de 29 sínteses entre dois dispositivos móveis e as plataformas JPPF ou middleware dependendo do teste executado e apresentou os resultados de média, mediana, desvio padrão e erro padrão.

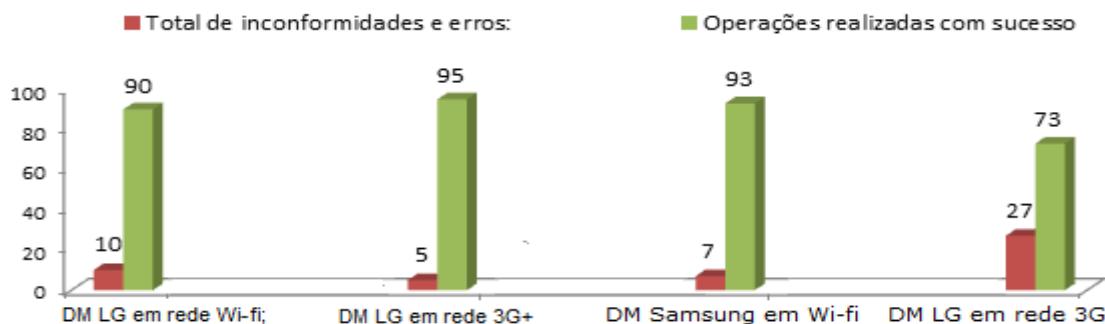
**Tabela 1 – Teste de sincronização entre dispositivos móveis e servidores.**

Tempo de Resposta: Grade JPPF e Servidor em nuvem						
JPPF versus Middleware	Dispositivos Móveis	N.º de Sínteses	Média(s)	Mediana(s)	Desvio Padrão	Erro Padrão
JPPF	Tablet Samsung	29	18,1333	18,0	15,025	0,2743
JPPF	Celular LG	29	17,6667	17,5	16,678	0,3045
Middleware	Tablet Samsung	29	2,8700	2,0	2,7258	0,4977
Middleware	Celular LG	29	2,5700	3,0	0,9714	0,1774

O teste t de Student foi usado para avaliar a influência dos dois modelos de acesso (JPPF e *middleware*) e a independência dos dispositivos móveis e das redes nos tempos de resposta. Os testes indicaram que não há diferenças estatísticas (para  $\alpha < 0,05$ ), ou seja, com 95% de nível de confiança entre os tempos de respostas, em função das redes ou dos dispositivos móveis, quando avaliados separadamente para JPPF e *middleware*. Porém, há diferenças estatísticas quando foram comparados os modelos de acesso. Comparando o tempo de resposta entre o JPPF e o *middleware*, há um ganho significativo em média de 85% do tempo para os dispositivos utilizados.

Mediante a descrição e os resultados apresentados na Figura 7, realizamos os testes de integridade no ambiente onde os acessos ocorreram através do *middleware*, que tiveram os menores tempos de acesso. Foram realizados 100 testes de sincronização para cada combinação de rede e dispositivos móveis. As colunas (da esquerda para a

direita) se referem: Dispositivo LG em rede Wi-fi; Dispositivo LG em rede 3G+; Dispositivo Samsung em Wi-fi; Dispositivo LG em rede 3G.



**Figura 7. Teste de integridade relatando o Sucesso x Inconformidades e erros.**  
Fonte: Dos autores.

#### 4. Discussões

A adoção e a utilização de um PEUP são necessidades que estão longe de serem supridas. Por isso, os desafios devem ser vencidos gradativamente. Dentre eles, há diversos modelos que devem ser desenvolvidos e consolidados. A grande maioria das informações contidas num PEP tem pouca relevância para qualquer atendimento do paciente. No entanto, há um conjunto de informações que não pode faltar. No modelo de banco de dados do PEUP este conjunto foi agrupado na síntese [Azanha Neto and Oliveira 2014]. Entretanto, para que esta síntese esteja realmente disponível, quando necessário, é indispensável que utilize os dispositivos móveis. Assim, neste trabalho foi elaborado um modelo de disponibilização e sincronização da síntese em dispositivos móveis, independentemente de onde ela tenha sido atualizada. Este modelo foi avaliado quanto ao tempo de resposta e à integridade dos dados.

Os acessos, por meio do servidor em nuvem, foram aproximadamente até seis vezes mais rápidos do que os acessos diretos à grade JPPF. Isso ocorre porque o *middleware* tem recursos melhores para gerir as solicitações antes de acessar a grade computacional. Mesmo em conexões de Internet com baixa velocidade é possível fazer a sincronização com os dispositivos móveis, pois a síntese foi elaborada para ter pequeno volume de dados. Em conexões de baixa velocidade os resultados apontam um aproveitamento de 73% de sincronizações íntegras e de 95% quando as condições de rede são adequadas.

Os testes realizados em redes Wi-Fi e 3G+ não apresentaram erros de conexão com o servidor, mas apresentaram maior quantidade de inconformidades. Já os testes realizados em rede 3G (pré-pago), apresentaram 27% de erros de conexão e apenas 1% de inconformidades. Assim, como é de se esperar à medida que o volume de dados dos prontuários aumenta o tempo de resposta também aumenta. Entretanto, isto pode ser resolvido com o aumento dos nós de processamento na grade computacional.

#### 5. Conclusões

Os resultados, obtidos via PEUP-M, indicam que as buscas e as sincronizações da síntese do PEUP com o servidor *middleware* em nuvem foram mais adequadas e com resultados satisfatórios quando comparados aos resultados de acesso diretamente a grade JPPF do PEUP, conforme pode ser visto na Figura 6 apresentada anteriormente. O<sub>160</sub>

método de assinatura através dos códigos HASH garante que os dados sincronizados estejam íntegros para acesso pelo dispositivo móvel. Os valores apresentados nos resultados mostraram que o modelo de disponibilização e sincronização da síntese do PEUP com a utilização de dispositivos móveis é viável, que oferece maior mobilidade de acesso, apresenta tempos de resposta satisfatórios mesmo considerando o acesso via as redes WiFi e 3G+. Assim, conclui-se que o modelo do PEUP-M que foi avaliado pelo ambiente computacional por prova de conceito é viável tecnologicamente e adequado à realidade atual.

Como investigação futura, propõe-se realizar testes com número maior de dispositivos móveis concorrendo a um volume maior de dados, utilizando-se de um cluster de BD no middleware para se apurar resultados mais abrangentes e com melhor tempo de resposta.

## **6. Agradecimentos**

À Universidade Mogi das Cruzes e a Universidade Nove de Julho pela colaboração. A CAPES pelo apoio financeiro.

## **Referências**

- Azanha Neto, J. da S. and Oliveira, H.J.Q. Modelo de Banco de Dados Distribuído para o Prontuário Eletrônico Único do Paciente. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2014.
- Azanha Neto, J. da S., et al. Proposta de Arquitetura em Grade Computacional para o Prontuário Eletrônico Único do Paciente. Anais do Seminário em Tecnologia da Informação Inteligente – SeTII; p. 63, 2016.
- Costa, C.G.A. da. Cartilha Sobre Prontuário Eletrônico: A certificação de sistemas de registro Eletrônico em Saúde. Conselho Federal de Medicina (CFM) e da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. 2012. Disponível em: <[http://portal.cfm.org.br/crmdigital/Cartilha\\_SBIS\\_CFM\\_Prontuario\\_Eletronico\\_fev\\_2012.pdf](http://portal.cfm.org.br/crmdigital/Cartilha_SBIS_CFM_Prontuario_Eletronico_fev_2012.pdf)>. Acessado em: 04 jun 2015.
- Fritz, F., et. al. CIS-based registration of quality of life in a single source approach. U.S. National Library of Medicine (NIH/NLM). BMC Medical Informatics and Decision Making, 2011, Vol.11, p.26-2.
- JPPF. Architecture and topology. Disponível em: <[http://jppf.org/doc/v5/index.php?title=JPPF\\_Overview](http://jppf.org/doc/v5/index.php?title=JPPF_Overview)>. Acesso em 25 mai 2015.
- Miazaki, A.P., et al. Prontuário Único do Paciente: ambulatório de especialidades da Faculdade de Medicina de Jundiaí. Perspectivas Médicas, Volume 22(2) - Julho / Dezembro 2011.
- Marin H.F. and Weber P. Personal Health Record: the Nursing Outlook. J. Health Inform. 2014 Julho-Setembro; 6(3): 89-91. Disponível em: <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/275>>. Acessado em: 30 mai 2015
- Vivanco, C.R. and Marin, H.F. RES – PEP – PPS: Evolução e o novo paradigma sobre a responsabilidade na gestão da saúde do cidadão. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/1040.doc>>. Acessado em 25 abr 2015.

## Gestão de Processos: Alinhamento Estratégico entre TI e Negócio com BPMN

Aryel Evelin Vieira Garcia<sup>1</sup>, Rodrigo Elias Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnologia em Sistemas para Internet – Instituto Federal Goiano – Câmpus Morrinhos  
Caixa Postal 92 – 75.650-000 – Morrinhos – GO – Brasil  
yel.evelin@gmail.com, rodrigo.francisco@ifgoiano.edu.br

**Abstract.** *The Business Process Management is a point important in strategic alignment between information technology and business facing this new reality of the market where it depends on the other to meet and satisfy its customers. This paper presents a case study where the Business Process Management (BPM) methodology was applied, in order to show its importance for continuous improvements in process flows. The Business Process Modeling Notation (BPMN) notation was used to model them. Finally, it is proposed the analysis and modeling of business processes for the definition of requirements in information systems, given their relevance to this strategic alignment.*

**Keywords:** *Business Process Management, Business Process Modeling Notation, Process, Information technology.*

**Resumo.** *A gestão por processos é um ponto importante no alinhamento estratégico entre Tecnologia da Informação e Negócio frente a essa nova realidade do mercado onde um depende do outro para atender e satisfazer seus clientes. Este artigo apresenta um estudo de caso onde foi aplicado a metodologia Business Process Management (BPM), a fim de mostrar sua importância para melhorias contínuas nos fluxos de processos. Foi utilizado a notação Business Process Modeling Notation (BPMN) para a modelagem dos mesmos. Por fim, é proposta a análise e modelagem de processos de negócios para a definição de requisitos em sistemas de informação, dada a sua relevância para esse alinhamento estratégico.*

**Palavras-chave:** *Gestão por Processos, Modelagem, Processos, Tecnologia da Informação.*

### 1. Introdução

Com o aumento do uso da tecnologia e a globalização, as organizações precisam cada vez mais de alinhar seus processos à Tecnologia da Informação (TI). É necessário otimizar a interação e integração entre as áreas da organização para que o negócio tenha sucesso. Processos otimizados proporcionam eficiência e eficácia nos serviços. Com isso, a necessidade de criar e gerir o conhecimento nas empresas começa a assumir um papel importante na implantação de mudanças em seus processos de negócio, diz Moreno e Santos (2012).

O desenho e redesenho de processos têm sido utilizados como forma de melhorias e organização nas empresas, e facilita atividades gerenciais essenciais para a melhoria do desempenho, tais como: gestão de qualidade e indicadores de desempenho, implantação de sistemas de gestão integrados, gerência do conhecimento. As empresas normalmente possuem problemas de comunicação, que dificultam a visão do todo, o que mostra a importância da visão holística proporcionada pela modelagem de processos. Esta abordagem tem causado mudanças positivas no cenário administrativo, e há fortes contribuições de profissionais da área de TI. Jacoski e Grzebieluchas (2011) explicam que os processos apresentam custo, prazos, qualidade de produção e satisfação do cliente, e para melhorar o processo, devem-se reduzir os custos e, junto a isso, aumentar a satisfação do cliente.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de compreender e demonstrar a importância da gestão de processos de negócios em uma organização. Foi realizado um estudo de caso em uma Coordenação de Registros Acadêmicos de Instituição de Ensino Superior (IES), onde foram modelados os seus processos com BPMN. O estudo de caso apresenta, de maneira sintetizada, as relações entre problemas de Sistemas de Informação (SI) e os processos modelados.

## 2. Fundamentação Teórica

A Gestão de Processos de Negócio (BPM) possui tecnologias e metodologias que fazem com que os processos trabalhem de forma integrada e lógica, incluindo todas as pessoas e sistemas envolvidos no processo. Podendo ser funcionários, clientes, parceiros, fornecedores e todos os elementos que tenham que interagir ao longo de seu desenvolvimento. Desta forma, entra a modelagem dos processos, onde a organização tem uma visão ampla e sistêmica do ambiente interno e externo, possibilitando a padronização e o controle de todas as operações envolvidas no negócio.

Segundo o BMP CBOK (2013), modelagem de processos de negócio é o conjunto de atividades envolvidas na criação de representações de processos de negócio existentes ou propostos. Provendo uma perspectiva ponta a ponta ou exemplos de processos primários, de suporte ou de gerenciamento.

Os sistemas de informação (SI) e a gestão de processos de negócio são interdependentes. As organizações frequentemente se deparam com a dificuldade do alinhamento do negócio por diversos fatores, seja pela falta de profissionais, falta de padronização nos serviços ou até mesmo falhas nos SI utilizados. Isso faz com que haja muita burocracia e retrabalho, diminuindo a produtividade e rendimento dos funcionários. Como consequência muitas vezes os objetivos das empresas não são alcançados e acabam perdendo o foco do que realmente gostariam de entregar aos seus clientes, podendo gerar prejuízos. Já as organizações que aplicam o BPM corretamente podem ser beneficiadas ao ter a padronização de serviços e controle de fluxos dos mesmos, de forma que cada um sabe o seu papel. É mais fácil de achar algum erro e interrompê-lo e fazer melhorias contínuas quando se usa o BPM, pois quando se trata de negócios, o ciclo BPM deve ser reajustado e melhorado ininterruptamente para se adequar aos seus clientes e se expandir cada vez mais.

## 2.1. Ciclo do BPM

Para Jacoski e Grzebieluchas (2011) o ciclo do BPM organiza de forma lógica e detalhada cada processo, fazendo com que aumente o valor do negócio. Uma organização é composta por um conjunto de processos, que são as atividades de negócios executadas com o objetivo de agregar valor, realizar os desejos de seus clientes e criar rendimento.

A Figura 1 representa o ciclo do BPM. O ciclo garante na prática, a forma gerencial de todas as etapas dos processos de negócio. Com ele é mais fácil de manter um controle de qualidade elevado, sendo que é possível analisar cada fase de forma simplificada, podendo encontrar erros que impedem a continuidade do ciclo.



**Figura 1. Ciclo do BPM (Dheka, 2017)**

O ciclo BPM permite uma visão ampla e organizada do que está sendo feito e permite melhorias contínuas, fazendo com que os processos se tornem mais ágeis. A visão holística das estratégias de negócio é fundamental para que seja possível avaliar os pontos positivos e negativos de cada fase do ciclo. Identificando os erros de forma mais simplificada e certeira, atribuindo corretamente às responsabilidades em cada etapa do processo.

## 2.2. Modelagem de Processos

A modelagem de processos melhora a compreensão de como funcionam as organizações, pois descreve como cada atividade é realizada. Isso impacta diretamente no bom funcionamento da empresa, já que ocorre uma melhor comunicação e integração do todo de forma simplificada, aumentando o valor do negócio.

De acordo com De Oliveira (2011) é importante, no contexto de modelagem de processos, considerar o suporte a tipos específicos de processos: processos empíricos, cuja especificação de tarefas é feita durante a própria execução do processo; processos definidos, cuja definição de tarefas é totalmente realizada antes da execução do processo; e processos ad hoc.

## 2.3. BPMN

O Business Process Modeling Notation (BPMN), ou Notação de Modelagem de Processos de Negócio, é uma notação para mapeamento de processos de trabalho (TCU,

2013). Notação é um sistema que possui um conjunto de sinais de representação convencional. Existem diversos tipos de notações, o BPMN utiliza a notação gráfica. Ela organiza a sequência de passos das atividades dos autores envolvendo um ou mais processos. Dessa forma é possível analisar e fazer melhorias, tornando-o mais eficiente e eficaz.

Os processos de negócio são representados por atores, atividades e eventos, através de fluxogramas que mostram o passo-a-passo da execução do mesmo. Dentro de um mesmo processo, podem ocorrer variações e subprocessos que possuem responsabilidades específicas dentro de um processo maior. Por ter um conjunto de tarefas próprio, o fluxo dos subprocessos são mapeados em um diagrama separado vinculado ao seu processo principal.

### 3. Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado na Coordenação de Registros Acadêmicos em uma IES, por meio de entrevista com os funcionários do departamento e análise AS-IS e TO-BE.

Na fase AS-IS observou-se como funciona cada processo envolvido, identificando suas falhas, para que na fase TO-BE fossem propostas melhorias juntamente com a modelagem dos processos.

#### 3.1. Metodologia

A metodologia BPM foi aplicada baseada nos trabalhos relacionados citados e pesquisa de campo. Utilizou-se a notação BPMN para apresentar de forma simples e dinâmica os processos executados no setor, de forma que qualquer usuário possa compreender cada parte do desenvolvimento do mesmo. Para este estudo foi utilizado a ferramenta online e gratuita *Draw.io* para a modelagem dos processos.

#### 3.2. Processo para Solicitação de Colação de Grau na Coordenação de Registros Acadêmicos

A escolha do departamento foi devido a sua interação com vários tipos de usuários e servidores da instituição, tais como: discentes, docentes e técnicos administrativos.

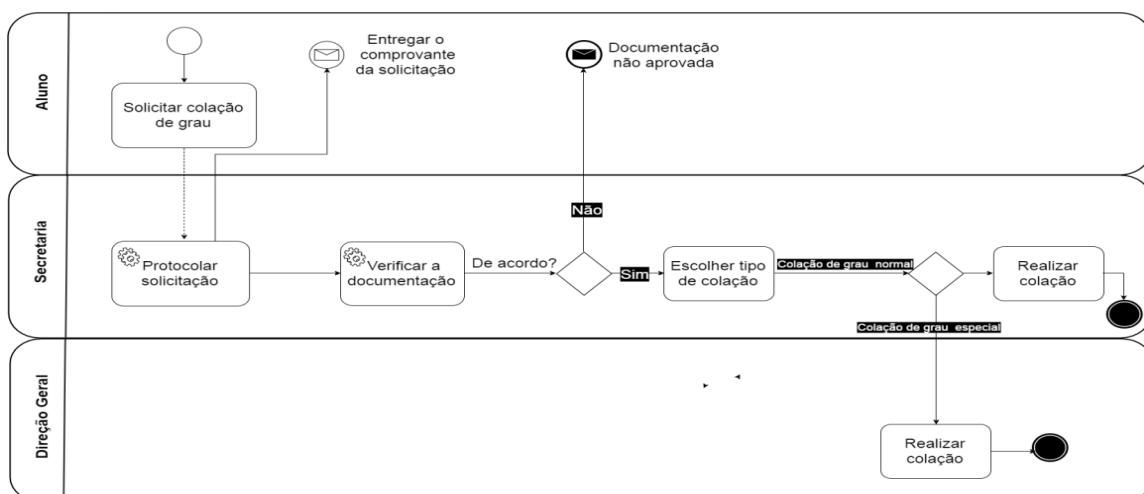


Figura 2. Processo para Solicitação de Colação de Grau

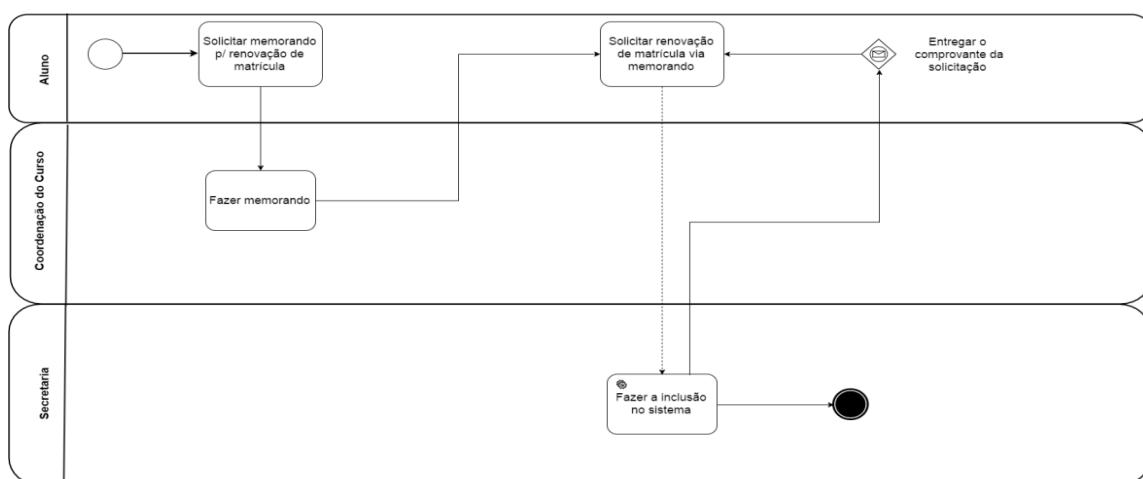
A Figura 2 descreve o processo para solicitação de colação de grau modelado na notação BPMN. Primeiramente, aluno solicita sua colação de grau via formulário que é disponibilizado na coordenação, logo após acontece a etapa de protocolo da solicitação em um sistema web. Depois de protocolado, o documento é entregue o comprovante da solicitação, que é representado pelo evento de início informativo. A próxima etapa é a verificação dos documentos para saber se o aluno poderá colar grau ou não. Nesta etapa não é necessário um subprocesso, pois, toda a documentação necessária e aprovação da mesma fica neste departamento. Diante disso, averiguação é minuciosa. É verificado se o aluno atende todos os requisitos, como: aprovação em todas as disciplinas, carga horária das atividades extracurriculares completa, estágio (se necessário), aprovação do trabalho de conclusão de curso (TCC) e o nada consta da biblioteca. Continuando o processo, tem-se um ponto de controle de fluxo que determina se a documentação estiver de acordo, o processo continua para a próxima etapa. Se não, ele vai para o evento de fim informativo com a mensagem “Documentação não aprovada”.

Com a documentação aprovada, o próximo passo é saber o tipo de colação a ser realizada. Novamente o direcionador de caminho exclusivo (XOR) que direciona o fluxo de um caminho e invalida o outro. Isso vai determinar a direção do processo. Se for colação de grau normal, então a Coordenação de Registros Acadêmicos realiza a colação e tem-se o evento de fim do processo. Se for colação de grau especial, outro departamento irá realizar a tarefa, no caso, a Direção Geral. Do mesmo modo, após a realização da colação finaliza-se o processo.

Nessa modelagem podem ocorrer três diferentes eventos de fim, mostrando a importância de se documentar cada fase dos processos que podem ocorrer essas variações que determinam diretamente o seu resultado.

### 3.3. Processo para Solicitação de renovação de matrícula esporádica na Coordenação de Registros Acadêmicos

A Figura 3 mostra como acontece o processo para solicitação de renovação de matrícula esporádica. Diferente do processo anterior, ele utiliza apenas um sistema web e há um maior envolvimento humano.



**Figura 3. Processo para Solicitação de Renovação de Matrícula Esporádica**

Primeiramente o aluno deve solicitar junta a coordenação do seu curso o memorando solicitando a matrícula esporádica. Após a disponibilização do memorando, o mesmo deve encaminhar o documento para a secretaria. Após isso a secretaria entrega o comprovante de recebimento da solicitação, que é representado pelo evento intermediário informativo. Agora é feita a inclusão desses dados em um sistema web. Neste ponto não é necessário à averiguação para a continuidade do processo, pois esta responsabilidade está atribuída à coordenação do curso. Desta forma, o processo é encerrado.

Neste caso ocorre somente um evento de fim, mostrando uma menor complexidade em relação ao processo de solicitação de colação de grau. Porém, salienta a importância do papel do ator humano em todas as fases dos processos. Pois, se o mesmo não executar de forma correta, não é possível sua eficaz conclusão.

### 3.4. Discussão

Cafezeiro et. al. (2016) apresenta que a área da Ciência da Computação (CC) depende fortemente de aspectos relacionados à informação, e isso é evidente no campo de SI. Assim, o BPMN é uma ferramenta que permite aos profissionais de TI compreenderem melhor as organizações para propor soluções tecnológicas, contribuindo para a área de Engenharia de Requisitos. Quando os SI são colocados em prática, acabam revelando problemas relacionados ao não entendimento do ambiente organizacional.

**Tabela 1. Relação entre Característica de SI e contribuição da modelagem**

Característica SI	Contribuições da modelagem
Integração	Os processos permitem que profissionais de Software compreendam a organização de maneira sistêmica.
Consistência de dados	A visão ampliada dos processos permitem a modelagem de dados guiada pelos objetivos do negócio.
Fronteira com o usuário	A fronteira com o usuário é mostrada pelos processos, permitindo uma melhor compreensão da eficiência do SI.

A Tabela 1 apresenta, de maneira resumida, as características afetadas positivamente em SI quando ocorre o uso adequado do BPM. A integração entre vários *softwares* pode ser necessária para compor um SI, e é evidenciada na Figura 2, pois a tarefa “Protocolar Solicitação” ocorre no *software X* e a tarefa “Verificar a Documentação” depende de outros *softwares*. Esse uso de vários *softwares* pode ser visto como um gargalo, que agora, após a modelagem e compreensão, pode ser automatizado via integração de sistemas. Os processos também propiciam uma melhor consistência de dados, pois em situações onde há mais de um *software* e base de dados os analistas terão condições evitar problemas como a redundância de dados. A fronteira com o usuário exposta no diagrama permite compreender tarefas que não podem ser resolvidas somente com *softwares*, havendo necessidade de intervenção humana, permitindo uma compreensão da eficiência do SI.

#### **4. Considerações Finais**

De acordo com os estudos realizados, conclui-se que com o *Business Process Management* é possível descrever, organizar e visualizar modelos de negócios de forma avaliativa. O BPM trabalha com proposições de valores para a expansão do negócio, unindo pessoas e sistemas para a entrega de serviços aos seus clientes, tendo como ponto principal a padronização e organização das informações, onde entra a notação BPMN para mostrar de forma simplificada o desenvolvimento dos processos e o alinhamento do negócio. Com a aplicação do BPMN é possível fazer uma análise e modelagem aprofundada dos processos da IES, buscando a melhoria e agilidade dos mesmos. O impacto gerado será menos burocracia, mais tempo, dinheiro, qualidade, eficiência, e redução dos custos.

Desta forma, é possível olhar os processos por todos os lados e compreendê-los de forma clara e objetiva sem que haja confusão por parte dos usuários de sistemas. Por isso a importância de haver a maior integração entre eles, visto-que o alinhamento estratégico para esse bom funcionamento depende da gestão e da TI. O departamento de TI acaba recebendo a culpa por muitos problemas organizacionais, porém o bom funcionamento da TI depende de que a organização seja eficiente. A eficiência organizacional pode ser conseguida através de BPM e SI.

Após a modelagem e organização dos processos, sugere-se o desenvolvimento de um software para gestão eletrônica de documentos internos, tais como: memorandos, declarações, comunicados, entre outros. Cujos benefícios irão se adequar a essa realidade e integrando todos os sistemas utilizados. Com isso será possível criar uma padronização de execução de serviços entre os setores e/ou outros campus. Assim, a burocracia tende a ser reduzida, o trabalho será mais produtivo, o custo com impressoras e papéis será menor, contribuindo com questões ambientais, sociais e econômicas.

## 5. Referências

- Cafezeiro, Isabel; COSTA, LEONARDO CRUZ DA; KUBRUSLY, RICARDO DA SILVA. Ciência da Computação, Ciência da Informação, Sistemas de Informação: uma reflexão sobre o papel da informação e da interdisciplinaridade na configuração das tecnologias e das ciências. Perspectivas em Ciência da Informação (Online), v. 21, p. 111-133, 2016.
- Mariano, I. C. (2012). Melhoria de Processos pelo BPM: aplicação no setor público.
- JACOSKI, Claudio Alcides; GRZEBIELUCHAS, Tiago. Modelagem da contratação de projetos utilizando os conceitos de BPM-gerenciamento de processos de negócio. *Produto & Produção*, v. 12, n. 3, p. 29-37, 2011.
- CRUZ, Tadeu. *BPM & BPMS-Business Process Management & Business Process Management Systems*. Brasport, 2008.
- BALDAM, Roquemar; ABEPROM, Associação; ROZENFELD, Henrique. Gerenciamento de Processos de Negócio-BPM: Uma referência para implantação prática. Elsevier Brasil, 2014.
- DE OLIVEIRA, Juliano Lopes. Um componente para gerência de processos de negócio em sistemas de informação. *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, p. 250-261, 2011.
- SELEME, R.; STADLER, H. Controle da Qualidade, as ferramentas essenciais. Curitiba: [s.n]. Ibpex, 2008.
- PIZZA, William Roque. A metodologia Business Process Management (BPM) e sua importância para as organizações. Monografia apresentada no curso de Tecnologia em processamento de dados na Faculdade de Tecnologia de São Paulo-FATEC SP, 2012.
- Brasil. Tribunal Superior Eleitoral. Metodologia de gestão de processos/Tribunal Superior Eleitoral – Brasília: Tribunal Superior Eleitoral, 2012. 190 p.; 23 cm
- MORENO, Valter; SANTOS, LHAD. Gestão do conhecimento e redesenho de processos de negócio: proposta de uma metodologia integrada. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 17, n. 1, p. 203-230, 2012.
- CBOK, BPM. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio Corpo Comum de Conhecimento. Association of Business Process Management Professionals. ABPMP BPM CBOK, v. 3, 2013.
- Dheka. GESTÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO (BPM). Disponível em <http://www.dheka.com.br/solucoes/bpm>. Acessado em 20 de março de 2017.
- Curso de mapeamento de Processos de Trabalho com BPMN e BIZAGI. Disponível em <http://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/mapeamento-de-processos-aula-02-1.htm>. Acessado em 1 de fevereiro de 2017
- Draw.io. Software livre para criação de fluxogramas, diagramas e organogramas. Disponível em: <https://www.draw.io>. Acessado em 1 de fevereiro de 2017.

## Validação de um aplicativo para salão de beleza utilizando a metodologia *Startup Weekend*

Eliane BarrosCarneiro<sup>1</sup>, Brunna Caroline do Carmo Mourão<sup>1</sup>, Thatiane de Oliveira Rosa<sup>1</sup>, Erna Augusta Denzin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Gestão da Tecnologia da Informação - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Paraíso (IFTO)  
Distrito Agroindustrial, BR 153, KM 480 – Caixa Postal 151 – 77.600-000 – Paraíso do Tocantins – TO – Brasil

{elianebarrosebc, brunnacaroline.mourao}@gmail.com, {thatiane,erna}@iftto.edu.br

**Abstract.** This work consists of the validation of an application in the area of beauty using the step-by-step methodology of the startup weekend event. To reach the objective, a bibliographic survey was initially carried out containing the main concepts related to lean startup, business model, startup weekend and the tools commonly used to elaborate from startup. In sequence the steps proposed steps at startup weekend event were executed, culminating in the creation of the business model, the MVP and validating of the developed business. At the end of the study it was possible to verify that the validation process of the application through the methodology startup weekend is feasible.

**Resumo.** Este trabalho consiste na validação de um aplicativo na área de estética utilizando o passo-a-passo da metodologia do evento startup weekend. Para atingir o objetivo, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico contendo os principais conceitos relacionados a lean startup, modelo de negócios, startup weekend e as ferramentas comumente utilizadas para elaboração da startup. Na sequência os passos propostos no evento startup weekend foram executados, culminando na criação do modelo do negócio, do MVP e na validação do negócio desenvolvido. Ao final do estudo foi possível constatar que o processo de validação do aplicativo por meio da metodologia startup weekend é viável.

### 1. Introdução

As startups estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, oferecendo uma variedade de serviços que facilitam atividades do cotidiano da sociedade. Conforme Perin (2016), muitas startups estão direcionadas ao meio corporativo, ajudando em questões de inovações e auxiliando as empresas a ficarem mais enxutas e competitivas, seja empresas privadas ou públicas, seja no ambiente de trabalho para auxiliar em uma melhor gestão e desburocratizar processos ou na resolução de grandes problemas da sociedade. Com essa situação, muitas empresas têm adotado a utilização de startups para alavancar seus negócios, como é o caso do mercado de estética, cenário esse abordado como contexto nesta pesquisa, que é uma área que tem se destacado com seus potenciais empreendedores e crescimento na economia.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC, 2015), do ano de 2010 a 2015 o mercado de estética no Brasil cresceu 567%, sendo que essa ascensão se deu devido ao imenso número de empreendedores que ingressaram nas atividades da beleza. Com isso, o setor passou a movimentar R\$ 38 bilhões anualmente. Além disso, mesmo com os reflexos da crise econômica enfrentados em 2016, pesquisas mostram que os brasileiros não deixaram de consumir produtos e serviços de beleza (ABIHPEC, 2016).

Assim, nota-se que o mercado de estética é uma área muito promissora, a qual possui inúmeros serviços disponíveis, dentre eles destacam-se os salões de beleza, que de acordo com dados do SEBRAE (2015), a cada mês são abertos 7 mil salões de beleza em todo país. A diversificação dos serviços é imensa fazendo que as empresas desse segmento busquem novas estratégias para atender melhor seus clientes e aumentar seu público. Uma das formas é a utilização dos serviços inovadores como as *startups*, que vem a ser um grupo de pessoas que se reúnem a fim de trabalhar numa ideia inovadora, algo que solucione algum tipo de problema. Conforme Perin (2016), as *startups* são um dos principais meios de inovação que ajudam a obter resultados relativamente rápidos, têm como objetivo resolver problemas de uma organização ou sociedade.

Atualmente há uma série de iniciativas que incentivam a construção de *startups*, dentre elas destacam-se eventos que têm como objetivo discutir sobre o tema, mostrar tendências do mercado, apresentar novas *startups*, dentre outros aspectos. Segundo Perin (2016), existem diferentes estilos de eventos no mundo das *startups* como os *Hackthons*, *Demo Brasil*, *Brapps*, *Campus Party*, *Círculo Startup*, *Case*, *Creative Business Cup* e o *Startup Weekend*.

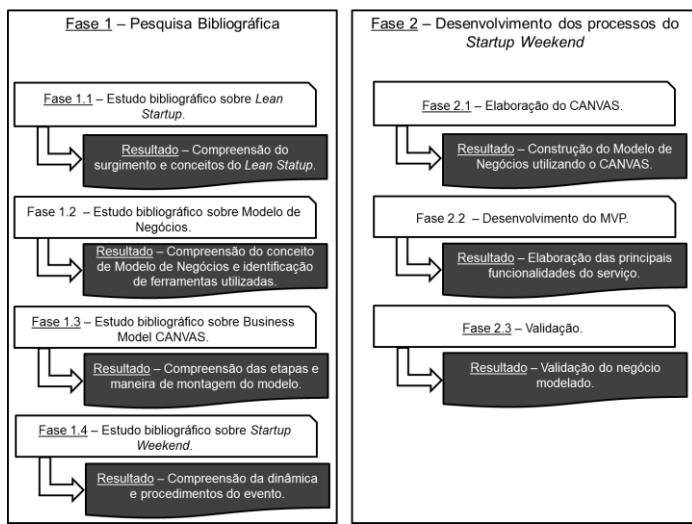
Nesse contexto, torna-se relevante destacar o evento *Startup Weekend* (SW), que propõe realizar a validação de um negócio em tempo recorde. Segundo Nager, Nelsen e Nouyrigat (2012), em apenas 54 horas as equipes constroem produtos/serviços para lançar ao mercado. Sendo esse um tempo de muita dedicação, esforço e trabalho para desenvolver uma proposta e sanar um determinado problema. Perin (2016) corrobora, afirmando que resolver problemas é um novo caminho para chegar à inovação, sendo que as empresas precisam sair do modelo tradicional e acompanhar as revoluções que o mundo oferece, independentemente do ramo do negócio, pois as *startups* estão nos mais variados lugares e o evento *Startup Weekend* permite trabalhar em qualquer segmento. Diante disso, esta pesquisa tem o objetivo de validar o processo de elaboração de uma *startup* em um segmento de negócio na área de estética, por meio da metodologia proposta no evento *Startup Weekend*.

## 2. Materiais e Métodos

A presente pesquisa pode ser classificada como exploratória, composta por levantamento bibliográfico e entrevistas, assim como qualitativa por envolver uma análise subjetiva dos resultados alcançados. A pesquisa dividiu-se em 2 fases, que somadas contribuíram para o andamento e conclusão do trabalho.

A primeira fase teve como objetivo estudar os conceitos de *Lean Startup*, Modelo de Negócios, *Business Model CANVAS* e *Startup Weekend*. A compreensão desses quatro temas foi de fundamental importância para saber trabalhar nesse mundo de sonhos e empreendimento. Portanto, as pesquisas realizadas neste trabalho foram baseadas em sites oficiais, livros e publicações científicas que abordavam sobre o

assunto e que auxiliaram bastante no entendimento dos temas. A Figura 1 apresenta as fases de execução da pesquisa.



**Figura 1 – Fases do desenvolvimento do trabalho.**

Diante disso, a primeira fase é composta por quatro subfases, sendo que em cada uma foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica acerca dos conceitos apresentados: Fase 1.1 – estudo bibliográfico sobre *Lean Startup*, onde foi utilizada como principal fonte os livros “*Startup Enxuta*”, de Eric Ries e “*A Revolução das Startups*”, de Bruno Perin. Nessa subfase objetivou esclarecer o surgimento e o conceito de *startup*, e suas principais características possibilitando que o tema se diferencie de empresas tradicionais. Fase 1.2 – A realização da pesquisa, no tocante “conceito de modelo de negócios”, foi feita com dificuldade por encontrar poucos materiais científicos a respeito do assunto. Além de estarem disponíveis poucas fontes, algumas não satisfatórias. Diante dessa complexidade foram utilizadas as seguintes fontes: *Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor*, de Idalberto Chiavenato; *Manual do empreendedorismo e gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas*, de Luiz Antônio Bernardi e *Business Model Generation: Inovação em Modelos de Negócios*, de Alexander Osterwalder e Yves Pigneur. Contudo foram pesquisadas algumas ferramentas que auxiliam no processo de modelagem de negócios, destacando-se o *Golden Circle* e o CANVAS.

Na Fase 1.3, foi realizado o estudo bibliográfico sobre *Business Model CANVAS*. O objetivo dessa subfase foi compreender todos os quadros que compõem a ferramenta CANVAS. Entender sua estrutura e sequência lógica foi de grande importância para desenvolver o modelo de negócios. A respeito desse modelo foram utilizados o livro *Business Model Generation: Inovação em Modelos de Negócios*, de Alexander Osterwalder e Yves Pigneur. Fase 1.4 – estudo bibliográfico sobre *Startup Weekend*: essa subfase deparou-se com dificuldades ao encontrar o conceito e o passo-a-passo do evento. O objetivo foi compreender a proposta do evento *Startup Weekend* e os processos para validar uma *startup*. Através desse entendimento foi realizada a próxima fase que consistiu em desenvolver os processos do *Startup Weekend*.

Fase 2 - Desenvolvimento do processo *Startup Weekend*: essa fase teve o objetivo de executar três dos quatro passos que compõem o processo do evento *Startup Weekend*, ou seja, Modelo de Negócios, MVP (*Minimum Viable Product* - Produto

Mínimo Viável) e Validação. Portanto, essa fase é composta por 3 subfases, sendo elas: Fase 2.1, onde foi realizada pesquisa em 25 salões e com 79 clientes, a fim de compreender melhor a realidade da área de negócio investigada. Logo em seguida, preencheu-se o CANVAS. Diante disso, o modelo de negócios foi revisado por dois mentores, que são especialistas em *startups*, os quais orientaram e auxiliaram a realizar alterações necessárias, sendo construídas duas versões do modelo de negócio. Fase 2.2 – após concluir o modelo de negócios, foi elaborado o MVP, no qual buscou-se desenvolver um protótipo, construído no Formulário do Google Drive e disponibilizado em uma *fanpage*, com o objetivo de simular os agendamentos para os serviços de salões de beleza. Fase 2.3 – nessa subfase realizou-se o processo de validação do negócio (serviço). Foi realizada a interação do cliente e salão através do protótipo construído na subfase anterior. Simulando assim, a comunicação entre salão de beleza e a *startup*. Após a compreensão e execução das fases da pesquisa, a próxima seção apresenta os resultados alcançados.

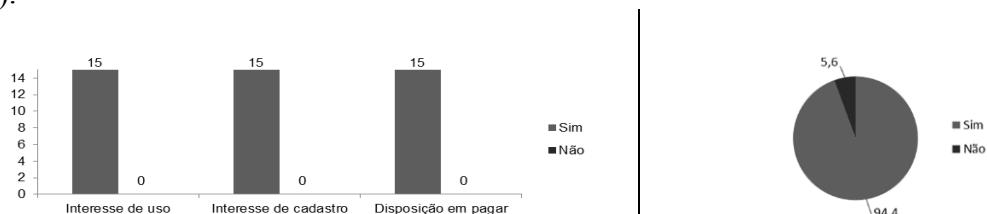
### 3. Resultados e Discussões

Esta seção discorrerá os resultados obtidos na execução do trabalho, sua organização seguirá três dos passos propostos no evento *Startup Weekend*, ou seja, será apresentada a modelagem de negócios, o desenvolvimento do produto mínimo viável e a validação.

#### 3.1. Modelagem do Negócio

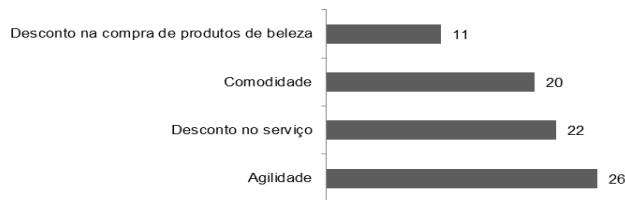
Não existe uma ordem pré-definida a ser seguida no processo de construção do modelo de negócios. Diante disso, em um primeiro momento, pensou-se em implementar uma pesquisa para avaliar as expectativas do mercado, quanto à ideia de negócio. Para a modelagem do negócio utilizou-se a ferramenta CANVAS com o auxílio de dois mentores para analisar e fazer as devidas correções. Concomitantemente foi aplicada uma pesquisa de mercado para saber se as pessoas se interessariam pelo serviço proposto.

Dessa forma, foram elaborados dois questionários, sendo um voltado para os proprietários de salões de beleza e o outro para os clientes. O questionário direcionado às empresas foi enviado para 25 salões de beleza, sendo que o levantamento dessas empresas foi realizado a partir de consultas feitas ao SEBRAE e Prefeitura do município onde o estudo foi executado. Em alguns salões a pesquisa foi realizada pessoalmente, e em outros via e-mail e redes sociais. Com essa estratégia 15 empresas responderam à pesquisa. Em seguida, o estudo foi feito com 79 clientes, desses 35 responderam ao questionário. Com a aplicação da pesquisa confirmou-se no mercado um interesse e necessidade do serviço proposto. Tal fato pode ser constatado na Figura 2 (Lados A, B e C).



A – Pesquisa em salões de beleza

B - Índice de interesse dos clientes no serviço de agendamento.



C – Benefícios esperados com o serviço.

**Figura 2 - Resultado das pesquisas realizadas.**

No que diz respeito ao interesse das empresas (Figura 1 – Lado A), todos os entrevistados responderam “sim”, quando questionados, se utilizariam um serviço de agendamento, caso existisse, e se cadastraria no mesmo. Além disso, todos sinalizaram que estariam dispostos a pagar pelo serviço de agendamento em questão. Quanto à pesquisa realizada com clientes, foi possível constatar que a maioria demonstra interesse em utilizar um aplicativo de agendamento de serviços em salões de beleza, conforme ilustra o Lado B da Figura 2.

Além disso, os clientes entrevistados sinalizaram que os principais benefícios esperados com uso do serviço de agendamento seriam a agilidade e a possibilidade de adquirir descontos (Figura 2 – Lado C). Dessa forma, com base nas pesquisas refinou-se o modelo de negócios, que é apresentado na Figura 3, elaborado por meio do aplicativo “Sebrae CANVAS”.



**Figura 3 - Modelo de Negócio – CANVAS.**

Conforme ilustrado na Figura 3, os “Segmentos de Mercado” são as pessoas que frequentam salões de beleza, pois foram elas que apresentaram maior interesse na utilização do serviço. A “Proposta de Valor” é proporcionar aos clientes maior agilidade e comodidade na hora de agendar serviços oferecidos por salões de beleza. O bloco “Canais” descreveu como o serviço será disponibilizado, que neste caso, será através de uma *fanpage* e loja de aplicativos. No que diz respeito à “Relação com o Cliente”, a mesma será obtida por meio de mail marketing, do aplicativo e *fanpage*.

As “Fontes de Renda” serão geradas por meio de uma taxa mensal no valor de R\$ 50,00, paga pelo proprietário do salão de beleza, a definição desse valor foi obtida através da realização da pesquisa. Vale ressaltar que durante a execução deste trabalho, dois salões de beleza se cadastraram.

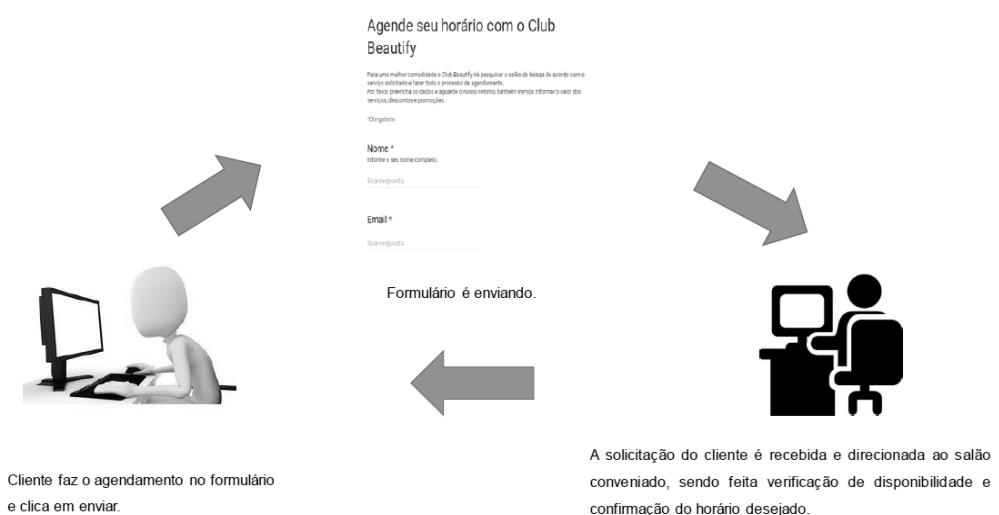
Como “Recursos Chaves” do negócio, tem-se tudo aquilo que será necessário para o empreendimento funcionar, como sala, computador, internet, funcionários, registro de domínio, registro da marca e registo do aplicativo.

No que diz respeito às “Atividades Chave”, identificou-se que essas são os agendamentos de serviços para salão de beleza e, os “Parceiros Chave” são as empresas de salões de beleza. E por fim, como “Estrutura de custos”, para esse modelo de negócio, definiu-se a publicação do aplicativo na loja, internet e manutenção da página, salários e encargos e impostos.

### 3.2. Produto Mínimo Viável

Com o modelo de negócios definido realizou-se o desenvolvimento do MVP, a construção do protótipo foi feita através de um Formulário Online do Google Drive, sendo disponibilizado em uma *fanpage*, para que os clientes tivessem acesso ao serviço de agendamento. Nesse mecanismo, o cliente preenchia seus dados pessoais, como nome, endereço, telefone, e-mail, dentre outros e dados sobre o serviço desejado, como salão pretendido, tipo de serviço, data e horário.

Após esse preenchimento e envio do formulário pelo cliente, a solicitação era recebida pelo salão selecionado, e posteriormente disponibilizado o valor do serviço escolhido. Depois da confirmação do cliente, era necessário apenas que o mesmo se dirigisse ao salão para realizar o serviço contratado. Para compreender melhor o esquema, a Figura 4 apresenta a ilustração do mesmo.



**Figura 4 - Agendamento para Serviço de Salão de Beleza.**

Por se tratar de uma simulação, nesta etapa a comunicação entre a solicitação do cliente, verificação de disponibilidade e confirmação de agendamento foi intermediada pelos autores deste trabalho.

### 3.3. Validação do Negócio

Depois da criação do MVP foi realizado o processo de validação da *startup*, essa etapa é uma das mais importantes, visto que é verificado se a ideia é realmente viável.

Durante o processo de validação, o formulário de agendamento esteve disponível na *fanpage* por seis dias, no qual três clientes agendaram um serviço de salão de beleza e dois salões pagaram a taxa de convênio, no valor de R\$ 50,00. Após a realização do serviço entrou-se em contato com o cliente para saber se o serviço contratado foi realizado.

## 3. Conclusão

A partir dos resultados apresentados é possível verificar que foi viável realizar a validação do negócio proposto utilizando os passos da metodologia *Startup Weekend*, ao executá-la- pode-se perceber que para concretizar a validação foi necessário concluir cada etapa proposta pelo evento, pois para o sucesso da etapa seguinte é necessário ter e analisar os resultados da etapa anterior.

Apesar de não existir uma ordem pré-definida para construir uma *startup*, é importante analisar como as etapas serão realizadas, para não perder tempo. Neste trabalho a aplicação dos questionários e entrevistas foram de fundamental importância para saber a reação do público, quais suas expectativas e considerações, para que assim pudesse refinar o modelo de negócios de acordo com suas necessidades. Sendo que por meio da aplicação dos questionários pode-se obter resultados mais eficazes, pois o modelo de negócios foi melhor definido após a coleta das informações obtidas pelos clientes.

Visto que, cada etapa depende uma da outra, após a definição do modelo de negócios foi possível elaborar o MVP. No decorrer da pesquisa percebeu-se que seu desenvolvimento é crucial, pois é através dele que se tem a possibilidade de realizar os testes do serviço, moldá-lo e obter os resultados da validação.

Sendo assim, os passos do evento *Startup Weekend* foram apenas uma primeira etapa para criar uma *startup*. É importante que todo esse processo seja repetido, e analisado por profissionais a fim de fazer mais testes. Com isso, é possível constatar que através do *Startup Weekend* obtém-se uma validação prévia de um negócio, uma vez que a validação das 54 horas seria apenas o primeiro passo. As fases da metodologia entram num processo cíclico, isto é, criar um modelo de negócio, construir um MVP, validar, analisar os resultados da validação, corrigir o modelo, ajustar o MVP, testar novamente, e assim o ciclo continuará até atingir um bom nível de maturidade. Assim, pode-se observar que a metodologia proposta no *Startup Weekend* é como se fosse um núcleo, no qual faz o negócio acontecer, mas ao invés de realizar uma única vez, a *startup* entrará em processo cíclico para que de fato consiga validar, dando a possibilidade de aprimorar cada vez mais.

Portanto, o serviço de agendamento foi apenas uma simulação, é necessário executar o ciclo novamente para que possa identificar novas estratégias para aplicar as possíveis melhorias, atualizando o modelo de negócios, otimizando o MVP e realizando novas simulações. Como trabalhos futuros propõe-se adotar outras metodologias e ferramentas para modelar um negócio, analisar e comparar os resultados alcançados.

## 7. Referências

- ABIHPEC. Associação Brasileira da Indústria De Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. **MEIS no mercado crescem 567% em 5 anos.** Disponível em: <[www.abihpec.org.br/2015/04/meis-do-mercado-de-beleza-crescem-567-em-5-anos/](http://www.abihpec.org.br/2015/04/meis-do-mercado-de-beleza-crescem-567-em-5-anos/)>. Acesso em: 18 de abr. de 2016.
- BERNARDI, Luiz Antonio. Manual do empreendedorismo e gestão: fundamentos, estratégias e dinâmicas. São Paulo: Atlas, 2012.
- CHIAVENATO, Idalberto. Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor. Barueri, SP: Manole, 2012.
- NAGER; Marc; NELSEN; Clint, NOUYRIGAT, Franck. **Startup Weekend:** Como levar uma Empresa do Conceito à Criação em 54 horas, Rio de Janeiro: Alta Books, 2012. 200 p.
- OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business ModelGeneration. Inovação em Modelos de Negócios.** 1.ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.300 p.
- PERIN, Bruno. **A Revolução das Startups.** O novo mundo de empreendedorismo de alto impacto. 1.ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016. 192p.
- RIES, Eric. **Startup enxuta:** Como Os Empreendedores Atuais Utilizam a Inovação Continua para Criar empresas extremamente bem-sucedidas. 1. ed. São Paulo: Lua de Papel, 2012. 224 p.
- SEBRAE SP. **Microempreendedores individuais do mercado de beleza crescem 567% em 5 anos.** Disponível em: < <http://www.sebraesp.com.br/index.php/42-noticias/empreendedorismo/15720-microempreendedores-individuais-do-mercado-de-beleza-crescem-567-em-5-anos>> Acesso em 15 de jun de 2016.

# Simulação de Semáforo de Automóveis e Pedestres para Aprendizagem Escolar utilizando Arduino

**João Ludovico Maximiano Barbosa<sup>1</sup>, Valterson Balduino Romes Filho<sup>2</sup>,  
Flávia Gonçalves Fernandes<sup>3</sup>, Saulo De Moraes Garcia Júnior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia – MG – Brasil

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Ituiutaba – MG – Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG) – Catalão – GO – Brasil

joaolmbarbosa@gmail.com, valterson.filho@gmail.com,  
flavia.fernandes92@gmail.com, saulomoraes@uol.com.br

**Abstract.** *The automation comprises techniques applied in a given process to make it more efficient and productive, agile and effective, minimizing the human interference on these processes. The creation of automatic systems allows equipment or devices are controlled by means of electronics such as computers, mobile devices, among others. This work presents the simulation of the control car traffic and pedestrians through traffic lights at two intersections using Arduino. Each intersection has three traffic lights for cars and five pairs of traffic lights for pedestrians.*

**Resumo.** *A automação compreende técnicas aplicadas em um determinado processo para torná-lo mais eficiente e produtivo, ágil e eficiente, minimizando a interferência humana sobre estes processos. A criação de sistemas automáticos permite que equipamentos ou dispositivos sejam controlados por meio de eletrônicos como microcomputadores, dispositivos móveis, entre outros. Este trabalho apresenta a simulação do controle de tráfego de automóveis e pedestres por meio de semáforos em dois cruzamentos utilizando Arduino. Cada cruzamento possui três semáforos para automóveis e cinco pares de semáforos para pedestres.*

## 1. Introdução

Atualmente, a cidade de São Paulo possui uma frota aproximada de seis milhões de veículos que trafegam diariamente pelas ruas. A cada ano, 500 mil novos veículos são somados a essa frota. O problema do excesso de veículos em cidades como São Paulo já é uma preocupação antiga, o que levou a Prefeitura de São Paulo, bem como várias outras prefeituras de todo o país, a criarem sistemas, e até mesmo departamentos dedicados ao controle de tráfego de veículos [Mecatrônica, 2015].

No final da década de 70, por exemplo, a CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) foi criada na cidade de São Paulo com a finalidade de “gerenciar” o tráfego, bem como administrar os diversos sistemas utilizados para isso. Nesta época os semáforos eram eletromecânicos, e os recursos para otimizar os ciclos de tempo deles resumiam-se na “programação” dos relés e contactores. Ainda neste período, a frota já atingia 2,5 milhões de veículos, e essa técnica não atendia mais as necessidades do controle de tráfego. Um sistema mais eficiente e, principalmente, inteligente tornou-se

imprescindível. Foi então que se criou o sistema de Semáforos Coordenados (SEMCO) [Exame, 2015].

O sistema SEMCO possuía vários detectores de veículos espalhados pelas ruas e avenidas mais movimentadas da cidade. Dentro de uma sala de controle, os dados de volume de tráfego fornecidos por esses sensores chegavam até os computadores. Os engenheiros de tráfego analisavam esses dados e, então, programavam os semáforos para “temporizar” o ciclo de operação, de acordo com o fluxo de veículos.

Com certeza, o tempo de abertura dos semáforos ficou muito mais otimizado, o que proporcionou uma melhora significativa no “tempo de jornada” dos veículos. Mas, com o passar dos anos, essa técnica perdeu sua eficiência [Jesus et al, 2014].

Este sistema foi projetado para uma frota de 2,5 milhões de carros, e em 1995, a cidade de São Paulo já tinha uma frota de 4,5 milhões de veículos. Novamente, algo mais eficiente deveria entrar em ação [Mcroberts, 2011].

Assim, o objetivo deste trabalho é simular o controle de tráfego de automóveis e pedestres através de semáforos. A construção desse tipo de ferramenta faz perceber que o controle de semáforos não é tão trivial como se parece, para o seu desenvolvimento é necessário conhecimentos e conceitos sobre microcontroladores, eletricidade, eletrônica, robótica, trânsito, fluxo de veículos, entre outros.

## 2. Semáforo de Automóveis e Pedestres utilizando Arduino

Para ensinar como o semáforo de automóveis e pedestres funciona, sem a necessidade de levar as crianças para o ambiente externo, onde elas estão expostas aos riscos do trânsito caótico do dia a dia, construiu-se uma maquete para simular o funcionamento dos semáforos e do transito, o qual pode ser levado para dentro da sala de aula em um ambiente mais tranquilo e seguro. O desenvolvimento desta maquete foi dividido em três partes: parte mecânica, parte elétrica/eletrônica, e parte lógica. Cada uma dessas partes é detalhada a seguir.

### 2.1. Parte Mecânica

Para a montagem da parte mecânica (estrutura da maquete), inicialmente, realizou-se o planejamento de como os dois cruzamentos seriam montados. Para isso, desenhou-se a planta dos cruzamentos no *corelDRAW* que é um software de desenho vetorial bidimensional para design gráfico, com o intuito de se aplicar uma textura (estilo) que deixasse a maquete com um design sofisticado, conforme pode ser observado na Figura 1, e fosse impresso em um adesivo de 100 x 60 cm para ser colado em uma base.

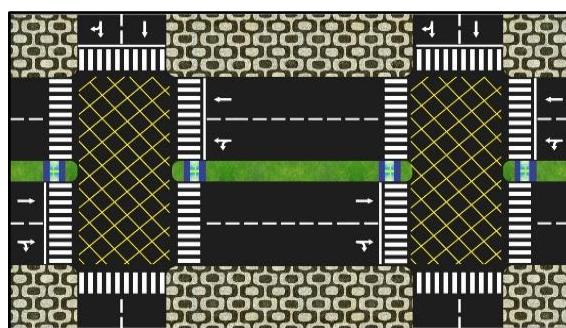
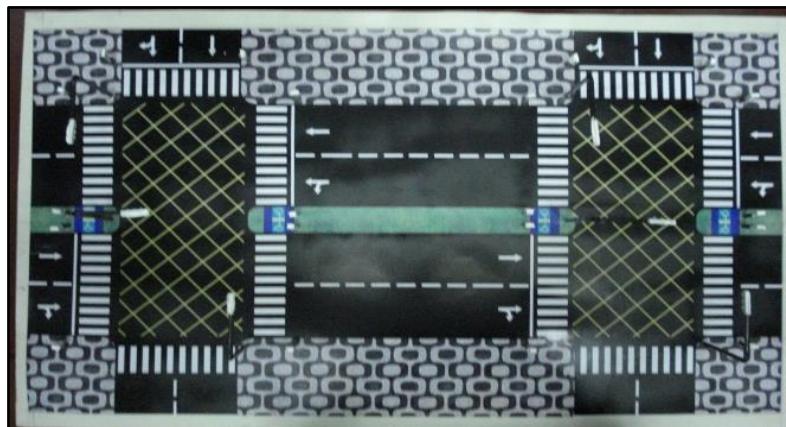


Figura 1: Desenho texturizado no *corelDRAW*.

Posteriormente, cortou-se uma placa de divisória de escritório no tamanho 105 x 65 cm através da serra tico-tico para servir como base da maquete, onde o adesivo com o desenho dos cruzamentos foi colado, de acordo com a representação das Figuras 2 e 3. Ao colar o adesivo na base, notou-se que ele se danificava facilmente, então se resolveu passar três camadas de verniz em spray para protegê-lo.



**Figura 2: Base da maquete com o adesivo - visão superior.**



**Figura 3: Base da maquete.**

Para a confecção dos postes, foram utilizadas varetas de alumínio para dar sustentação e forma para os semáforos. Elas foram cortadas em 6 pedaços de 20 cm para os postes dos semáforos de automóveis e 20 pedaços de 12 cm para os semáforos de pedestres.

Para dar um acabamento melhor nos postes e esconder a fiação dos led's dos semáforos, utilizou-se canudos dobráveis na cor preta. Antes de dobrar os postes dos automóveis foi necessário passar a fiação dentro do canudo, pois o mesmo não passava pela vareta dobrada. Para fixar os postes na vertical sobre a maquete, perfurou-se ela com uma furadeira no local onde os postes seriam colocados, e com cola auradite e cola quente (silicone) firmou-se eles na vertical.

Os encaixes dos led's para os semáforos foram feitos através de canaletas de alumínio, que foram cortadas no tamanho de 3 cm para os semáforos de automóveis e 2 cm para os de pedestres, e com uma furadeira de bancada, realizou-se os furos de 3 mm para encaixar os led's.

Na próxima etapa, o led de alto brilho na cor vermelha apresentava um tamanho ligeiramente maior do que os led's de cor verde e amarelo, sendo necessário aumentar o raio de furo em que o led vermelho seria conectado. Para dar um acabamento na parte de trás da canaleta, utilizou-se gesso em pó.

Na Figura 4, pode-se visualizar a foto da maquete finalizada e em operação.

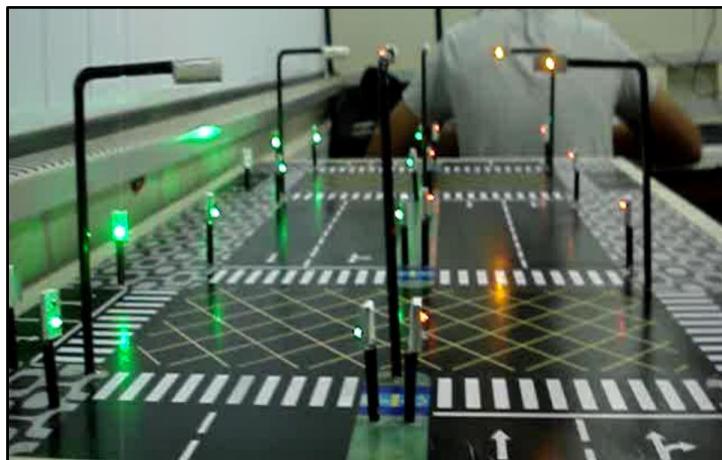


Figura 4: Maquete finalizada em operação.

## 2.2. Parte Elétrica/Eletrônica

Esta parte consiste em ligar led's através do Arduino.

Os led's podem ter os seguintes formatos: redondo (mais comum), triangulares, retangulares, etc. Os tamanhos comerciais deles são de 3 mm, 5 mm, 10 mm e smd. As cores mais comuns de led's são: vermelho, verde, amarelo, branco, azul e violeta. O encapsulamento dele pode ter a sua cor ou pode ser também transparente. A intensidade de brilho dos led's podem variar, sendo que os comuns não servem para iluminar, e sim para sinalizar; existem também os chamados “led's de alto-brilho”, que a cada dia que passa, fornecem mais ‘mcd’ (milicandela, unidade que mede a intensidade de uma fonte de luz). Um led comum fornece em média 150 mcd, enquanto um led de alto brilho fornece no mínimo 2000 mcd [Felfoldi, 2015].

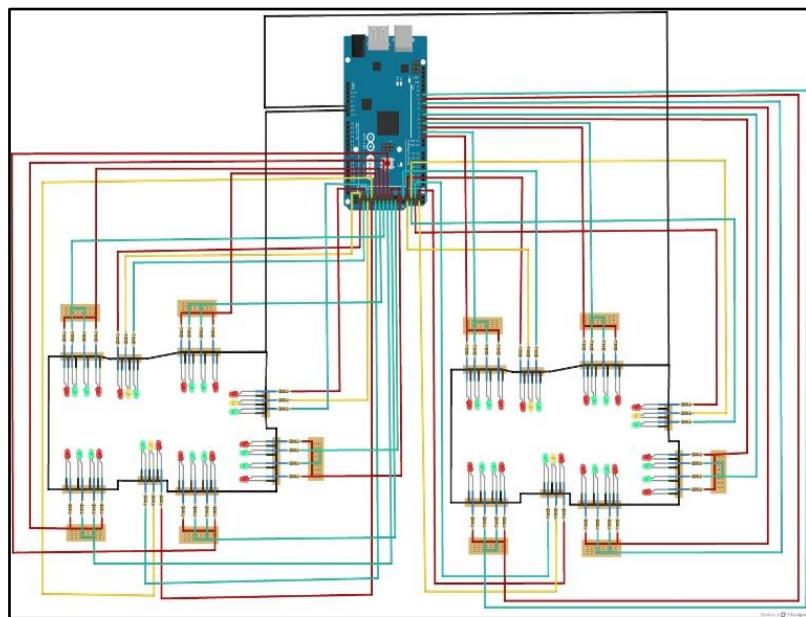
Para este trabalho escolheu-se utilizar led's de alto-brilho de 3 mm redondo, devido ao seu tamanho pequeno e alta intensidade de brilho.

Para se utilizar os led's, aconselha-se colocar um resistor em série que limita a corrente que passa por ele. Embora a corrente aconselhada para cada LED seja de 20mA, cada LED possui uma corrente e tensão média de trabalho, que vai variar de acordo com sua cor [Felfoldi, 2015]:

Neste trabalho, a tensão da fonte de alimentação é 5 V, sendo o valor liberado por uma porta definida como saída no Arduino em nível alto. Para o cálculo dos resistores, não se levou em conta a tensão e corrente de cada cor de led, adotando um valor padrão para todos eles que foi de 2,2 V e 20 mA, o que resultou num resistor de  $140 \Omega$ . Porém, como este resistor não foi encontrado no mercado local, comprou-se 58 resistores de  $150 \Omega$  para reduzir a corrente de cada um dos 58 led's a serem utilizados.

Os seis semáforos de automóveis foram construídos, cada um com três led's (vermelho, amarelo e verde), onde destes seis semáforos, três foram alocados no

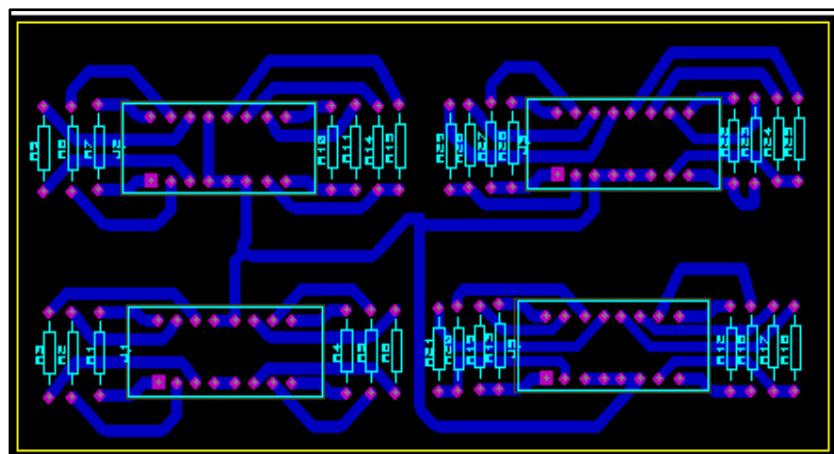
cruzamento A e três no cruzamento B. Os vinte semáforos de pedestres foram construídos, cada um com dois led's (vermelho e verde), onde destes vinte semáforos, dez foram alocados no cruzamento A e dez no cruzamento B, sendo um par de semáforos de pedestres para cada travessia de rua a ser controlado, ou seja, do cruzamento de seis travessias, cinco são controlados por semáforos de pedestre. Na Figura 5, pode-se observar o diagrama de ligação dos componentes eletrônicos para a montagem do circuito.



**Figura 5: Diagrama de ligação dos componentes eletrônicos.**

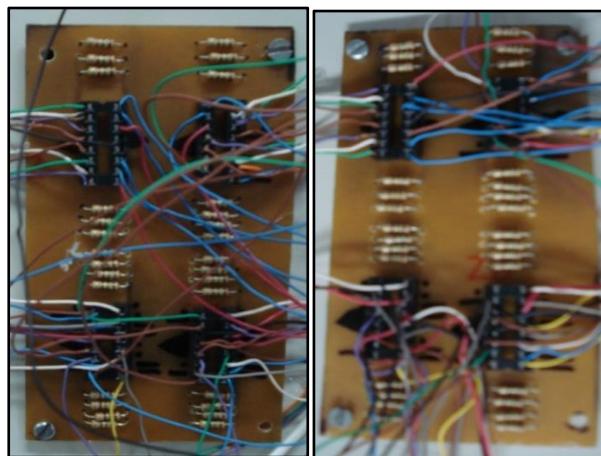
Para a prototipagem do circuito, montou-se uma placa de circuito impresso para cada cruzamento. Onde o *layout* da placa com a ligação dos componentes foi realizado no *Proteus*, que é um *software* que contém um ambiente de simulação de circuitos eletrônicos *ISIS* e um ambiente para desenho de circuito impresso *Ares Professional*. Desta maneira, montou-se a placa eletrônica de tal forma onde os pinos da esquerda de cada *socket* são utilizados para conectar os fios de comando do Arduino, e os pinos da direita são utilizados para conectar os led's.

Assim, através do diagrama de ligação dos componentes da placa de controle de um cruzamento, gerou-se o circuito impresso, o qual pode ser observado na Figura 6.



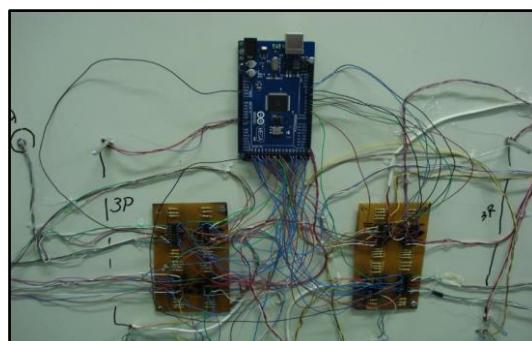
**Figura 6: Circuito impresso gerado no PROTEUS ARES.**

Com o desenho do circuito impresso pronto, realizou-se a confecção da placa, a qual consistiu em imprimir o circuito em uma transparência através de toner. Este procedimento foi necessário para que o toner passasse para a placa de fenólite quando submetido ao calor de um ferro de passar roupa. Posteriormente, corroeu-se o cobre com o percloroato de ferro. Depois, estanhou-se as trilhas do circuito. E, por fim, soldou-se os componentes na placa. Na Figura 7, pode-se observar as placas criadas para cada cruzamento montada na maquete.



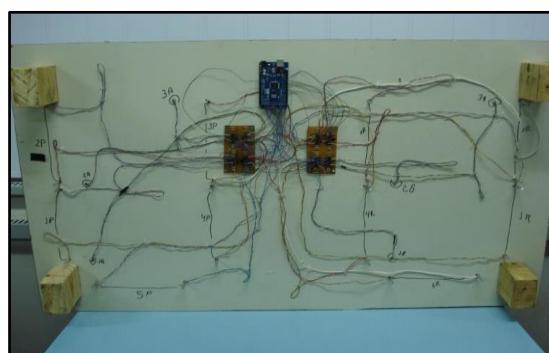
**Figura 7: Placas criadas para a ligação dos componentes de cada cruzamento.**

Na Figura 8, é mostrada a conexão das placas de controle de cada cruzamento ao Arduino.



**Figura 8: Conexão das placas de controle de cada cruzamento ao Arduino.**

E na Figura 9, pode-se observar o circuito montado na maquete.



**Figura 9: Circuito eletrônico montado na maquete.**

### 2.3. Parte Lógica

Para a codificação do algoritmo de controle do tráfego de veículo através de semáforos, criou-se duas estruturas (registros): uma para guardar os dados referentes aos semáforos de automóveis e outra para guardar os dados referentes aos semáforos de pedestres. Para cada cruzamento, foram criados dois vetores: um do tipo da estrutura de automóveis para guardar os seus respectivos semáforos do cruzamento, e o outro do tipo da estrutura de pedestres para guardar os dados dos seus respectivos semáforos do cruzamento.

Dessa forma, para facilitar o controle dos semáforos e reaproveitar o código de comando referente aos dois cruzamentos, foram criadas duas funções:

- **semaforo\_cruzamento:** Esta função recebe como parâmetro um vetor da estrutura semáforo que contém os dados dos semáforos de automóveis de um cruzamento, e outro vetor da estrutura pedestre que contém os dados dos semáforos de pedestres do cruzamento. Nesta função, o primeiro semáforo de automóvel do vetor é colocado para verde e os demais colocados para vermelho. Ela ainda coloca sinal vermelho para todos os semáforos de pedestres. E depois coloca verde para os semáforos de pedestre que devem ser acessos quando o primeiro semáforo de automóveis do vetor é verde. O número de semáforos de pedestres que devem ser acessos se encontra na estrutura semáforo no atributo pedestre.
- **vermelho\_pedestres:** Esta função recebe como parâmetro um vetor da estrutura pedestre, que contém os dados dos semáforos de pedestres de um cruzamento, em que todos os led's verdes destes semáforos são apagados e os vermelhos são acessos.

Para o controle dos semáforos de automóveis, trabalhou-se com fila, onde um semáforo de automóvel, quando passa do sinal verde para amarelo, e depois para vermelho, é colocado no final do vetor de semáforos de automóveis, e os demais são movidos uma posição para frente. Dessa maneira, um outro semáforo passará para verde através da função `semaforo_cruzamento`, tornando o controle mais simples. Quando o tempo verde de um semáforo de automóveis estoura, o sinal amarelo é ativado. E quando o tempo amarelo é atingido, acontece o processo citado acima.

Depois da simulação pronta, foram realizados alguns testes, montando-se uma tabela com o tempo de abertura dos semáforos de automóveis. A partir dessa tabela, o tempo de cada um dos semáforos foi sendo ajustado, de tal forma que se obteve a simulação de uma linha verde na avenida principal. É importante ter uma linha verde para que o trânsito flua continuamente, não necessitando parar a cada semáforo. Assim, os semáforos da avenida principal abrem (sinal verde) de tal maneira que, ao transitar por ela, o veículo depara-se com todos os semáforos na cor verde (abertos).

## 3. Conclusões e Trabalhos Futuros

Portanto, percebe-se que a automação não se resume apenas ao ambiente industrial. Cada vez mais encontram-se prédios inteligentes, estradas automatizadas, semáforos que pensam, entre outras tecnologias.

Isso é apenas mais um dos indicativos de que o profissional de eletrônica e áreas correlatas tem um enorme desafio pela frente: a constante atualização dos conhecimentos.

Este trabalho auxiliou a visualizar de maneira prática como os microcontroladores podem ser empregados, e que isso é de suma importância para o aprendizado de qualquer engenheiro.

A principal dificuldade encontrada para a realização deste trabalho foi devido ao pouco conhecimento e experiência que se tinha sobre o assunto, porém não impossibilitou de realizar pesquisas e estudar mais detalhadamente os conceitos envolvidos para a sua construção. Isto possibilitou compreender melhor a importância da metodologia e organização para o planejamento e execução prática do trabalho.

Também foi verificado durante a execução deste trabalho a correlação existente entre os conceitos elétricos e eletrônicos, e como eles funcionam na vida real.

Ao levar este material para a sala de aula percebeu-se um grande interesse por parte das crianças por ser uma representação do cotidiano da vida delas, permitindo que elas aprendam e interajam um pouco mais sobre o trânsito sem correr riscos.

Como trabalhos futuros, pretende-se simular um sistema de trânsito completo de uma cidade, ou seja, acrescentar um maior número de cruzamentos e semáforos de veículos e pedestres. Com isso, pode-se promover um melhor entendimento sobre o funcionamento do sistema de trânsito brasileiro e auxiliar na prevenção e solução de problemas.

## Referências

- Felfoldi, L. LEDs : O que você precisa saber. ToniEletrônica, 2011. Disponível em: <<http://www.te1.com.br/2011/02/leds-o-que-voce-precisa-saber/#axzz2g7Y08B54>>. Acesso em: 22 set. 2015.
- Jesus, Wander; Gibson, Carol; Langkammer, Isabelle; Junio, Evandro; Nascimento, Daniel; Lelis, Pietro; Rodrigues, Thelma Virgínia. Semáforo inteligente para deficientes visuais: tecnologia assistiva em prol da inclusão social. In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2014.
- Mcroborts, Michael. Arduino Básico. Primeira Edição. São Paulo: Novatec Editora, 2011.
- Revista Exame. Semáforo inteligente melhora trânsito em até 30%. 2012. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/semaforo-inteligente-melhora-transito-em-ate-30>>. Acesso em: 22 set. 2015.
- Revista Mecatrônica Fácil. Semáforos inteligentes. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1251-semforos-inteligentes>>. Acesso em: 22 set. 2015.

# Utilização de *JSON Web Token* na Autenticação de Usuários em APIs REST

**Lucas Souza Montanheiro<sup>1</sup>, Ana Maria Martins Carvalho<sup>1</sup>,  
Jackson Alves Rodrigues<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (IF Goiano)  
Caixa Postal 92 – 75.650-000 – Morrinhos – GO – Brazil

<sup>2</sup>Departamento de TI – Grupo Privé  
Rua do Balneário, Quadra 10, Lote 19 – Caldas Novas – GO – Brazil  
lucasmontanheiro10@gmail.com, ana.carvalho@ifgoiano.edu.br,  
alves.j@live.com

**Abstract.** *The implementation of user authentication methods by developers is a complex task, sometimes done imperfectly and thus pose serious risks to current applications. Coding failures of these methods are considered critical and are generalized prevalence currently. This article proposes to use the open standard JSON Web Token for a correct and secure implementation of user authentication in web applications that use REST APIs.*

**Resumo.** *A implementação de métodos de autenticação de usuários por parte de desenvolvedores é uma tarefa complexa, algumas vezes é feita de forma imperfeita e, portanto, trazem sérios riscos para as aplicações atuais. Falhas na codificação desses métodos são consideradas críticas e tem uma prevalência generalizada atualmente. Esse artigo propõe a utilização do padrão aberto JSON Web Token para uma implementação correta e segura de autenticação de usuários em aplicações web que utilizam APIs REST.*

## 1. Introdução

Com o crescimento de equipamentos conectados, que se comunicam a sistemas, faz-se necessário que as informações que trafegam na rede sejam transmitidas de maneira segura e rápida. Pensando na velocidade da transmissão é necessário que se façam otimizações em serviços para que consumam poucos dados, graças a isso, o desenvolvimento de APIs REST está em ênfase na atualidade e seu uso vem crescendo a cada ano. Os navegadores modernos incluem o suporte nativo ao JSON (*JavaScript Object Notation*) o que vem colaborando para a sua adoção em aplicações [Pompeu et al. 2015] [Jones 2011] [Saudate 2014].

O REST (*Representational State Transfer*) é uma arquitetura de *web services* proposta em uma tese de doutorado de Roy Fielding. Tal arquitetura utiliza o protocolo de comunicação HTTP/HTTPS e formatos de dados mais simples, quando comparado ao seu antecessor, o SOAP (*Simple Object Access Protocol*), que utiliza exclusivamente o formato de dados XML (*eXtensible Markup Language*), que é mais complexo do que o formato popularmente utilizado em API com a arquitetura REST, o JSON. Uma vez que o formato de dados é mais simplificado, os esforços para a comunicação são menores ao utilizar a arquitetura REST, resultando em melhor performance quando

comparados a utilização de SOAP [Fielding 2000] [Ribeiro e Francisco 2016].

De acordo com a *Open Web Application Security Project* (OWASP), uma organização que tem por objetivo encontrar e combater as causas e riscos de falhas em aplicações web, a “Quebra de Autenticação e Gerenciamento de Sessão” é uma falha de prevalência generalizada e de severo impacto, sendo classificada como segunda falha mais perigosa em aplicações web. Esse portanto, é um dos principais motivos de se pesquisar e investir métodos seguros de autenticação de usuários em aplicações [OWASP 2013] [Souza 2012].

Desenvolvedores frequentemente implementam a autenticação em suas aplicações de maneira personalizada, mas a implementação correta é difícil, uma vez que muitos não protegem as credenciais de autenticação utilizando *hash* ou criptografia, e em determinadas situações utilizam uma criptografia fraca, que pode ser quebrada facilmente por um atacante. Algumas vezes, essas falhas são difíceis de serem encontradas, já que cada implementação é feita de maneira diferente da outra, dai a importância de se utilizar de bibliotecas e ferramentas específicas para a autenticação e controle de autorização de usuários [OWASP 2013]. Este artigo propõe a utilização do padrão aberto *JSON Web Token* para a implementação segura de um método de autenticação de usuários em aplicações web, como será apresentado seguir.

## 2. JSON Web Token

O *JSON Web Token* (JWT) é um padrão aberto (RFC 7519), que tem por objetivo definir um modo compacto e independente, que pode ser enviado dentro de um cabeçalho HTTP e conter as informações do usuário, para a transmissão segura de informações entre cliente e servidor, através de um objeto JSON. O *token* gerado pelo JWT é salvo no dispositivo do usuário e suas informações podem ser verificadas a cada solicitação, pois são criptografadas utilizando um segredo, através do algoritmo HMAC (*Hash-based Message Authentication Code*) ou de um par de chaves públicas e privadas, garantindo assim a sua confiabilidade [Jones et al. 2015] [Schneider 2016].

Várias bibliotecas que implementam o padrão JWT estão disponíveis para as mais variadas linguagens de programação, dentre elas: .NET, Python, NodeJs, Java, JavaScript, Perl, Ruby e PHP. As bibliotecas podem ser usadas tanto para autenticação de usuários, que é o cenário mais comum, sendo que a cada solicitação de uma rota, serviço ou recurso o usuário envia junto o *token*, permitindo seu acesso ou não com base nesse *token*, quanto para transmitir informações de forma segura, uma vez que com base em sua assinatura criptografada é possível verificar se o conteúdo não foi adulterado [JWT 2017] [Jones 2011].

É possível implementar o *JSON Web Token* em uma aplicação através do serviço chamado Auth0, que implementa o JWT em seu código e libera à seus clientes uma API na qual o cliente se cadastrá por meio do serviço, podendo inclusive usar contas de terceiros como Google, Facebook e Twitter, e é enviado para a aplicação apenas as informações do usuário, uma vez que a senha e outros dados são guardados com segurança pelo Auth0. O serviço é utilizado por grandes empresas, como Nvidia, AMD, Mozilla, Dow Jones, entre outras [Auth0 2017].

## 3. Abordagem, experimentos e resultados

Para os experimentos mostrados a seguir, foi desenvolvido uma API REST de um

sistema genérico de consulta de produtos, utilizando a linguagem de programação Java, com a biblioteca que implementa o *JSON Web Token* para essa linguagem. Também utilizou-se da biblioteca Gson, criada pelo Google para converter um objeto JSON em um objeto Java e vice-versa. Para servidor de aplicação utilizou-se o Tomcat em sua versão 7.

Foi implementada uma classe, com o nome de *Token*, a qual possui os dois principais métodos para a utilização da biblioteca do JWT. O primeiro método, como pode-se ver no Quadro 1, é responsável pela geração do *token*, ele recebe como parâmetros o *issuer*, que pode ser utilizado tanto para identificar a aplicação que emitiu o *token*, quanto para identificar o nível de acesso de usuário na aplicação, que é nesse caso que foi utilizado. Logo em seguida é possível notar os parâmetros *idSubject* e *hours*, que são responsáveis respectivamente por guardar o identificador do usuário na aplicação e validade do *token* que foi gerado e organizado em horas.

**Quadro 1. Método que gera o *Token***

```
1. public String Generate(String issuer, int idSubject, int hours) {  
2.     SignatureAlgorithm signatureAlgorithm = SignatureAlgorithm.HS256;  
3.     long ttlMillis = hours * 3600000;  
4.     String subject = String.valueOf(idSubject);  
5.     long nowMillis = System.currentTimeMillis();  
6.     Date now = new Date(nowMillis);  
7.     byte[] apiKeySecretBytes = DatatypeConverter  
        .parseBase64Binary(Parameters.TOKENKEY);  
8.     Key signingKey = new SecretKeySpec(apiKeySecretBytes,  
9.         signatureAlgorithm.getJcaName());  
10.    JwtBuilder builder = Jwts.builder().setIssuedAt(now)  
11.        .setSubject(subject)  
12.        .setIssuer(issuer)  
13.        .signWith(signatureAlgorithm, signingKey);  
14.    if (ttlMillis >= 0) {  
15.        long expMillis = nowMillis + ttlMillis;  
16.        Date exp = new Date(expMillis);  
17.        builder.setExpiration(exp);  
18.    } return builder.compact();  
20. }
```

### 3.1. Estrutura do *Token* gerado

Um *token* gerado pela aplicação tem sua estrutura dividida em três partes, cada parte é separada por um ponto final (“.”) e contém informações de diferentes tipos. A primeira parte é identificada como *header*, que é o cabeçalho do *token* e contém informações a respeito da criptografia usada para assinar o *token*. Pode-se observar no Quadro 2, a primeira parte do *token* em JSON, e no Quadro 3 a primeira parte do *token* codificada em *base64*.

**Quadro 2. Cabeçalho do *Token* em JSON**

```
1. {  
2.     "alg": "HS256"
```

```
3. }
```

**Quadro 3. Cabeçalho do *Token* em base64**

```
eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9
```

A segunda parte é conhecida como *payload*, que é a parte onde ficam as informações no *token*, geralmente informações do usuário que aquele *token* pertence e a sua validade. No *token* gerado as informações encontradas foram a “*iat*”, que é o momento em que foi gerado, contado em segundos desde às 00:00 de 01/01/1970. A informação de “*sub*” que define do *subject* do *token*, isso é, o número de identificação do sujeito para quem o *token* pertence. Já a informação de “*iss*” é o *issuer* que foi definido para identificar o nível de acesso daquele usuário à aplicação. A última informação encontrada nessa parte é a “*exp*” que define o tempo de expiração do *token*, usando a contagem de tempo da mesma maneira que o anterior. Nos Quadros 4 e 5 pode-se observar a segunda parte do *token* em JSON e codificada em base64, respectivamente.

**Quadro 4. Payload do *Token* em JSON**

```
1. {  
2.   "iat": 1491609751,  
3.   "sub": "2",  
4.   "iss": "client",  
5.   "exp": 1491717751  
6. }
```

**Quadro 5. Payload do *Token* em base64**

```
eyJpYXQiOjE0OTE2MDk3NTEsInN1YiI6IjIiLCJpc3MiOiJjbGllbnQiLCJleHAiOjE0OTE3MTc3NTF9
```

A terceira e última parte do *token* é a *signature* que guarda uma assinatura criptografada com base no algoritmo especificado no cabeçalho. Para criar a assinatura, o algoritmo usa como base os dados das duas primeiras partes do *token*, que são os dados do tipo da criptografia, os dados de *payload*, e uma chave definida ao gerar o *token*. Essa chave em especial é definida em texto puro e o algoritmo a converte para *base64*, o resultado da assinatura em binário também é convertido para *base64*.

No caso da aplicação desenvolvida, o *token* foi criptografado usando o padrão HMAC SHA256, que foi criado pela Agência de Segurança Nacional dos Estados Unidos (NSA) e que até o momento dessa pesquisa não havia sido quebrado e é considerado uma criptografia segura. No Quadro 6 pode-se observar a última parte do *token*.

**Quadro 6. Assinatura do *Token* criptografado em SHA256 e transformado em base64**

```
VnEwyZdBzekCIycPoezPp_Hzi0sD4BmM_KOFnMyMhBo
```

No Quadro 7 pode-se observar a estrutura completa do *token* gerado como

resultado do método *Generate*, com suas três partes juntas. O código completo do Quadro 7 é enviado ao servidor, através do cabeçalho de uma requisição do protocolo HTTP, para conferir a autenticidade do usuário que faz a solicitação.

**Quadro 7. Token completo**

```
eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9eyJpYXQiOjE0OTE2MDk3NTEsInN1YiI6IjIiLCJpc3M  
iOiJjbGllbnQiLCJleHAiOjE0OTE3MTc3NTF9.VnEwyZdBzekCIycPoezPp_Hzi  
0sD4BmM_KOFnMyMhBo
```

### 3.2. Verificação do *Token* gerado

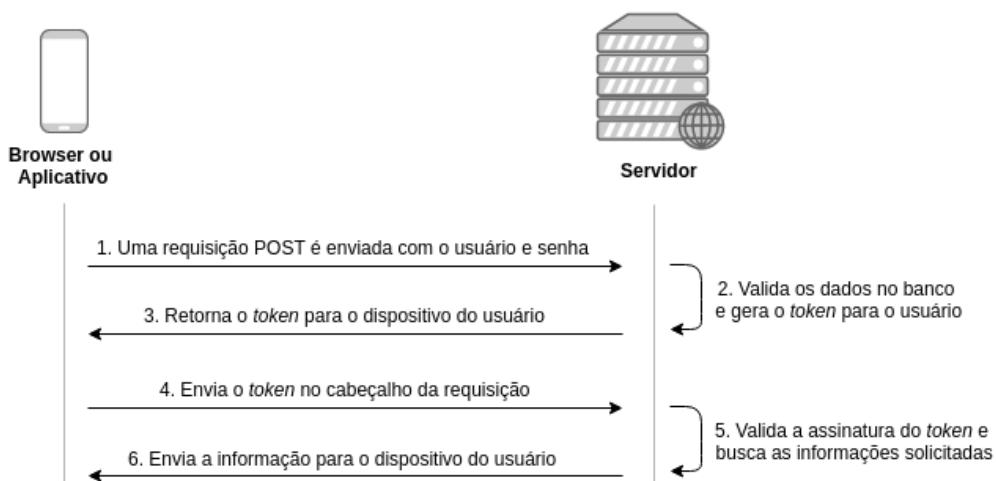
O segundo método da classe *Token* é o *getSubject*, que tem por objetivo validar o *token* e o tipo de permissão do usuário recebidos por parâmetro, e retornar à aplicação o código identificador do usuário na aplicação, caso aja algum erro durante a validação do *token* será retornado o valor zero e se tipo do usuário não for o mesmo especificado no parâmetro, será retornado uma exceção. No Quadro 8 pode-se observar o método *getSubject* da classe *Token*.

**Quadro 8. Método *getSubject* da classe *Token***

```
1. public int getSubject(String jwt, String type) throws Exception{  
2.     try{  
3.         Claims claims = Jwts.parser()  
4.             .setSigningKey(DatatypeConverter  
5.                 .parseBase64Binary(Parameters.TOKENKEY))  
6.             .parseClaimsJws(jwt).getBody();  
7.         if(!claims.getIssuer().equals(type))  
8.             throw new Exception("Token invalido.");  
9.         return Integer.parseInt(claims.getSubject());  
10.    } catch (ExpiredJwtException | MalformedJwtException |  
11.        SignatureException | UnsupportedJwtException |  
12.        IllegalArgumentException e) {  
13.            System.out.println(e.getMessage());  
14.            return 0;  
15.        }  
16.    }
```

### 3.3. Autenticação usando JSON WEB Token

A autenticação do usuário se dará por meio de um envio de uma requisição HTTP, do tipo POST, ao servidor de aplicação, o qual no corpo da requisição enviará o usuário e senha para *login*. Os dados serão validados pelo banco de dados e se coincidirem será gerado um *token* para aquele usuário. Esse *token* será enviado de volta para o usuário, o qual pode armazená-lo em *cookies* ou no armazenamento de sessão do dispositivo, podendo ser usado tanto em navegadores, quanto em aplicações móveis. O diagrama representado na Figura 1 demonstra esse processo.



**Figura 1. Diagrama de autenticação e validação de token**

Ainda de acordo com o diagrama da Figura 1 é possível observar que os passos de 1 a 3 no diagrama representam o momento de *login* e os passos de 4 a 6 representam as solicitações seguintes, de rota, serviço ou recurso da aplicação. Com o *token* armazenado no dispositivo do usuário, a cada requisição ele será enviado dentro do cabeçalho da requisição HTTP, ao chegar a requisição no servidor será validada a assinatura do *token*, se a assinatura for autêntica, a aplicação irá retornar os dados solicitados, caso o *token* tenha se expirado ou a sua assinatura não seja válida o servidor não irá retornar os dados solicitados.

Na aplicação desenvolvida, o método do recurso responsável pelo *login*, recebe do corpo da requisição os dados de e-mail e senha do cliente, que é o usuário, esses dados são validados no banco de dados e caso sejam válidos será gerado um *token* para o cliente com validade de 24 horas. O método de *login* de clientes pode ser observado no Quadro 9.

**Quadro 9. Método de *login* de usuários**

```

1. @POST
2. @Consumes(MediaType.APPLICATION_JSON)
3. @Path("/login")
4. public String login(String body) throws SQLException, Exception {
5.     Gson gson = new Gson();
6.     Client c = gson.fromJson(body, Client.class);
7.     c = ClientDAO.retreave(c.getEmail(), c.getPassword());
8.     String token = new Token().Generate("client", c.getId(), 24);
9.     return token;
10. }
  
```

No Quadro 10 pode-se observar o recurso do *web service* para consulta de produto através do código de barras, o dispositivo do cliente faz a requisição GET na rota */eancode*, enviando o *token* no cabeçalho e o código do produto como parâmetro. O *token* é validado, e se autêntico é feita a consulta no banco de dados e retorna o produto ao dispositivo do usuário, convertido de objeto Java para objeto JSON.

**Quadro 10. Método de consulta de produtos por código de barras**

```
1. @GET
2. @Produces(MediaType.APPLICATION_JSON)
3. @Path("/eancode")
4. public String eancode(@HeaderParam("token") String token,
5.           @QueryParam("search") String eancode)
6.           throws SQLException, Exception {
7.     int id = new Token().getSubject(token, "client");
8.     if(id == 0) throw new Exception("Token invalido.");
9.     Gson gson = new Gson();
10.    Product p = ProductDAO.retreaveByBarcode(eancode);
11.    return gson.toJson(p);
12. }
```

#### 4. Conclusão

Cada vez mais, informações sensíveis são transmitidas através de aplicações *web* e a utilização de *JSON Web Token* nesse cenário é de suma importância, pois possui a garantia de que o usuário que solicita a informação é autentico e tem a autorização necessária para acessá-la, sendo que a verificação é feita a toda requisição.

Com a utilização do *JSON Web Token* no controle de usuários em APIs REST é possível garantir que o usuário que faz a solicitação de dados possui os níveis de acesso necessário para a leitura daquela informação, e sem a necessidade de consultar as informações e credenciais de acessos do usuário no banco de dados em toda requisição, uma vez que o próprio *token* é capaz de identificar o usuário e seu nível de acesso, reduzindo assim o processamento do servidor.

A implementação de um padrão aberto e de uma biblioteca *open source* para o controle de autenticação tem como vantagem uma grande comunidade utilizando e melhorando-a, sendo mais fácil de erros serem encontrados e corrigidos, e obtendo a garantia de que os métodos de criptografia utilizados sejam seguros, uma vez que qualquer interessado pode auditar o código e sugerir correções, sem a necessidade do desenvolvedor que a utilize entenda de todas as características que a envolva. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar comparações entre o *JSON Web Token* e outros padrões disponíveis na literatura e comumente utilizado por desenvolvedores, como forma de comprovar a eficácia e a segurança na prática da utilização do método de autenticação apresentado neste artigo.

#### Referências

- Auth0 (2017) “*Single Sign On & Token Based Authentication*”. Disponível em: <<https://auth0.com/>>. Acesso em: 15 Março 2017.
- Fielding, R. T. (2000) “*Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*”. Tese de Doutorado, Universidade da Califórnia. Califórnia, Estados Unidos da América.
- Jones, M. B. (2011) “*The emerging JSON-based identity protocol suite*”. W3C workshop on identity in the browser. p. 1-3.

- Jones, M., Bradley, J., Sakimura, N. (2015) “*JSON Web Token (JWT) – RFC 7519*”, *Internet Engineering Task Force*, IEFT. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/pdf/rfc7519.pdf>>. Acesso em: 15 Março 2017.
- JWT (2017) “*JSON Web Token Introduction*”. Disponível em: <<https://jwt.io/introduction/>>. Acesso em: 15 Março 2017.
- OWASP (2013) “*OWASP Top 10 2013 – The Ten Most Critical Web Application Security Risk*”. Disponível em: <[https://www.owasp.org/images/f/f8/OWASP\\_Top\\_10\\_-\\_2013.pdf](https://www.owasp.org/images/f/f8/OWASP_Top_10_-_2013.pdf)>. Acesso em: 10 Março 2017.
- Pompeu, I. F., Matos, F. B., Melo, M. A. (2015) “Testando a performance de tecnologias especialistas em Rest API JSON uma abordagem em JAVA, PHP, C++, NODEJS, RUBY, PYTHON e GO”, Encontro Anual de Computação, EnAComp 2015, p. 147-154.
- Ribeiro, M. F. e Francisco, R. E. (2016) “Web Services Rest – Conceitos, Análises e Implementação”, Revista Educação, Tecnologia e Cultura, ETC, v. 14, n. 14.
- Saudate, A. (2014) REST: Construa API's inteligentes de maneira simples. Editora Casa do Código.
- Schneider, A. H. (2016) “Desenvolvimento web com Client Side Rendering: combinando Single Page Application e serviços de backend”. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, Brasil.
- Souza, L. L. (2012) “Desenvolvimento seguro de aplicações web seguindo a metodologia OWASP”. Monografia, Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, Brasil.

## Estudo Experimental sobre Paralelismo na Linguagem Go usando *Goroutines*

**Luiz Alexandre de S. Freitas<sup>1</sup>, Fernando Barbosa Matos<sup>1</sup>, Paulo Eduardo Nogueira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Núcleo de Computação – Instituto Federal Goiano  
Morrinhos – GO – Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal São Paulo  
Hortolândia – SP – Brasil

luiz.alexandre@live.com, fernando.matos@ifgoiano.edu.br,  
paulocoronato@gmail.com

**Abstract.** *The best use of hardware and the solution of complex computational problem, requires a proposal of efficient parallel processing. The Go programming language implements several resources in order to streamline the writing and execution of programs. In this work, it is showed an experimental study on the performance of the parallelism implemented by the Go language through goroutines. In addition, it was also observed, the behavior of a genetic algorithm, when solving the problem of the traveling salesman, when implemented in Go language.*

**Resumo.** *O melhor aproveitamento do hardware e a solução de problemas computacionais complexos, requer uma proposta de processamento paralelo eficiente. A linguagem de programação Go implementa diversos recursos com o intuito de dinamizar a escrita e a execução dos programas. Neste trabalho, é apresentado um estudo experimental sobre o desempenho do paralelismo implementado pela linguagem Go através das goroutines. Além disso, foi observado também, o comportamento de um algoritmo genético, ao resolver o problema do caixeiro viajante, quando implementado em linguagem Go.*

### 1. Introdução

O avanço tecnológico para o desenvolvimento das linguagens de programação atuais visa otimizar o aproveitamento do hardware, principalmente, no que se refere a capacidade de processamento paralelo nativo. O uso de múltiplos paradigmas em uma mesma linguagem de programação é uma tendência nas linguagens modernas, como o Go, que implementa nativamente recursos e características predominantemente de linguagens do paradigma imperativo (linguagem C), Orientação a Objetos (linguagem JAVA) e funcional (Linguagem LISP) [Lisp 2017]. Essa arquitetura da linguagem proporciona ao programador explorar de diversas formas os recursos mais avançados de cada paradigma de forma a proporcionar uma maior facilidade na escrita do código e, ao mesmo tempo, a geração mais eficiente do mesmo.

Desenvolvida pela empresa Google, a linguagem Go foi criada por Robert Griesemer, Rob Pike e Ken Thompson como uma linguagem compilada, de uso geral, focada na produtividade e programação concorrente [Schamager et al. 2010].

O estudo do desempenho de linguagens de programação é de suma importância para a compreensão do comportamento de uma linguagem mediante a uma dada situação de processamento. Em seu trabalho, [Pompeu et al. 2015] comparou o desempenho de programas escritos em JAVA, PHP, C++, NODEJS, RUBY, PYTHON e GO, quando estes implementam API REST e JSON.

Neste trabalho, é apresentado um estudo experimental sobre o desempenho do paralelismo implementado pela linguagem Go através das *goroutines* [Aimonetti 2017]. Isso por que essa linguagem foi projetada tendo em mente o processamento massivo em paralelo, e por tanto observar seu comportamento frente a um cenário de execução sequencial é importante para avaliar até que ponto o paralelismo nativo dá uma vantagem a linguagem no desenvolvimento de um programa.

Para este estudo, foi escrito um programa que procura resolver o problema do caixeiro viajante, utilizando conceitos de algoritmos genético. Isso por que é um problema facilmente parallelizável e é fácil observar o comportamento da linguagem na execução do algoritmo. O restante do artigo está estruturado do seguinte modo, a Seção 2 apresenta uma breve descrição sobre a linguagem Go, a Seção 3 descreve o planejamento do experimento realizado, a Seção 4 discute os resultados encontrados, e a Seção 5 as conclusões e considerações finais.

## 2. Linguagem Go

A linguagem de programação Go é uma linguagem de propósito geral, compilada, concorrente, com *garbage-collected*, com tipagem forte e estática [Pike 2012b], foi desenvolvida e lançada pela Google em novembro de 2009. A linguagem Go foi concebida para resolver problemas de eficiência na criação, compilação, execução e escalabilidade de software da Google. Um dos principais pontos fortes da linguagem é sua abordagem em relação a concorrência e ao paralelismo, baseado no trabalho *Communicating Sequential Processes* [Filipini 2014].

Uma proposta de implementação de programas concorrentes em Go é através de uma abstração eficiente e leve de *thread*, conhecida como *goroutine* [Aimonetti 2017]. As *goroutines* executam no mesmo espaço de endereçamento e, portanto, é necessário que haja sincronização entre elas para o acesso a memória compartilhada. Essa sincronização é feita através de *channels*, os quais são usados para enviar e receber valores entre *goroutines* [Aimonetti 2017] dispensando o uso de travas, semáforos e outras técnicas de sincronização de processos. Isso ocorre porque o próprio ambiente de execução garante que um *channel* será acessado apenas por uma *goroutine* em determinado momento. Um ponto que vale ressaltar é que concorrência não é paralelismo [Pike 2012a], embora um programa concorrente bem escrito em Go pode executar de forma eficiente em paralelo em poucos passos.

Há diversas ferramentas integradas ao ambiente que auxiliam no desenvolvimento de softwares na linguagem Go, um bom exemplo são as ferramentas para testes automatizados. Em relação a concorrência, uma das ferramentas que se destaca é a *race-detector* que auxilia na detecção de *Race Conditions*. *Race Condition* é uma condição em que duas ou mais rotinas requisitam acesso ao mesmo recurso, como uma variável ou estrutura de dados, esse tipo de condição é comum em programas concorrentes e é um erro difícil de se detectar [Vyukov and Gerrand 2017].

### 3. Planejamento Experimental

#### 3.1 Método

Neste estudo, tanto o planejamento e execução do experimento, quanto a análise dos resultados, foram realizados conforme o método estatístico DOE (*Design of Experiment*) [Montgomery 2000]. O DOE instrui a modificar de forma controlada os fatores sendo estudados, permitindo assim, observar os efeitos dessas alterações sobre a variável resposta. Para este estudo, foi definido o tempo de execução do programa TESTE, obtido em cada cenário de teste (tratamento), como a variável resposta. Além disso, os tratamentos foram definidos através da matriz de sinais [Montgomery 2000], sendo que os sinais (+ e -) representam os possíveis níveis que um fator pode assumir. A matriz de sinais foi configurada de acordo com a ordem de Yates [Jain 1991]. Em relação aos tratamentos, é importante informar que é obtido pela combinação de fatores e níveis [Montgomery 2000]. Como uma forma de evitar que a execução e um tratamento influencie nos resultados do próximo tratamento, o sistema operacional foi reinicializado a cada novo tratamento.

Ao final da execução de cada tratamento, os tempos obtidos são comparados. Se houver diferença estatística significativa, nos tempos de execução, isso significa que há diferença no desempenho do programa TESTE. Os tempos de execução do experimento foram obtidos através do programa *time* [Kerrisk 2010].

A análise estatística foi realizada seguindo os passos sugeridos pelo protocolo proposto por Nogueira and Matias (2015). Esse protocolo propõe uma sequência de análise estatística de modo a garantir que os resultados obtidos são confiáveis e exatos segundo um nível de confiança pré-estabelecido. Em um primeiro momento, o protocolo sugere avaliar se as amostras obtidas no experimento seguem uma distribuição Gaussiana, caso isso ocorra, o protocolo sugere o uso de um *teste-t* de hipótese [Barbetta et al 2010]. Por outro lado, se as amostras não seguirem uma distribuição Gaussiana, o protocolo sugere o uso do teste de *Wilcoxon-Mann-Whitney* [Barbetta et al 2010], o qual exige apenas que as amostras apresentem a mesma distribuição de dados. Após a aplicação de um dos testes é possível identificar se as amostras obtidas, no experimento, possuem ou não uma diferença estatística significante entre elas.

#### 3.2 Programa TESTE

Para realização do experimento, foi desenvolvido o programa TESTE que utiliza uma heurística para calcular a distância entre as cidades. Foram elaboradas duas versões, uma sequencial e outra paralela, implementadas na linguagem Go. Tendo em vista que o foco desse trabalho é avaliar o comportamento da linguagem Go quando utiliza os recursos de paralelismo nativo. Para a execução paralela do programa, configurou-se a variável GOMAXPROCS, com o intuito de indicar a quantidade máxima de núcleos que o *runtime* [Runtime 2017] poderá utilizar na execução do programa.

Com o objetivo de gerar carga de processamento para a realização do experimento, ambas as versões do programa TESTE foram implementadas com um algoritmo genético, com os mesmos passos e operações, para calcular uma possível rota entre 123 e 246 cidades goianas, sem repetições e voltando para a cidade de partida. Sendo que a única diferença entre as versões é o fato da versão paralela ter sido implementada

utilizando *goroutines* e *channels* [Filipini 2014]. Os parâmetros referentes a população, função *fitness*, cruzamento e mutação são idênticas em ambos os casos.

O indivíduo utilizado no algoritmo genético é composto pelo seu valor de aptidão (*fitness*) que é a medida de sucesso reprodutivo do indivíduo e por um *array* de *structs* que contém a identificação, a latitude e a longitude da cidade, a sequência que o *array* está disposto é a mesma que será percorrida a rota. O cálculo do *fitness* do indivíduo foi obtido através da soma da distância entre todas as coordenadas na sequência que está disposta no indivíduo. A seleção dos melhores indivíduos para a próxima geração foi realizada por meio de *elitismo*, estratégia esta que seleciona os melhores indivíduos de uma população e garante que a qualidade da solução obtida pelo algoritmo genético não diminuirá na geração seguinte. Para a recombinação genética (*crossover*) foi utilizada a técnica *order crossover operator* (OX) que é uma das técnicas existentes para a recombinação para cromossomos ordenados [Sehrawat and Singh 2011].

As cidades goianas foram separadas em dois arquivos contendo 123 e 246 cidades, respectivamente. Cada linha dos arquivos corresponde a uma cidade e, cada cidade possui uma identificação e suas respectivas latitude e longitude, convertidas em decimal. Como entrada para a execução dos experimentos foi passado os seguintes argumentos: 100 indivíduos por população, 1000 gerações e 0,1 de taxa de mutação. Esses valores foram definidos como padrão para comparar o desempenho entre a execução sequencial e a paralela, sendo que para a obtenção da menor distância é necessário a variação destes valores.

### 3.3 Experimento

O objetivo desse experimento foi avaliar o desempenho de um programa escrito em Go [Aimonetti 2017], compilado de forma sequencial e de forma paralela. A Tabela 1 sumariza os fatores e níveis utilizados no experimento.

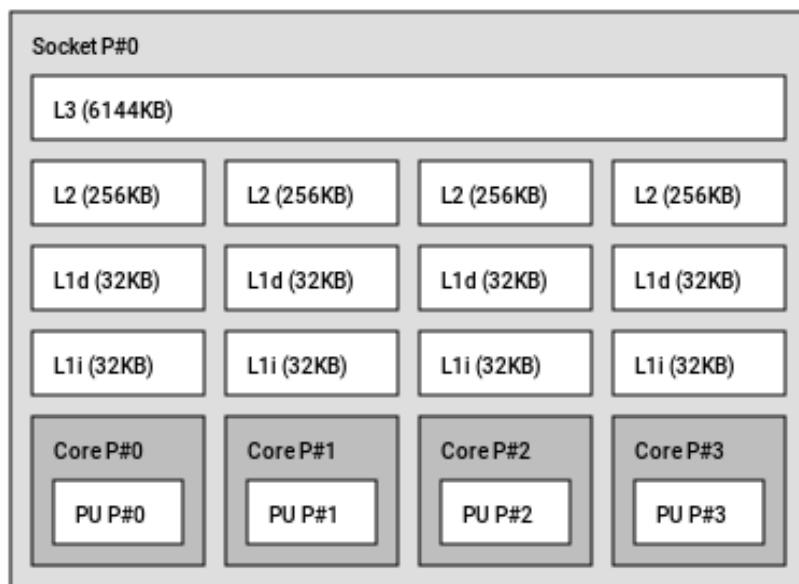
**Tabela 1. Fatores e níveis avaliados**

Fatores		Nível(-)	Nível(+)
	Cidades (C)	246	123
Paralelismo (P)	Sequencial	Paralelo	

No nível (-) o fator *Cidades* assume o valor 246, o que indica que o programa deverá resolver o problema para o cálculo de distância entre as 246 cidades; o nível (+) configura este fator para 123 cidades, reduzindo assim, a quantidade de trajetos que o programa deverá calcular. Ao variar esse fator, busca-se aumentar e diminuir a quantidade de trajetos que o programa deverá calcular. Em relação ao fator *Paralelismo*, busca-se observar se há diferença estatística significante entre o programa sequencial e o programa paralelo, compilado com Go. Assim, no nível (-), o programa foi compilado de forma sequencial, sem o uso de *goroutines* e, no nível (+), o programa foi compilado de forma paralela, utilizando *goroutines*. Neste estudo, a variável de ambiente GOMAXPROCS foi configurada, de modo, a permitir o uso máximo de processadores disponíveis e, o programa TESTE foi compilado de forma paralela sem especificar o número de threads *a priori*, assim, o próprio Go define quantas *threads* usar.

Todos os tratamentos deste experimento foram replicados 31 vezes, assim, procurou-se reduzir a possibilidade de ocorrência de um erro experimental. Além disso, a primeira replicação foi descartada, deste modo, evitou-se que a análise fosse realizada com ruído devido ao carregamento dos dados do programa na *cache* e sem maior influência do *buffer* de disco.

O experimento foi realizado em um computador com processador Intel I5 3570 Quad-core de 1,60 GHz, com três níveis de cache e 8 GB de memória RAM (ver Figura 1). O sistema operacional adotado foi o openSUSE Leap 42.2 kernel 4.4.27-2. A versão da linguagem Go utilizada foi a go1.8.linux-amd64.



**Figura 1. Topologia do processador utilizado no Experimento**

#### 4. Resultados

Após a coleta dos tempos de execução, foi realizada uma análise descritiva dos dados. Ao comparar os tempos de execução médios e medianos dos tratamentos, observou-se que a execução paralela obteve tempos menores do que a execução sequencial. Além disso, é possível identificar que a dispersão dos dados é menor na execução paralela do que na execução sequencial. A Tabela 2 apresenta a compilação dos dados obtidos. As colunas Seq123 e Seq246, indicam os tratamentos sequenciais com 123 e 246 cidades respectivamente e, as colunas Par123 e Par246, indicam os tratamentos paralelos com 123 e 246 cidades, respectivamente.

**Tabela 2. Estatística descritiva obtida no Experimento**

	<b>Seq123</b>	<b>Seq246</b>	<b>Par123</b>	<b>Par246</b>
<b>Média</b>	5,147s	8,100s	2,219s	3,456s
<b>Mediana</b>	5,150s	8,095s	2,220s	3,460s
<b>Desvio Padrão</b>	0,033s	0,053s	0,004s	0,007s
<b>Variância</b>	0,001	0,003	0,000	0,000
<b>Maior Tempo</b>	5,210s	8,200s	2,230s	3,470s
<b>Menor Tempo</b>	5,080s	7,980s	2,210s	3,440s

s = segundos

Com os dados obtidos foi possível analisar se houve uma diferença estatisticamente significante, entre os tempos obtidos em cada tratamento. Ao aplicar o protocolo, proposto por Nogueira and Matias (2015), observou-se que com um nível de confiança de 95%, apenas os tratamentos Seq123 e Seq246 seguem uma distribuição Gaussiana e, além disso, confirmou-se que há uma diferença estatisticamente significante quando, esses dois tratamentos, foram comparados com os tratamentos Par123 e Par246.

Ao comparar o tratamento Par123 com Par246 foi observado que não há uma diferença estatisticamente significante entre as amostras, porém esse resultado pode não estar correto para o nível de confiança de 95%. Isso porque o teste estatístico, indicado no protocolo [Nogueira 2015], tem como premissa o fato das duas amostras seguirem uma mesma distribuição de dados, o que não foi observado quando o teste de comparação de distribuição foi realizado.

Uma outra informação interessante, obtida ao analisar os dados, foi o *speedup* [Lilja 2005] obtido quando se faz uma comparação entre os tratamentos com o mesmo número de cidades, mas com o tipo de compilação diferente. Ao calcular o *speedup* da mediana, entre os tratamentos Seq123 e Par123, observou-se uma melhora de 2,32 e quando foi analisado os tratamentos Seq246 e Par246, identificou-se que o *speedup* foi de 2,34. Esses resultados indicam que um programa em linguagem Go, compilado de forma paralela, apresenta um desempenho melhor do que um programa compilado de forma sequencial.

Em relação ao cálculo das rotas realizado pelo algoritmo proposto, foi identificado que o programa TESTE, compilado de forma sequencial, apresentou valores melhores do que quando esse mesmo programa foi compilado de forma paralela. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para o cálculo de menor distância de acordo com os parâmetros pré-estabelecidos para o experimento (100 indivíduos por população, 1000 gerações e 0,1 de taxa de mutação). As colunas DistSeq123 e DistSeq246, indicam os resultados de distância obtidos nos tratamentos sequenciais com 123 e 246 cidades respectivamente e, as colunas DistPar123 e DistPar246, indicam os tratamentos paralelos com 123 e 246 cidades, respectivamente

**Tabela 3. Estatística descritiva para as distâncias obtidas no programa TESTE**

	<b>DistSeq123</b>	<b>DistSeq246</b>	<b>DistPar123</b>	<b>DistPar246</b>
<b>Média</b>	9950,95 km	23237,35 km	12690,56 km	27160,84 km
<b>Mediana</b>	9936,94 km	23353,52 km	12883,36 km	27098,59 km
<b>Desvio Padrão</b>	633,19 km	1554,79 km	856,95 km	2014,26 km
<b>Variância</b>	400935,21	2417376,00	734358,61	4057261,00
<b>Maior Distância</b>	11156,34 km	25356,55 km	14457,39 km	32238,19 km
<b>Menor Distância</b>	8676,91 km	19693,13 km	11073,94 km	22788,97 km

km = quilômetro

Uma vez que o programa TESTE é o mesmo e apenas foi compilado como sequencial e paralelo, esperava-se que os resultados para as distâncias fossem próximos. No entanto, ao observar os dados obtidos referentes as distâncias, foi possível identificar que no tratamento com 123 cidades, a melhor rota obtida na execução paralela foi 27,62% maior do que na execução sequencial e 15,72% maior quando se observa os tratamentos com 246 cidades. Ao comparar a média observou-se a mesma diferença, a execução

paralela foi 27,53% maior, no tratamento com 123 cidades e para 16,88% maior no tratamento com 246 cidades.

## 5. Conclusões

Os instrumentos oferecidos por uma linguagem de programação são de suma importância para dinamizar a escrita dos programas, bem como, alcançar melhor desempenho em sua execução. Quando se trabalha com processamento paralelo busca-se usufruir ao máximo do hardware, por isso, uma linguagem que oferece bons instrumentos para o desenvolvimento dos programas é imprescindível. Neste trabalho, foram apresentadas informações sobre o desempenho da linguagem Go, quando um algoritmo é escrito e executado utilizando *goroutines*. Ao escrever um programa na linguagem Go, utilizando *goroutines*, o programador não precisa se preocupar com a sincronização entre os processos, isso é realizado de forma dinâmica dentro do ambiente de execução da linguagem.

Os resultados aqui apresentados foram obtidos seguindo uma metodologia para eliminar ruídos que pudesse interferir em sua análise. Esses resultados, indicam que utilizar *goroutines*, melhoraram o desempenho de execução de um programa. Porém, apesar do programa utilizado para o experimento ter sido o mesmo, foi possível observar uma diferença nos resultados de processamento exibidos por ele. Neste caso, o cálculo de rotas.

Infelizmente, o experimento proposto, foi insuficiente para responder o porquê desse ocorrido, sendo necessário a mudança de outros parâmetros de execução do algoritmo genético, como a quantidade de indivíduos na população para a averiguar se a variabilidade genética da população é afetada quando se utiliza o *goroutines* para paralelizar o código em detrimento do código sequencial. Além disso, é proposto também como trabalho futuro um estudo experimental comparando o desempenho da linguagem Go, utilizando *goroutines*, com o desempenho de outras implementações que empregam o paralelismo, como é o caso da linguagem C com a biblioteca *pthreads* [Buttlar et al 1996] e da OpenMP [Chapman et al 2007] que é uma interface de programação *multithreading* multiplataforma.

## Referências

- Aimonetti, M. (2017) “Go Bootcamp”, <http://www.golangbootcamp.com/book>, Março.
- Barbetta, P.A, Bornia, A.C e Reis, M. M (2010), Estatística para Cursos de Engenharia e Informática, 3<sup>a</sup> edição.
- Buttlar, D., Farrell, J. and Nichols, B. (1996), PThreads Programming. 1<sup>th</sup> edition.
- Chapman, B., Jost, G. and Ruud V. (2007), Using OpenMP - Portable Shared Memory Parallel Programming. Scientific and Engineering Computation Series.
- Filipini, C. (2014), Programando em Go: Crie aplicações com a linguagem do Google, Casa do Código, 1<sup>a</sup> edição.
- Jain, R. (1991), The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling, John Wiley, 1<sup>st</sup> edition.

- Kerrisk, M. (2010), The Linux Programming Interface, San Francisco: No Starch Press, 1<sup>st</sup> edition.
- Lilja, D. J. (2005), Measuring Computer Performance: A Practitioner's Guide, Cambridge University Press, 1<sup>st</sup> edition.
- Lisp (2017) “Common Lisp”, <http://lisp-lang.org/>, Março.
- Montgomery, D. C. (2000), Design and Analysis of Experiments, John Wiley, 3<sup>rd</sup> edition.
- Nogueira, P. E. and Matias, R. (2015). A quantitative study on execution time variability in computing experiments. In *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference* (WSC '15), pages 529-540, IEEE Press, Huntington.
- Pike, R. (2012a) “Concurrency is not Parallelism”, <https://talks.golang.org/2012/waza.slide#1>, Março.
- Pike, R. (2012b) “Go at Google: Language Design in the Service of Software Engineering”, [https://talks.golang.org/2012/splash.article#TOC\\_13](https://talks.golang.org/2012/splash.article#TOC_13), Março.
- Pompeu, I. F., Matos, F. B. e Melo, M. S. (2015). Testando a performance de tecnologias especialistas em Rest API JSON uma abordagem em JAVA, PHP, C++, NODEJS, RUBY, PYTHON e GO. Em Encontro Anual de Computação (ENACOMP 2015), p. 147-154, Catalão.
- Runtime (2017) “The Go Programming Language: Package runtime”, <https://golang.org/pkg/runtime/>, Março.
- Schamager, F., Cameron, N. and Noble, J. (2010). GoHotDraw: Evaluating the Go Programming Language with Design Patterns. In Evaluation and Usability o Programming Languages and Tools, p. 10:1-10:6, New York.
- Sehrawat, M. and Singh, S. (2011) “Modified Order Crossover (OX) Operator”, International Journal on Computer Science & Engineering, Engg Journals Publications, Vol. 3 Issue 05, p. 2019-2023.
- Vyukov, D. and Gerrand, A. (2017) “Introducing the Go Race Detector”, <https://blog.golang.org/race-detector>, Março.

## Desenvolvimento de um aplicativo para solicitação e acompanhamento de manutenção em Instituição

Melque Henrique Lemes de Castro<sup>1</sup>, Luanna Lopes Lobato<sup>1</sup>, Thiago Jabur Bittar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás Regional Catalão

melquehl@gmail.com, luannalopeslobato@gmail.com, thiagojabur@gmail.com

**Abstract.** This work aims to help the way some problems are reported to those responsible, making it easier and more effective, such as infrastructure problems, complaints about some sector or even reports of some technical impediment. This work has as its point of view the current course of the Federal University of Goiás (UFG), Regional Catalão (RC) is located, since the area of the University is relatively large, involving several sectors where different problems can occur.

**Resumo.** Este trabalho tem como objetivo auxiliar a forma que alguns problemas são reportados aos responsáveis, tornando mais fácil e eficaz, podendo estes serem problemas de infraestrutura, reclamações referentes a algum setor ou mesmo relatos referentes a algum impedimento técnico. Neste trabalho, têm-se como estudo o cenário atual que a Universidade Federal de Goiás (UFG), Regional Catalão (RC) se encontra, visto que a área da Universidade é relativamente grande, o que envolve vários setores onde diferentes problemas podem ocorrer.

### 1. Introdução

Com o recente avanço da tecnologia tem sido possível a utilização da informática em diversos setores, sejam universidades ou empresas, onde com o desenvolvimento de algumas aplicações têm-se resolvido alguns problemas, desta forma facilitando e viabilizando várias atividades que a alguns anos atrás eram realizadas de forma manual onde demandava tempo e deslocamento de um local a outro.

Nos últimos anos ouve um grande aumento no mercado de smartphones devido um grande avanço na área onde possibilita este crescente aumento. Segundo uma pesquisa recente da (IDC) International Data Corporation esta que é uma empresa especializada em análise de mercado tecnológico, onde foi publicado que no ano de 2013 ouve uma venda de 1 bilhão de smartphones em todo o mundo, além da pesquisa apontar que a quantidade de aparelhos que utiliza o sistema operacional Android representa cerca de 78,6 % (CAMPOS, KULESZA, e COELHO, 2014).

Tendo isso como base, o grande número referente a utilização de smartphones neste trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo institucional que tem como visão principal a utilização do mesmo por alunos para facilitar o relato de alguns

problemas de infraestrutura no qual ainda não possui um sistema específico para a utilização dos alunos.

## 2. Trabalhos relacionados

Podemos citar como trabalhos relacionados o projeto de FOTH, et al (2012), o qual foi desenvolvido e financiado pelo Queensland University of Technology (QUT) com a finalidade implementar um aplicativo afim de avaliar a experiência do aluno, especialmente para coletar dados referentes a preparação, satisfação, humor, compreensão e entendimento do conteúdo dentro da unidade. Onde tais dados fornecem um feedback para os professores para ser utilizado no desenvolvimento de um currículo de ensino melhor, dessa forma, é de benefício exclusivo para o aluno onde o mesmo será capaz de fornecer um feedback sobre sua aprendizagem de uma forma totalmente nova e inovadora.

O trabalho apresentado acima tem como objetivo coletar dados a fim de fornecer um feedback dos dados para ajudar a fornecer uma melhor satisfação dos alunos em sala de aula. Observando os pontos apresentados acima o trabalho de FOTH, et al (2012), se assemelha ao proposto neste trabalho pelo fato de utilizaram da plataforma mobile para fazer coleta de dados de seus usuários a fim de trazer uma melhoria ao meio acadêmico.

O desenvolvimento proposto nesse trabalho de diferencia do proposto por FOTH, et al (2012), na área onde são aplicados, o proposto por FOTH, et al, (2012) tem como área de aplicação a sala de aula coletando dados para que possa ser feita uma melhoria na qualidade das aulas. No caso do apresentado neste trabalho é proposto uma aplicação a fim de tornar o aluno mais participativo na ajuda da manutenção do Campus, sendo assim a área de aplicação é focada na parte de manutenção e suporte.

Outro trabalho relevante é o apresentado por SIRISAENGTAKSIN, (2012), onde é apresentado um aplicativo que tem como principal função auxiliar alunos novos no campus a encontrar suas salas de aula e acessar seus horários de uma forma remota além de trazer a utilização de um mapa construído especificamente para o app, desta forma, os novos alunos podem se localizar e se orientar no novo ambiente.

O trabalho proposto por SIRISAENGTAKSIN, (2012), tem como foco, fazer da utilização de um mapa desenvolvido especificamente para o aplicativo de forma que oriente e auxilie os novos alunos no Campus. Atentando ao conteúdo apresentado no trabalho, sua proposta de assemelha a apresentada neste trabalho na utilização de um mapa exclusivo para a orientação no Campus e marcar locais específicos no mesmo.

Porem a forma de aplicação se difere da apresentada neste projeto, porque ao invés de utilizar o mapa para se locomover no Campus, é usando para marcar um ponto onde esteja um possível problema que haja a necessidade de acionar a manutenção.

Dentre os trabalhos relacionados pode-se notar a importância e a relevância em relação ao desenvolvimento de aplicativos acadêmicos com o objetivo de tornar a forma a solicitação de manutenção mais eficiente, além de proporcionar uma maior participação dos discentes no processo.

### **3. Desenvolvimento de Software/Sistemas**

Com o crescimento de dos mercados de desenvolvimento novas políticas para o desenvolvimento tecnológico vem sendo formuladas devido as importantes mudanças nas últimas décadas (CASSIOLATO, 2000).

O desenvolvimento de software é visto durante anos como um fato muito importante para o gerenciamento de dados, de forma que, vem se tornando cada vez mais utilizado em diversas áreas de aplicação onde é classificado como o ato de transformação de uma necessidade em software (BIRREL, 1988).

### **4. Desenvolvimento de Sistemas em Universidades**

Um estudo sendo levantado desde 2005 pela Ball State Universidade onde foi apontado que cerca de 99,8% das alunas possuem um ou mais aparelhos celulares. Dessa forma é fácil ser pego pelas novidades de qualquer nova tecnologia especialmente no ensino superior, logo, o meio móvel proporciona a instituições de ensino superior novas oportunidades para fornecer conteúdo dinâmico para os alunos de forma mais eficiente do que nunca (SIEGFRIED, 2011).

#### **4.1. Metodologia**

O aplicativo proposto será desenvolvido seguindo um processo já definido de engenharia de software. Deste modo, todas as etapas à serem seguidas deveram ser planejadas de maneira sistemática, assim realizando atividades que atendam os requisitos e, dessa forma, o desenvolvimento do aplicativo. Antes de iniciar o desenvolvimento, faz-se necessário definir o modelo de desenvolvimento a ser seguido. Desta forma, uma pesquisa foi realizada a fim de identificar quais modelos a serem utilizados verificando vantagens e desvantagens para adotar o melhor modelo.

#### **4.2. Modelos de desenvolvimento**

Segundo (SOMMERVILLE, 2011), modelo é uma representação abstrata de um processo de software, entretanto, processo de software é um conjunto de atividades e resultados associados que direcionam a produção de um produto de software. Cada modelo de processo representa um processo, portanto, um processo de software se dá pela estruturação de um conjunto de atividades que resultam em um produto software. Um processo deve contribuir na redução de custos, aumento de qualidade e de produção, desta forma, um processo que não suporta essas características não é considerado um processo adequado.

Tendo em vista o que foi apresentado acima, podemos afirmar que um processo de software pode conter diversas atividades, as quais, pode-se citar as que normalmente todo processo possui, sendo elas: especificação, projeto, implementação, validação, manutenção e evolução, essas atividades constituem em um conjunto mínimo para se obter um produto de software.

Vários modelos de desenvolvimento existem, onde cada um apresentam vantagens e desvantagens, logo, cada modelo deve ser analisado e utilizado de acordo

com suas características. No trabalho em questão, serão apresentados alguns modelos mais utilizados segundo (SOMMERRVILLE, 2011), e um deles foi selecionado para ser utilizado no desenvolvimento do aplicativo.

#### **4.3. Modelo cascata**

O modelo cascata, também conhecido como ciclo de vida clássico é um dos processos recomendados quando os requisitos de um problema são relativamente bem compreendidos, ou seja, quando o trabalho de comunicação e implantação ocorre de modo linear. Este modelo sugere uma abordagem sistemática e sequencial para o desenvolvimento de softwares (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

O modelo cascata apresenta 5 etapas, sendo elas:

- Comunicação: iniciação do projeto e levantamento de requisitos;
- Planejamento: estimativas, cronogramação e monitoramento;
- Modelagem: análise e projeto;
- Construção: codificação e testes;
- Implantação: entrega, manutenção e feedback;

Como uma das vantagens do modelo cascata pode-se mencionar a permissão do controle departamental e gerencial que admite o avanço para a próxima tarefa apenas quando o cliente aceitar e validar os produtos finais gerados na tarefa presente. Porem pode-se perceber que este não possui muita flexibilidade ou revisão, pois quando entra na fase de teste, raramente retorna para realizar alguma alteração que antes não havia sido pensada.

#### **4.4. Modelo Espiral**

O modelo espiral foi proposto por Boehm. Esse é o modelo de processo de software evolucionário interativo como a prototipação, no entanto, com alguns aspectos sistemáticos e controlados parecidos com o modelo cascata.

Um modelo espiral possui diversas atividades definidas, onde cada uma das atividades representam um segmento do caminha espiral (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

O modelo espiral tem como benefício o fato de considerar a análise dos riscos, os quais deveram ser verificados a cada volta da espiral. Nota-se, através da apresentação dos outros modelos que a gerencia de risco não é realizada de forma forçada nos demais, desta forma, isso pode se tornar um problema relacionado ao projeto, já que os riscos podem atrasar o projeto e muitas vezes levá-lo ao fracasso.

#### **4.5. Modelo Incremental**

O modelo incremental combina elementos dos fluxos de processos lineares e paralelos, logo, se for necessário um rápido fornecimento de um determinado conjunto funcional, para que após o fornecimento possa melhorar e aumentar suas funcionalidades em futuras versões do software.

Neste sentido pode-se notar que o processo incremental aplica sequencias lineares de forma escalonada à medida que o tempo vai avançando (PRESSMAN;

MAXIM, 2016). O modelo incremental tem como benefício o fato de combinar elementos dos fluxos de processos lineares e paralelos, sendo assim, cada uma das sequências lineares esteja gerando um incremento no sistema, onde, algumas de suas vantagens apresentadas são:

- Entregas parciais facilitando a identificação e correção de erros.
- Necessidades não especificadas nas fases iniciais podem ser desenvolvidas nos incrementos.
- Cada iteração produz um conjunto de itens utilizáveis.
- Os feedbacks de iterações anteriores podem ser usados nos próximos incrementos.
- Os incrementos podem ser desenvolvidos por menos profissionais.
- Entrega dos incrementos permite o cumprimento do prazo especificado.
- Facilita a manutenção dos módulos.

Diante do conteúdo apresentado acima, dentre os 3 módulos de desenvolvimento escolhido para ser aplicado a este trabalho foi o modelo incremental, porque o projeto não será entregue por completo, mas sim, divididas em incrementos onde cada incremento estará implementando uma funcionalidade.

## 5. Proposta

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo de solicitação e acompanhamento de manutenção que irá oferecer suporte a UFG - Regional Catalão. Com o uso do aplicativo espera-se que haja uma maior participação dos alunos com relação a manutenção estrutural e dos equipamentos disponíveis. Além disso, o uso do aplicativo busca tornar mais próximo o contato entre alunos e universidade trazendo mais agilidade e facilidade.

A necessidade pelo aplicativo foi observada por meio de estudo, através de entrevista, onde foi constatado que muitas vezes alunos tem notado mau funcionamento em algum equipamento em sala de aula, tal como, cabo de Datashow, cabo de rede, tomadas ou até mesmo algum dano a estrutura do prédio como janela quebrada, calçadas quebradas, porém não tinham onde fazer a solicitação para manutenção, de forma que, não era resolvido o problema.

Com o desenvolvimento e utilização desse trabalho pretende solucionar os problemas apresentados a cima de uma forma rápida e prática onde os alunos estarão participando diretamente e ativamente para a melhor conservação e manutenção do Campus.

## 6. O aplicativo

O aplicativo tem como característica tornar a experiência do usuário mais dinâmica, rápida e fácil para realizar solicitações ou reclamações, de forma que o

manuseio seja intuitivo ao usuário além de proporcionar uma experiência mais próxima e participativa na manutenção do Campus onde os alunos estudam.

A princípio o aplicativo será desenvolvido para a plataforma Android a fim de atender a maior parte dos usuários porem futuramente o mesmo será desenvolvido para IOS assim tendo um maior número de usuários participativos no sistema.

Para a utilização o usuário deverá fazer um login, que ainda será definido por qual meio será realizado o cadastro, após efetuar o login o usuário terá acesso a tela de solicitação onde conterá botões simples e intuitivos de seleção para assim escolher qual área deve ser direcionada a solicitação dessa forma será possível ter um maior controle e organização com relação a cada área facilitando a organização dos registros de reclamações ou solicitações.

## 6.1 Aspectos Técnicos

Para o desenvolvimento do aplicativo terá foco em duas plataformas moveis sendo elas os sistemas Android e IOS, dessa forma, serão utilizadas as ferramentas de desenvolvimentos mais recentes para ambas as plataformas a fim de obter o aproveitamento das opções e características mais recentes de cada plataforma.

Para a plataforma Android Estará sendo utilizada a ferramenta de desenvolvimento disponibilizada e indicada pela Google, na qual é a IDE Android Studio, esta que é a plataforma oficial mantida pela Google para desenvolvedores de aplicativos Android. Nesta plataforma é encontrada configurações e ferramentas específicas para o desenvolvimento, onde nela é utilizado a linguagem Java para o desenvolvimento do aplicativo e a utilização de XML para a parte layout.

No caso da plataforma IOS estará sendo utilizada a ferramenta de desenvolvimento recomendada e disponibilizada pela Apple, na qual é a Xcode IDE, esta que é a plataforma oficial da Apple para desenvolvimento, onde é suportado as linguagens de programação Objective-C e Apple-Script, além de, oferecer ferramentas específicas para o desenvolvimento na plataforma.

## 7. Requisitos do Sistema

Para o desenvolvimento do aplicativo será realizado um levantamento de requisitos nos quais estarão presentes na aplicação de acordo com o que o cliente espera e deseja para o aplicativo, desse modo, os requisitos são as funcionalidades que a aplicação deverá ter (BEZERRA, 2015). Portanto os requisitos deveram ser levantados por meio de entrevistas e questionários referente a forma atual de interação entre alunos e a solicitação de manutenção.

Nesse sentido, para o desenvolvimento do aplicativo, alguns requisitos foram levantados após a reunião com o Diretor do Campus, sendo os requisitos levantados os seguintes:

- Comunicação e armazenamento em Banco de Dados;

- Envios de e-mails de solicitação e confirmação de pedido de manutenção;
- Divisão por categorias de problemas;
- Campos específicos para cada área de problemas;
- Suporte para anexo de imagens na solicitação;
- Mapa para marcar a marcação de locais onde necessitam de manutenção;
- Notas de auxílio ar usuários com informações;
- Permitir notificar o Chefe de cada área;
- Permitir conexão com a internet;

## 7. Conclusão

Para realizar um desenvolvimento de qualquer tipo de aplicação seja ela um sistema de desktop ou aplicativo mobile, faz-se necessário efetuar um levantamento de informações para identificar necessidades, funcionalidades e conhecer os possíveis problemas que uma aplicação poderá ter. Sendo assim, para análise e especificação será realizada várias reuniões com pessoas da área durante a fase de desenvolvimento para fazer o levantamento de todas as funcionalidades e possíveis problemas do aplicativo.

Desta forma após o levantamento de todas as funcionalidades possíveis será elaborado vários diagramas que iram oferecer suporte e uma melhor organização na construção dos aplicativos a fim de tornar seu desenvolvimento mais eficiente e rápido.

## Referências

- CAMPOS, E., KULESZA, U., & COELHO, R. Um Estudo Exploratório da Arquitetura e Projeto de Aplicativos Android, 2014.
- SOMMERVILLE, Ian. Processos de engenharia de requisitos. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2011. p. 95-111.
- PRESSMAN, Roger S. Engenharia de Software, Sexta Edição. Editora McGrawHill: Porto Alegre, 2010.
- SIEGFRIED, Bobby. Enhanced student technology support with cross-platform mobile apps. In: **Proceedings of the 39th annual ACM SIGUCCS conference on User services**. ACM, 2011. p. 31-34.
- SIRISAENGTAKSIN, Ongard; GOEDJEN, Maxwell; HOLT Kamp, Brian. Building a better university iPhone application. **Journal of Computing Sciences in Colleges**, v. 27, n. 4, p. 63-68, 2012.
- FOTH, Marcus, FITZ-WALTER, Zachary, TI, Jimmy, RUSSELL-BENNETT, Rebekah, KUHN, Kerri-Ann. Please take out your phones: on the spot solicitation of student feedback in class. In: **Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference**. ACM, 2012. p. 150-

153.

BIRRELL, Nick D.; OULD, Martyn A. **A practical handbook for software development**. Cambridge University Press, 1988.

BEZERRA, Eduardo. **Princípios De Análise E Projeto De Sistemas Com Uml-3ª Edição**. Elsevier Brasil, 2015.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação: políticas e perspectivas. 2000.