

Promotion:



4 a 8 de Junho de 2018 - Caxias do Sul/RS

# Anais do XI Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação

Organization:



COMISSÃO ESPECIAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Affiliated to:



Cooperation:



Association for Computing Machinery

Funding:



Support:



Promotion:



# Anais do XI Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação

4 a 8 de Junho de 2018 - Caxias do Sul/RS

**Sociedade Brasileira de Computação – SBC**  
**CNPJ: 29.532.264/0001-78**

## **Organizers**

Davi Viana (UFMA)

Cíntia Paese Giacomello (UCS)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
UCS - BICE - Processamento Técnico

W926a Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação (WTDSI 2018) (11. : 2018 jun. 4-8 : Caxias do Sul, RS)  
Anais do XI Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação (WTDSI 2018) [recurso eletrônico] / realização: Sociedade Brasileira de Computação, Universidade de Caxias do Sul ; org. Davi Viana, Cintia Paese Giacomello, Scheila de Ávila e Silva. – Caxias do Sul, RS : [s.n.], 2018.  
Dados eletrônicos (1 arquivo).  
  
ISBN  
Apresenta bibliografia.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Evento integrante do XIV Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI 2018).  
  
1. Sistemas de recuperação da informação - Congressos. I. Sociedade Brasileira de Computação. II. Universidade de Caxias do Sul. III. Viana, Davi. IV. Giacomello, Cintia Paese. V. Silva, Scheila de Ávila e. VI. Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (14. : jun. 4-8 : Caxias do Sul, RS). VII. Título.  
  
CDU 2. ed.: 004.775(062.552)

Índice para o catálogo sistemático:

1. Sistemas de recuperação da informação - Congressos 004.775(062.552)

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária  
Ana Guimarães Pereira CRB 10/1460.

## **XI WTDSI**

**XI Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação (WTDSI)**  
**Evento integrante do XIV Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)**  
**4 a 8 de Junho de 2018**  
**Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.**

### **Comitês**

#### **Coordenação Geral do SBSI 2018**

Scheila de Avila e Silva, Universidade de Caxias do Sul (UCS)  
Daniel Luís Notari, Universidade de Caxias do Sul (UCS)

#### **Coordenação do Comitê de Programa do WTDSI 2018**

Davi Viana, Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
Cintia Paese Giacomello, Universidade de Caxias do Sul (UCS)

#### **Comissão Especial de Sistemas de Informação**

Sean Wolfgang Matsui Siqueira (UNIRIO)  
Heitor Costa (UFLA)  
André Pimenta (UFLA)  
Claudia Cappelli (UNIRIO)  
José Maria David (UFJF)  
Raul Sidnei Wazlawick (UFSC)  
Renata Araujo (UNIRIO)  
Rodrigo Santos (UNIRIO)

#### **Comitê de Programa Científico do WTDSI 2018**

Alex Barradas Filho (UFMA)	Jonice Oliveira (UFRJ)
Ana Carolina Inocêncio (UFG)	Leonardo Azevedo (IBM & UNIRIO)
Ana Paula Vilela (UFG)	Luis Rivero (UFAM)
Carlos Santos Jr (UNB)	Marcelo Morandini (USP)
Celia Ralha (UNB)	Marcia Henke (UFSM)
Claudia Cappelli (UNIRIO)	Marcos Wagner Souza Ribeiro (UFG)
Clodis Boscarioli (UNIOESTE)	Melise Paula (UNIFEI)
Daniel de Oliveira (UFF)	Neide Santos (UERJ)
Edmir Pradoo (USP)	Rafael Durelli (UFLA)
Fernanda Baião (UNIRIO)	Rodrigo Santos (UNIRIO)
Fernanda Campos (UFJF)	Sarajane Peres (USP)
Fernanda Lima (UNB)	Sean Siqueira (UNIRIO)
Geraldo Braz Junior (UFMA)	Sofia Paiva (UFSJ)
Heitor Costa (UFLA)	Valdemar Graciano Neto (UFG)
Igor Wiese (UTFPR)	Vera Werneck (UERJ)
Jairo Souza (UFJF)	



## **Apresentação**

O Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI) é um evento para a apresentação de trabalhos científicos e discussão de temas relevantes na área de SI, aproximando estudantes, pesquisadores, profissionais e empresários da comunidade de Sistemas de Informação. As pesquisas em Sistemas de Informação combinam aspectos multidisciplinares das áreas da Ciência da Computação, Matemática, Ciência da Informação, Administração, Comportamento Organizacional, entre outras. A aplicação dos diversos domínios do conhecimento na busca por soluções aos problemas envolvendo os Sistemas de Informação é o que motiva a realização deste evento.

O Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação (WTDSI) é um fórum dedicado à apresentação e discussão de trabalhos de mestrado e de doutorado em Sistemas de Informação, desenvolvidos nos programas de pós-graduação no Brasil. O seu objetivo é propiciar um ambiente construtivo para discussões, em que os alunos possam ter uma avaliação dos seus trabalhos por pesquisadores experientes em Sistemas de Informação e ter acesso a um panorama representativo da pesquisa em SI no país.

As principais metas deste fórum são: (i) contribuir para o enriquecimento, maturidade e lapidação dos trabalhos de estudantes de Pós-Graduação em SI; (ii) estimular a integração e cooperação de pesquisadores da área; (iii) dar maior visibilidade às pesquisas em andamento, tanto para a comunidade acadêmica quanto para institutos de pesquisa que vêm se estabelecendo no país; e (iv) estimular a identificação de oportunidades de aplicação das propostas apresentadas nas organizações.

Em sua 11<sup>a</sup>. edição, o WTDSI recebeu um total de 19 submissões, sendo 2 delas sobre propostas de doutorado e 17 de mestrado. Os trabalhos advêm dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Pernambuco, Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia e Espírito Santo. Cada trabalho submetido foi avaliado por, no mínimo, três membros do comitê de programa. Este ano, o comitê de revisão foi composto por pesquisadores de todas as regiões do país. Ao final do processo de revisão, 13 trabalhos foram aceitos para apresentação no WTDSI. Os trabalhos selecionados apresentam um panorama da pesquisa nos programas de pós-graduação em SI no Brasil, envolvendo temas e problemáticas atuais e relevantes, que foram divididas nas seguintes sessões de apresentação: Arquitetura orientada a serviços (SOA), serviços Web, aplicações corporativas e processos em SI, Gestão de Pessoas em SI, Aspectos Humanos e Sociais e Interação Humano-computador em SI, Sistemas Inteligentes e de Apoio à Decisão em SI, SI para governo e Educação em SI. Adicionalmente, teremos uma palestra em conjunto com o Workshop de Iniciação Científica em Sistemas de Informação (WICSI) a ser proferida pelo Prof. Dr. Sean Siqueira da UNIRIO. Por fim, teremos apresentações de trabalhos desenvolvidos pela UCS que envolvem o contexto de SI.

A coordenação agradece aos autores dos trabalhos e seus orientadores, por prestigiarem o WTDSI 2018; aos membros do comitê de programa, pelo tempo dedicado às revisões; e à organização geral do SBSI, por todo o suporte oferecido. Que o WTDSI seja uma ótima oportunidade de colaboração, com excelentes ideias para discussões. Aproveitem!

Caxias do Sul, junho de 2018.

Davi Viana (UFMA) e Cintia Paese Giacomello (UCS)  
Coordenação do WTDSI 2018

## Biografia dos Coordenadores do Comitê de Programa do WTDSI 2018



Davi Viana é Doutor e Mestre em Informática pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas. Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Possui curso técnico em informática pela Fundação Nokia de Ensino. Atualmente, é Professor Adjunto A da Universidade Federal do Maranhão. Além disso, é membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC) da UFMA na área de Engenharia de Software. Tem interesse nas áreas de sistemas de informação, gestão do conhecimento e aprendizagem organizacional, qualidade de software, melhoria processo de software (MPS), implementação de programas de MPS com ênfase na adoção de modelos de maturidade, Ensino em Engenharia de Software, Engenharia de Software Experimental, Engenharia de Software para Internet das Coisas e startup de Software.



Cíntia Paese Giacomello é bacharel em Estatística (1997), mestre em Engenharia de Produção (2000) e doutora em Administração (2009), todos realizados na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professora da Universidade de Caxias do Sul onde atua em atividades de ensino de graduação participa como membro do quadro permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UCS.

## Sumário

<b>Sessão 1 (Arquitetura orientada a serviços (SOA), serviços Web, aplicações corporativas e processos em SI).....</b>	<b>1</b>
<b>Uma arquitetura de microsserviços orientada a eventos para a integração de dados oriundos de bases de dados políglotas.....</b>	<b>1</b>
Luís H. N. Villaça (PPGI – UNIRIO e Petrobras Transporte AS) e Leonardo G. Azevedo (PPGI-UNIRIO e IBM Research)	
<b>Deteção semântica de efeitos colaterais na Internet das Coisas.....</b>	<b>5</b>
Luis Emanuel Neves de Jesus e Daniela Barreiro Claro (FORMAS - Formalismos e Aplicações Semânticas - Departamento de Ciência da Computação - Instituto de Matemática - UFBA)	
<b>Framework para tradução de modelos de processo de negócio para Linguagem Cidadã.....</b>	<b>8</b>
Luiz Paulo Carvalho, Claudia Cappelli e Flavia Santoro (DIA – UNIRIO)	
<b>Sessão 2 (Gestão de Pessoas em SI, Aspectos Humanos e Sociais e Interação Humano-computador em SI).....</b>	<b>11</b>
<b>Um estudo sobre a avaliação automática de diretrizes de acessibilidade para dispositivos móveis.....</b>	<b>11</b>
Camila Silva e Marcelo Medeiros Eler (Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo)	
<b>Explaining Communication in Distributed Software Development Teams: A Research Proposal for Constructing a New Theory.....</b>	<b>14</b>
Nelson G. de Sá Leitão Júnior, Ivadir H. de Farias Junior, Hermano P. de Moura (Informatics Center (CIn), UFPE University)	
<b>Sessão 3 (Sistemas Inteligentes e de Apoio à Decisão em SI).....</b>	<b>18</b>
<b>Simulação computacional do sangue usando o método Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH).....</b>	<b>18</b>
Thiago Carvalho Sousa e Helton Hideraldo Biscoaro (Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação - Universidade de São Paulo)	
<b>Processos de Decisão Markovianos Sensíveis a Risco: Uma abordagem de otimização mean-CVaR.....</b>	<b>22</b>
Denis Benevolo Pais e Karina V. Delgado (Escola de Artes, Ciências e Humanidades – USP)	
<b>Predição da Tendência de Valorização do Bitcoin Usando Técnicas de Aprendizado de Máquina.....</b>	<b>26</b>
Antonio Ricardo A. Brasil, Luiz Alberto Pinto e Karin S. Komati (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Controle e Automação - Instituto Federal do Espírito Santo Campus Serra)	
<b>Técnicas de deteção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face visando o reconhecimento biométrico.....</b>	<b>29</b>
Jonas Mendonça Targino, Sarajane Marques Peres e Clodoaldo A. M. Lima (Universidade de São Paulo)	
<b>Sessão 5 (SI para governo).....</b>	<b>33</b>
<b>Recomendação de conteúdo utilizando a influência social em ambientes virtuais de participação social.....</b>	<b>33</b>
Carlos Oliveira e Renata Araujo (Núcleo de Pesquisa e Inovação em Ciberdemocracia, PPGI - UNIRIO)	

<b>Uma Técnica para Tratamento de Fatores de Ecossistema em Sistemas-de-Sistemas de Informação Interoperáveis.....</b>	<b>38</b>
Juliana Costa Fernandes e Rodrigo Santos (PPGI - UNIRIO)	
<b>Sessão 6 (Educação em SI).....</b>	<b>42</b>
<b>Principles of agile project-based learning to cope with the computer programming education at Brazilian Information System higher education..</b>	<b>42</b>
Alexandre Grotta e Edmir P. V. Prado (Universidade de São Paulo)	
<b>Recommendation Systems for Knowledge Reuse Management in MOOCs Ecosystems.....</b>	<b>46</b>
Rodrigo Campos (PPGI – UFRJ), Rodrigo Pereira dos Santos (PPGI – UNIRIO) e Jonice Oliveira (PPGI – UFRJ)	

# Uma Arquitetura de Microsserviços Orientada a Eventos para Integração de Dados Frequentemente Atualizados Oriundos de Bases de Dados Políglotas

## An Event-Oriented Microservice Architecture for the Integration of Frequently Updated Data from Polyglot Databases

Luís H. N. Villaça  
Programa de Pós Graduação em  
Sistemas de Informação – PPGI  
Universidade Federal do Estado do  
Rio de Janeiro (Unirio)  
Petrobras Transporte SA  
luis.villaca@uniriotec.br

Leonardo G. Azevedo  
Programa de Pós Graduação em  
Sistemas de Informação – PPGI  
Universidade Federal do Estado do  
Rio de Janeiro (Unirio)  
IBM Research  
azevedo@uniriotec.br, lga@br.ibm.com

### RESUMO

Em uma arquitetura de microsserviços, soluções são criadas por equipes focadas em domínios específicos que desenvolvem independentemente serviços distribuídos na rede. Um desafio neste cenário é a integração de dados provenientes de fontes distintas, como bancos de dados NoSQL e relacionais, e mesmo dados não estruturados. Este trabalho propõe uma nova abordagem arquitetural, orientada a eventos, por meio de uma plataforma de *streaming*. Essa proposta será avaliada e comparada a outras abordagens orientadas a evento publicadas na literatura com base em critérios dos modelos ISO 25010 e ISO 25012.

### Palavras-Chave

Microsserviços, Arquitetura orientada a eventos, Persistência Políglota

### ABSTRACT

In a microservice architecture, solutions are created by teams focused on specific domains, which independently develop services distributed on the network. A challenge in this scenario is integrating data from distinct sources, such as NoSQL and relational databases, and even unstructured data. This work presents a new event-driven architectural approach to address this problem through a streaming platform. This proposal will be evaluated and compared to other event-oriented approaches available in the literature based on criteria from ISO 25010 and ISO 25012 models.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
Copyright SBC 2018.

### CCS Concepts

•Information systems → Distributed retrieval; Mediators and data integration; •Computer systems organization → Heterogeneous (hybrid) systems;

### Keywords

Microservices, Event-Driven Architecture, Polyglot Persistence

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura de microsserviços apresenta como uma de suas características o “Gerenciamento de dados descentralizados” [6], no qual serviços têm autonomia para definir o modelo de persistência dos dados que ele manipula.

Este trabalho propõe uma arquitetura orientada a eventos destinada a resolver com maior eficiência desafios que surgem quando buscamos consolidar informações a partir de serviços que utilizam diferentes tecnologias de armazenamento de dados, especialmente num cenário em que informações são frequentemente atualizadas em determinadas fontes de dados (como sensores que coletam dados de telemetria). Neste caso, eventos de atualização ocorrem por meio de dados gerados continuamente, a uma taxa de incidência alta. Estas atualizações podem ser consideradas como *streams* - cuja natureza de processamento (*stream processing*) visa proporcionar a análise e tratamento, com baixa latência, de um grande volume de dados [12].

A solução proposta nesta dissertação parte do princípio de que, mantendo-se uma visão consolidada a cada ocorrência de alteração identificada, obtém-se eficiência em operações de consulta integrada. Isto dado que informações são continuamente correlacionadas a um custo aceitável de perda de consistência, quando as integrações ocorrem tão rápido quanto o processamento dos eventos, e sem que o grau de desacoplamento entre os componentes seja comprometido.

Em trabalho anterior [14], identificamos e analisamos as principais estratégias na literatura para a integração de dados em microsserviços com bases políglotas. Dentre estas, duas são orientadas a eventos e se destacam por apresentarem

como vantagens o desacoplamento e a eficiência na integração de dados atualizados nas diferentes fontes de informações. Outras propostas foram identificadas na literatura com implementações no contexto deste trabalho. Para fins de comparação, estes estudos, juntamente com a proposta deste trabalho, serão avaliados considerando o mesmo cenário de negócio e considerando os critérios dos modelos ISO 25010 e ISO 25012.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os conceitos fundamentais. A Seção 3 apresenta o problema de pesquisa. A Seção 4 apresenta os trabalhos relacionados às estratégias atuais. A Seção 5 apresenta a proposta. A Seção 6 apresenta os critérios de avaliação. A Seção 7 apresenta o cronograma de atividades desta dissertação. Finalmente, a Seção 8 apresenta a conclusão.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta os principais conceitos necessários para o entendimento deste trabalho.

### 2.1 Microsserviços

Na arquitetura de microsserviços, sistemas são compostos por serviços que colaboram entre si com base em sete princípios [16]: (i) Desenvolvimento de unidades autônomas, com responsabilidades específicas; (ii) Uso de práticas de desenvolvimento orientadas ao negócio; (iii) Uso de diretrizes da Cloud como distribuição e elasticidade; (iv) Entrega contínua descentralizada; (v) Uso *containers* leves; (vi) Uso de abordagens automatizadas para configuração, desempenho e gerenciamento de falhas; (vii) Uso de diferentes estratégias de programação e persistência.

Persistência poliglota [11] implica em escolher o melhor modelo de persistência para cada tarefa a ser realizada, considerando que cada serviço deve ser projetado para resolver com maior eficiência seus problemas específicos.

### 2.2 Plataforma de Streaming e CEP

Uma plataforma de *streaming* atua como um sistema de mensageria [8], por meio de publicação e assinatura para a distribuição de dados gerados frequentemente e de forma contínua. Esta plataforma é composta por produtores, consumidores e *brokers*, que podem ser distribuídos na rede para melhorar o desempenho do sistema. Implementações dessa plataforma trazem benefícios, como eficiência (por exemplo, publicação em lote, compactação de dados históricos e APIs (Application Program Interface) que permitem processamento paralelo e avaliação tardia de operações) e usabilidade (por exemplo, visão de tabela para resgatar o estado atual de objetos).

A partir da demanda gerada devido ao volume desses dados e da necessidade de seu processamento em tempo próximo ao real surge o conceito de processamento de eventos complexos, ou CEP (Complex Event Processing) [3], cujo objetivo é gerar informações úteis a partir do tratamento das informações continuamente coletadas.

Alguns estudos demonstram eficiência no uso de microsserviços, classificados como orientados a eventos (Seção 4), aliados à utilização de plataforma de streaming [4, 17]. Entretanto, estes não foram empregados em bases de dados políglotas.

## 3. PROBLEMA

Esta dissertação objetiva tratar o problema de integração de dados provenientes de microsserviços que empregam persistência poliglota e cujos dados são atualizados frequentemente. Como exemplo de cenário real, dados relacionados à manutenção preventiva dos equipamentos que suportam a operação dos meios de transporte de combustíveis de uma importante empresa para o transporte e a logística de combustível no Brasil são armazenados por sistemas distintos (tais como sistemas de gestão na rede corporativa, sistemas supervisórios na rede de automação, dados de telemetria captados por sensores) empregando diferentes tecnologias de bancos de dados. O desafio então surge da necessidade de correlacionar, em tempo próximo ao real, as informações provenientes destes sistemas permitindo consultas e visualizações destes dados de forma integrada.

Este problema vem sendo reiteradamente apontado como desafio pela academia e pela indústria. Soluções publicadas apresentam uma série de aspectos positivos e negativos como, por exemplo, aumento de disponibilidade, complexidade e alto grau de acoplamento). A solução para tratar este problema deve promover eficiência e simplicidade na integração de informações geradas em grande volume de dados.

Para tratar este problema será necessário abordar os desafios de se correlacionar sistemas distribuídos com essa natureza. De acordo com o teorema CAP [2] - que trata de consistência (C), disponibilidade (A) e tolerância de partição (P), ao menos um desses aspectos será comprometido em qualquer configuração com sistemas que compartilham dados. Como as partições de rede são inerentes a sistemas distribuídos, temos que equilibrar a disponibilidade e a consistência. O volume e a variedade de dados oriundos de fontes distintas de informação, ditas políglotas, pode impactar ambos aspectos, dificultando sua integração.

## 4. TRABALHOS RELACIONADOS

Newman lista duas estratégias empregadas para integração de dados em microsserviços [9, 14] com características relacionadas a processamento de eventos:

- *Command-Query Responsibility Segregation (CQRS)*: Propõe uma “visão materializada” do banco de dados para buscas a fim de isolar as operações transacionais das de processamento de consultas;
- *Event Data Pump*: Propõe a publicação de dados relacionados a eventos de atualizações de dados em uma plataforma que permite que sejam capturados por componentes projetados para consolidação de informações.

Nesta dissertação, a classificação “Orientada a Eventos”<sup>1</sup> é utilizada, abrangendo *Event Data Pump* e o caso particular em que *CQRS* tem sua visão construída a partir de uma fila de eventos (processo denominado “Event Sourcing” [9]).

A partir de uma revisão sistemática nas bibliotecas digitais IEEE Xplore, ACM e Scopus (entre Jan/2013 e Fev/2018), 215 publicações distintas foram filtradas a partir da seguinte *string* de busca: “(microservice) AND (architecture OR design OR project) AND (event\* OR reactive OR data OR integration\* OR consolidation\* OR query OR queries OR cQRS OR stream\*)”. A partir da leitura de todos os resumos, 205 publicações

<sup>1</sup>Sistemas orientados a eventos são projetados para processar eventos à medida que ocorrem, permitindo que o sistema observe e reaja dinamicamente [5].

foram excluídas por não apresentarem afinidade com a proposta. Após a leitura de toda a publicação nos demais casos, os quatro estudos abaixo foram identificados como aplicáveis a este estudo:

- Viennot *et al.* [13] propõem Synapse, um ecossistema de microsserviços escalável no qual cada serviço complementa o modelo de dados dos outros por meio de mapeamentos ORM e estratégias de mensageria;
- Kookarinrat e Temtanapat [7] propõem uma arquitetura de microsserviços que utiliza um barramento de mensagens para desacoplar a comunicação entre seus componentes e mitigar cenários de SPF (Single Point of Failure);
- Richter *et al.* [10] avaliaram uma arquitetura de microsserviços com ênfase em confiabilidade segundo requisitos de containerização, comunicação via filas de mensagens, tolerância a falhas e alta disponibilidade;
- Zappatore *et al.* [15] propõem uma plataforma baseada em Mobile Crowd Sensing que permite coletar fluxos de dados de sensores embutidos em *smartphones* em grandes escalas geográficas e possibilita análises sobre os mesmos.

Estes trabalhos utilizam mecanismos diferentes do proposto para a publicação e tratamento dos eventos.

Conforme avaliação prévia [14], um dos aspectos que se destacou de forma negativa nestas estratégias orientadas a eventos foi a confiabilidade, especialmente quando relacionada ao grau de consistência dos dados na solução. Outro aspecto crítico observado foi a manutenibilidade, dado o nível de complexidade das soluções.

Neste trabalho, busca-se criar uma arquitetura que resolva o problema de integração de forma mais eficiente que as propostas existentes, mantendo o benefício de baixo acoplamento preconizado nas estratégias orientadas a eventos.

## 5. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo aprimorar a integração de dados oriundos de bases de dados políglotas empregando uma arquitetura orientada a eventos, bem como minimizar o acoplamento entre os componentes de software. A abordagem proposta (Figura 1) usa uma plataforma de streaming, escolhida de acordo com as diretrizes de Stonebraker *et al.* [12], e possui os seguintes componentes:

- **Fontes de Dados:** Serviços ou microsserviços que efetuam operações transacionais em suas bases de dados;
- **Agentes Coletores de Dados:** Microsserviços que obtêm dados (por exemplo, tabelas, trilhas de auditorias, arquivos de *log*, sensores IoT, etc) e publicam eventos em uma plataforma de streaming;
- **Plataforma de Streaming:** Plataforma em que são tratados o enfileiramento e o processamento de eventos, além de questões como as relacionadas à sincronia e à ordenação.
- **Consolidadores:** Microsserviços que subscrevem informações providas pelos agentes, e, por meio de mecanismos de processamento de eventos complexos (Complex Event Processing - CEP), consolidam e publicam esse resultado como novos eventos (*streams*), promovendo reuso e desacoplamento entre as novas *streams*

e as visões elaboradas pelos provedores a seus consumidores;

- **Provedor:** Microsserviço que disponibiliza serviços web (por exemplo, em REST/Json ou GraphQL) para prover informações consolidadas (tabelas ou visões) a partir dos *streams* publicados pelos consolidadores.
- **Consumidor:** Consome as informações providas pelos serviços do provedor.

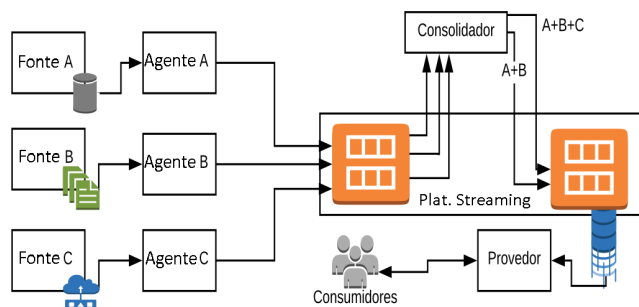


Figure 1: Componentes da Arquitetura Proposta

## 6. AVALIAÇÃO

Um conjunto de sensores mapeado pela equipe responsável pelas atividades de manutenção preventiva de uma importante empresa para o transporte e a logística de combustível no Brasil será utilizado para a validação da proposta desta dissertação.

A avaliação será realizada de duas formas: (i) avaliação quantitativa e qualitativa da qualidade de software segundo duas normas de qualidade de software; (ii) execução de experimentos comparativos com abordagens concorrentes.

O primeiro inclui critérios de confiabilidade (abrangendo disponibilidade), eficiência de desempenho, usabilidade, compatibilidade, manutenibilidade e portabilidade, conforme a norma ISO 25010. Esta é uma evolução do modelo ISO 9126, e foi considerada como o padrão mais importante para avaliar recursos de qualidade em soluções de software [1]. O fator consistência será considerado segundo a ISO 25012, que complementa a ISO25010.

Os experimentos avaliarão a eficácia e eficiência da proposta em relação às soluções existentes, considerando: (i) Tempos de processamento e de resposta: medidos entre a requisição do consumidor (usuário) e seu atendimento, e entre a geração do evento(a partir dos nós produtores) e sua atualização nas *streams* consolidadas; (ii) Taxa de ocorrência dos eventos gerados nos nós produtores: frequência dos eventos gerados (nos nós produtores); (iii) Assertividade nas respostas: precisão e completude dos registros retornados; (iv) Consumo de recursos de infraestrutura: número de nós, capacidade de processamento e armazenamento durante a execução das atividades; (v) Resiliência quando nós perdem a conexão: comportamento do sistema quando nós aleatoriamente perdem a conexão com a plataforma de streaming;

As avaliações qualitativas serão realizadas pelo autor, mas serão submetidas à apreciação de 10 profissionais especialistas, pesquisadores ou analistas com experiência mínima de 10 anos na área, e o percentual de aprovação da análise do autor será divulgado. Serão destacadas e justificadas eventuais vantagens e desvantagens da nova arquitetura.

## 7. CRONOGRAMA

A Figura 2 apresenta o cronograma desta dissertação. O estudo da literatura já foi feito em grande parte. O problema já foi definido bem como já foram encontrados os trabalhos relacionados e que serão comparados com a proposta desta dissertação. A proposta já foi definida. A implementação está iniciando. O cenário do estudo de caso já foi definido, bem como a forma de avaliação. Um artigo foi publicado no ACM SAC 2018 [14] (qualis A1) apresentando uma análise qualitativa das propostas existentes, destacando seus pontos fortes e fracos. Foram aceitos para publicação este WTD, que apresenta a proposta da dissertação, e um minicurso para lecionar os a construção de sistemas de informação empregando microsserviços.

	2017												2018												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01
Estudo da literatura				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Definição da proposta													X	X	X	X	X	X							
Implementação													X	X	X	X	X	X	X						
Realização do estudo																X	X	X	X	X					
Análise dos dados																			X	X	X	X	X		
Escrita da monografia																					X	X	X		
Escrita de artigos + Minicurso de 8 horas					X	X	X	X					X	X	X	X	X						X	X	X
Defesa																									X

Figure 2: Cronograma de Atividades

## 8. CONCLUSÃO

A arquitetura de microsserviços preconiza uma série de práticas que proporciona autonomia a seus componentes. Entretanto, o nível de isolamento pretendido nessa abordagem pode dificultar a correlação de dados provenientes de microsserviços que compõe uma solução, especialmente num cenário de persistência poliglota em que um grande volume de dados é atualizado de forma frequente. O problema vem sendo reiteradamente discutido na academia, e soluções publicadas apresentam aspectos positivos e negativos relacionados, por exemplo, à disponibilidade, consistência, e grau de acoplamento.

Com base nos estudos existentes e nas inovações proporcionadas pelos sistemas gerenciadores de *streams*, esta dissertação tem o objetivo de construir uma nova solução com maior efetividade na integração de dados.

Como contribuições acadêmicas, este trabalho apresenta uma nova arquitetura para tratar microsserviços com persistência poliglota em um cenário de alta frequência na atualização de dados e faz uma avaliação comparativa com propostas existentes. Como contribuição tecnológica está a implementação da arquitetura proposta empregando tecnologias de software livre e métricas indicando sua efetividade.

## 9. REFERENCES

- [1] B. Behkamal, M. Kahani, and M. K. Akbari. Customizing iso 9126 quality model for evaluation of b2b applications. *Information and software technology*, 51(3):599–609, 2009.
- [2] E. A. Brewer. Towards robust distributed systems. In *PODC*, volume 7, 2000.
- [3] G. Cugola and A. Margara. Processing flows of information: From data stream to complex event processing. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 44(3):15, 2012.

- [4] A. Debski, B. Szczepanik, M. Malawski, S. Spahr, and D. Muthig. In search for a scalable & reactive architecture of a cloud application: Cqrs and event sourcing case study. *IEEE Software*, 2017.
- [5] O. Etzion, P. Niblett, and D. C. Luckham. *Event processing in action*. Manning Greenwich, 2011.
- [6] M. Fowler and J. Lewis. Microservices. <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>, 2014. Acessado em: 02/02/2018.
- [7] P. Kookarinrat and Y. Temtanapat. Design and implementation of a decentralized message bus for microservices. In *Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2016 13th International Joint Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2016.
- [8] J. Kreps, N. Narkhede, J. Rao, et al. Kafka: A distributed messaging system for log processing. In *Proceedings of the NetDB*, pages 1–7, 2011.
- [9] S. Newman. *Building microservices: designing fine-grained systems*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2015.
- [10] D. Richter, M. Konrad, K. Utecht, and A. Polze. Highly-available applications on unreliable infrastructure: Microservice architectures in practice. In *Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C), 2017 IEEE International Conference on*, pages 130–137. IEEE, 2017.
- [11] P. J. Sadalage and M. Fowler. *NoSQL distilled: a brief guide to the emerging world of polyglot persistence*. Pearson Education, 2012.
- [12] M. Stonebraker, U. Çetintemel, and S. Zdonik. The 8 requirements of real-time stream processing. *ACM Sigmod Record*, 34(4):42–47, 2005.
- [13] N. Viennot, M. Lécuyer, J. Bell, R. Geambasu, and J. Nieh. Synapse: a microservices architecture for heterogeneous-database web applications. In *Proceedings of the Tenth European Conference on Computer Systems*, page 21. ACM, 2015.
- [14] L. H. Villaca, L. G. Azevedo, and F. Baiao. Query strategies on polyglot persistence in microservices. In *2018 ACM SIGAPP - a ser publicado*, 2018.
- [15] M. Zappatore, A. Longo, and M. A. Bochicchio. Crowd-sensing our smart cities: a platform for noise monitoring and acoustic urban planning. 2017.
- [16] O. Zimmermann. Microservices tenets. *Computer Science-Research and Development*, pages 1–10, 2016.
- [17] T. Zschörnig, R. Wehlitz, and B. Franczyk. A personal analytics platform for the internet of things. 2017.



# Detecção semântica de efeitos colaterais na Internet das Coisas

Luis Emanuel Neves de Jesus  
Univeridade Federal da Bahia  
FORMAS - Formalismos e Aplicações  
Semânticas Departamento de Ciência da  
Computação - Instituto de Matemática  
Av.Adhemar de Barros, S/N, Ondina 40.170-110  
- Salvador - BA - Brasil  
luis.emanuel@ufba.br

Daniela Barreiro Claro  
Univeridade Federal da Bahia  
FORMAS - Formalismos e Aplicações  
Semânticas Departamento de Ciência da  
Computação - Instituto de Matemática  
Av.Adhemar de Barros, S/N, Ondina 40.170-110  
- Salvador - BA - Brasil  
dclaro@ufba.br

## RESUMO

A evolução dos dispositivos e o aumento do poder computacional possibilitaram a construção de vários dispositivos inteligentes. Em consequência, diversas empresas evoluíram seus equipamentos, protocolos de comunicação e arquitetura de hardware e software gerando um conjunto de tecnologias proprietárias sem padronização, o que dificulta a comunicação entre dispositivos. Arquiteturas, plataformas, frameworks têm sido propostos para prover a interoperabilidade entre os dispositivos heterogêneos. Isoladamente, um dispositivo pode prover uma funcionalidade que atenda parcialmente aos requisitos do usuário, sendo então necessário compor os dispositivos para prover as funcionalidades requisitadas. Embora a composição possa ser tratada por uma junção de dispositivos, muitas vezes pode ocasionar efeitos colaterais indesejáveis gerando problemas para os dispositivos envolvidos. Assim, a proposta deste trabalho é analisar os efeitos colaterais entre dispositivos em ambientes inteligentes, com o intuito de desenvolver um método para detectar semanticamente os efeitos colaterais na composição dos dispositivos.

## Palavras-Chave

Efeitos Colaterais, Interoperabilidade Semântica, Dispositivos heterogêneos, *Smart Devices*, Internet das Coisas

## ABSTRACT

The evolution of the devices and the increase of computational power allowed the construction of several intelligent devices. Several companies have evolved their equipment, communication protocols and hardware and software architecture generating a set of proprietary technologies without standardization, which makes communication between devices difficult. Architectures, platforms, frameworks have

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
Copyright SBC 2018.

been proposed to provide interoperability between heterogeneous devices. In isolation, a device can provide a functionality that partially meets the requirements of a user, so it is necessary to compose the devices to provide the desired functionality. Although the composition can be treated by a pool of devices, it can often cause undesirable side effects generating problems for the devices involved. Thus, the purpose of this work is to analyze the side effects between devices in intelligent environments, with the aim of developing a method to detect semantically the side effects in the composition of the devices.

## Keywords

Feature interaction, Semantic Interoperability, Heterogeneous Devices, Smart Devices, Internet of Things

## 1. INTRODUÇÃO

Com a evolução e miniaturização dos dispositivos e o aumento do poder computacional, vários dispositivos inteligentes e autônomos foram desenvolvidos com capacidade de se conectar a Internet e prover informações relevantes do cotidiano. Segundo [1], a Internet das Coisas é um paradigma que preconiza um mundo de objetos físicos embarcados com sensores e atuadores, conectados por redes sem fio e que se comunicam usando a Internet. Estes dispositivos são capazes de reagir a estímulos externos, utilizando protocolos e padrões da Web, conectando o mundo físico ao virtual.

A diversidade de sistemas computacionais que necessitam se comunicar tem requisitado esforços para o desenvolvimento de soluções interoperáveis. Sistemas heterogêneos demandam configurações e especificações distintas. Esta comunicação muitas vezes é erroneamente interpretada, gerando problemas para os dispositivos ou até inviabilizá-los.

Em se tratando de dispositivos que são desenvolvidos por diferentes fabricantes e usam protocolos proprietários para comunicação, os problemas se tornam ainda mais relevantes. A comunicação entre dispositivos distintos na Internet das Coisas (IoT) tem desencadeado diversos novos desafios [6]. Um dos mais importantes é referente a interoperabilidade no nível sintático e semântico, permitindo uma compreensão não ambígua da mensagem trocada entre os dispositivos.

O presente trabalho tem por principal objetivo analisar os efeitos colaterais na interoperabilidade semântica entre dispositivos heterogêneos. Observando as lacunas encontradas,

constatou-se que os efeitos colaterais oriundos da interoperabilidade entre dispositivos são negligenciados. Assim, propõe-se desenvolver um método que seja capaz de detectar os efeitos colaterais na IoT que são provenientes de uma interoperabilidade semântica.

O artigo está organizado em seções como segue: a seção 2 apresenta a problemática da pesquisa, a seção 3 descreve a proposta de solução, a seção 4 demonstra as formas de avaliação do método proposta, a seção 5 discorre as atividades realizadas na pesquisa.

## 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Com a Web cada vez mais interativa e acessível, é possível conectar os dispositivos com maior eficácia e eficiência através da Internet [3]. A infraestrutura e o arcabouço tecnológico oferecidos pela Internet otimiza as rotinas e atende as necessidades diárias, proporcionando maior estreitamento entre distâncias. Dentre as diversas aplicações, enumeram-se: aberturas de portas à distância, programação de eletrodomésticos pela rede, controle de ambientes inteligentes remotamente, realização de compras em vitrines virtuais. Estes funcionamentos permitem a conexão entre dispositivos e sistemas computacionais de forma transparente.

A interoperabilidade plena é um dos desafios da IoT [5] que estão sendo tratados baseado no aspecto semântico para poder desambiguar os dados aplicando técnicas de mapeamento semântico. Contudo, o processo de interoperar semanticamente dispositivos pode ocasionar em efeitos indesejáveis não previstos enquanto os dispositivos eram isolados.

No contexto de tráfego inteligente, em um cruzamento, composto por dispositivos de controle (sinaleiras) de trânsito que são sensíveis à serviços emergenciais distintos, onde veículos podem solicitar prioridade de cruzamento. Em situações onde, simultaneamente, uma ambulância e uma viatura policial solicitam prioridade no mesmo cruzamento, pode ocorrer efeitos colaterais indesejados por conflito de interesse, impedindo que ambos chegam ao seu objetivo que seria ter prioridade no cruzamento.

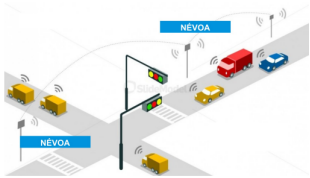


Figure 1: Tráfego Inteligente.

Considerando o contexto descrito na Figura 1, o presente trabalho visa desenvolver um método que detecte os efeitos colaterais quando dispositivos heterogêneos estão trabalhando em conjunto.

## 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Com a dificuldade de comunicação entre os dispositivos, soluções são propostas a fim de prover a interoperabilidade entre dispositivos e ambientes inteligentes baseados em conceitos da Internet das Coisas. Tais soluções [4] [3] são aplicadas nas camadas inferiores: sensores, atuadores e gateways com concepção de arquiteturas e plataformas. Estas abordagens são compostas por um conjunto de tecnologias que

realizam a interoperabilidade entre os dispositivos concentrados na solução proposta.

Mesmo com as diversas propostas para prover a interoperabilidade entre dispositivos, muitos dos dispositivos não conseguem atender as solicitações dos usuários, havendo a necessidade de combinar dispositivos para prover as funcionalidades requisitadas. Em tais composições o comportamento de pelo menos um dos dispositivos pode ocasionar efeitos colaterais indesejáveis.

Os autores em [2] abordam o problema de efeitos colaterais e propuseram uma detecção de interação baseada na Web semântica com regras para modelar serviços e políticas de casas inteligentes de modo a construir um contexto semântico para inferir a interação das políticas a partir das composições de serviços realizados. Para modelar as regras de políticas e dos serviços, foi utilizado *Semantic Web Rule Language* (SWRL) com definição de diretrizes mapeadas para atender o contexto do estudo de caso.

O presente trabalho tem por principal objetivo analisar os efeitos colaterais entre dispositivos em ambientes inteligentes e propor um método de detecção semântica de efeitos colaterais indesejáveis.

## 4. PROJETO DE AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

O processo de avaliação do método proposto será realizado a partir de experimentos com dispositivos mapeados semanticamente combinados em um ambiente inteligente, no qual os dispositivos e ambientes passaram por alterações não projetada anteriormente para que possa ser coletado informações que possibilite a detecção semântica de efeitos colaterais. Tais informações permitirão mapear os resultados e comparar com propostas similares.

## 5. ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades iniciais foram com foco em conhecer a grande área de pesquisa (IoT), com a leitura de artigos relevantes sobre o tema. Em seguida foi refinada a pesquisa com objetivo de verificar o que está sendo aplicado sobre interoperabilidade semântica na IoT. Nesta fase foram aplicados alguns critérios de exclusão, definindo as seguintes buscas aplicadas na base de dados do IEEE: "devices heterogeneous", "web semantic" "side effects".

A partir dos resultados foram selecionados artigos para análise, categorizados em clássico e de base teórica. Os clássicos abordaram a semântica e as técnicas de interoperabilidade entre informações heterogêneas, já os de base teórica concentraram-se em semântica para IoT. Tais artigos foram publicados há menos de cinco anos e estão relacionados ao tema proposto neste trabalho.

Com o embasamento teórico estabelecido, foi priorizado a realização de um mapeamento sistemático baseado nas recomendações [7], gerando um modelo simplificado dividido em seis etapas com o objetivo de avaliar o que está sendo trabalhado no contexto de interoperabilidade semântica na IoT.

O processo de mapeamento simplificado, com o objetivo de mapear o contexto da semântica na internet das coisas teve como resultado inicial um total de 392 publicações, publicados entre os anos de 2015 e 2017. Após aplicar os critérios de seleção, foi gerado o levantamento dos artigos publicados por ano, que pode ser observado na Figura 2.

Além destes resultados, os artigos foram categorizados de

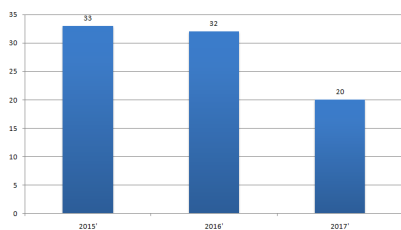


Figure 2: Publicações por ano.

acordo com os veículos de publicação. A Figura 3 apresenta os principais resultados, dos quais destaca-se que a maioria dos artigos recuperados foram publicados em conferências.

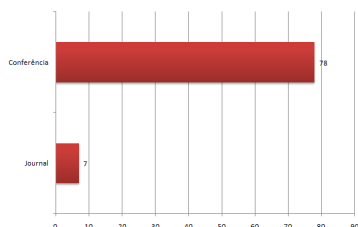


Figure 3: Veículos de Publicação.

Uma das questões de pesquisa desenvolvidas neste trabalho foi referente ao modelo semântico adotado nos artigos publicados. Esta informação permitiu conhecer o que tem sido aplicado na IoT no aspecto semântico. A Figura 4 apresenta os modelos semânticos mais utilizados.

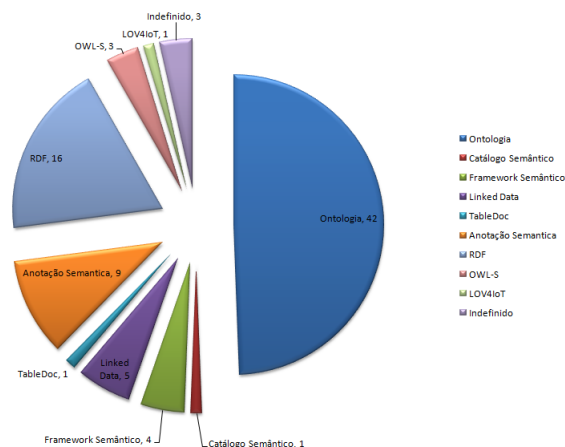


Figure 4: Representações semânticas na IoT.

Observa-se que o principal modelo semântico utilizado na IoT foram as ontologias. Estas ontologias foram caracterizadas principalmente por ser ontologias de domínios específicos muitas vezes desenvolvidas pelo próprio autor com o intuito de exemplificar a sua proposta. Em seguida tem-se RDF e anotações semânticas que foram utilizadas em dispositivos.

Os resultados obtidos da revisão sistemática simplificada comprovam que a web semântica é um aspecto importante para desambiguar o grande volume de dados produzidos na IoT. Contudo, apenas a semântica não é suficiente para prover uma interoperabilidade entre os dispositivos, pois se faz necessário investigar possíveis efeitos colaterais principalmente na IoT que podem trazer consequências graves.

Na fase atual do projeto, estão sendo avaliados trabalhos que abordam os efeitos colaterais na IoT, com ênfase nos processos de avaliação e tecnologias adotadas que servirão para delimitar o método a ser proposto para a detecção semântica de efeitos colaterais na IoT.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um método de detecção semântica de efeitos colaterais na IoT. Até o momento, dos objetivos propostos foram alcançados a análise das plataformas, dos gateways e dispositivos e o mapeamento da semântica simplificado utilizada no contexto da IoT.

Os experimentos definidos nessa fase da pesquisa, atenderam os objetivos de validar a semântica em um ambiente heterogêneo, mas será necessário novos experimentos com foco no desempenho com um conjunto de dados significativo de inferência.

Ao analisar os resultados parciais, consolidamos que a ontologia e o RDF são as principais técnicas adotadas para prover semântica nos dispositivos. Contudo, a pesquisa concluiu que a semântica nos dispositivos não é o suficiente para prover interoperabilidade entre dispositivos e ambientes heterogêneos.

## 7. REFERENCES

- [1] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito. The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15):2787–2805, 2010.
- [2] H. Hu, D. Yang, L. Fu, H. Xiang, C. Fu, J. Sang, C. Ye, and R. Li. Semantic web-based policy interaction detection method with rules in smart home for detecting interactions among user policies. *IET communications*, 5(17):2451–2460, 2011.
- [3] J. Kiljander, A. Delia, F. Morandi, P. Hyttinen, J. Takalo-Mattila, A. Ylisaukko-Oja, J.-P. Soinen, and T. S. Cinotti. Semantic interoperability architecture for pervasive computing and internet of things. *IEEE access*, 2:856–873, 2014.
- [4] K. Kotis and A. Katasonov. Semantic interoperability on the internet of things: The semantic smart gateway framework. *International Journal of Distributed Systems and Technologies (IJDST)*, 4(3):47–69, 2013.
- [5] C. B. Maciel, David. *I Grand Research Challenges in Information Systems in Brazil 2016 – 2026*, chapter Full Interoperability: Challenges and Opportunities for Future Information Systems, pages 107–115. CESI/SBC, 2016.
- [6] J. Mineraud, O. Mazhelis, X. Su, and S. Tarkoma. A gap analysis of internet-of-things platforms. *Computer Communications*, 89:5–16, 2016.
- [7] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64:1–18, 2015.

# Framework para tradução de modelos de processo de negócio para Linguagem Cidadã

Luiz Paulo Carvalho  
PPGI - UNIRIO

Rio de Janeiro/RJ, Brasil  
luiz.paulo.silva@uniriotec.br

Claudia Cappelli  
PPGI - UNIRIO

Rio de Janeiro/RJ, Brasil  
claudia.cappelli@uniriotec.br

Flavia Santoro  
DIA - UNIRIO

Rio de Janeiro/RJ, Brasil  
flavia.santoro@uniriotec.br

## RESUMO

A Lei de Acesso à Informação brasileira determina que processos e informações públicas sejam apresentados aos cidadãos de forma inteligível aos mesmos. Modelos de processos de negócios têm se apresentado como uma forma para representação de conhecimento organizacional, e são usualmente apresentados através de notações técnicas ou linguagem natural, formas que podem apresentar problemas em relação à efetividade do entendimento pela grande maioria dos cidadãos. Este trabalho propõe um *framework* (método, notação, ferramentas e meta-modelo) capaz de traduzir linguagens técnicas em uma Linguagem Cidadã de processos, de forma a habilitar o entendimento de processos e informações.

## Palavras-chave

Entendimento; Transparência; Processo de Negócio; Linguagem Cidadã

## ABSTRACT

*The Brazilian Law on Access to Information determines that processes and public information be presented to citizens in an intelligible way. Business process models have been presented as a way to represent organizational knowledge, usually presented through technical notations or natural language, ways that can present problems in relation to the effectiveness of the understanding by the great majority of citizens. This work proposes a framework (method, notation, tools and meta-model) capable of translating technical languages into a Citizen Language of processes, in order to enable the understanding of processes and information.*

## CCS Concepts

• *Information Systems* • *Applied computing* → *Business process modeling* • *Social and professional topics* → *Socio-technical systems*

## Keywords

*Understandability; Transparency; Business Process; Citizen Language*

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018, June 4th–8th, 2018, Caxias do Sul, RS, Brazil. Copyright SBC 2018.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Stair e Reynolds [1]: "Um Sistema de Informação (SI) é um conjunto de componentes interconectados que coletam, processam, armazenam e disseminam dados e informações", sendo utilizados diariamente por pessoas e organizações, e não obrigatoriamente possuem componentes computacionais. Neste contexto, pessoas e organizações geram produtos e prestam serviços a partir de processos, automatizados ou não [2], mesmo que de forma inconsciente [3]. A documentação e modelagem de processos de negócios habilita seu entendimento e transparência [4], este procedimento é comumente realizado com notações técnicas, como *Business Process Model and Notation* (BPMN), *Event-driven Process Chain* (EPC), *Petri Net* etc., ou linguagem natural (incluindo na forma de casos de uso [5]).

Em 2011 foi promulgada a Lei de Acesso à Informação (LAI) [6] no Brasil, regulamentada pelo decreto N° 7.724 [7], em 2012. A Lei define que informações públicas, não pessoais, devem ser transparentes ao cidadão, incluindo processos de negócio públicos. A Suécia, por exemplo, possui iniciativa de transparência pública desde 1974 [8], o Brasil ainda inicia seus primeiros passos em questão de cumprimento da Lei.

Como é mandatório pela LAI, as informações devem ser objetivas, ágeis, gratuitas, transparentes, claras e de fácil compreensão, como rege seu Artigo 5° [6]. No Brasil o governo cita a Linguagem Cidadã como um padrão para desburocratizar e dar acesso às informações [9]. Em SI, uma das qualidades da informação é a simplicidade [1], deve ser simples e detalhes sofisticados ou em excesso devem ser omitidos, já que causam sobrecarga e confundem a tomada de decisão dos envolvidos.

Na Instrução Normativa oficial a Ouvidoria Geral da União (OGU) define a Linguagem Cidadã: "É aquela clara, concisa, objetiva, desburocratizada. Mais do que isso, é aquela que atenta para o contexto sociocultural da pessoa a que é dirigida, adaptando-se às suas necessidades. Assim, se mostra inadmissível, em tese, utilizar-se de linguagem técnica ou que se queira estudos ou investigações posteriores para sua correta compreensão. No entanto, se o cidadão a que se destina a resposta da ouvidoria for reconhecidamente um especialista em uma área específica, não haverá problemas em utilizar linguagem mais técnica." [10].

Cappelli [11] propôs um *Soft-goal Interdependency Graph* (SIG) para definir transparência organizacional, contendo características. Uma delas é o entendimento. A partir desta característica a linguagem deve ser, não se limitando a: intuitiva, ser utilizada sem instrução prévia; simples, sem apresentar obstáculos ou dificuldades e; amigável, organizada ou apresentada visando menor esforço.

O objetivo é identificar como estas linguagens podem ser apresentadas aos cidadãos de forma inteligível aos mesmos.

A Seção 2 apresenta o problema alinhado com contexto e a questão de pesquisa; a Seção 3 expõe as propostas de solução; a Seção 4 apresenta como será avaliada a solução construída; a Seção 5 mostra a posição atual da pesquisa e; a Seção 6 conclui.

## 2. PROBLEMA E QUESTÃO

Linguagens e notações complexas podem causar um fenômeno de *Apartheid* Informacional [12], excluir ou incluir pessoas e reforçar ou abalar estruturas de poder [13]. Pela perspectiva democrática, a linguagem, e a forma como é instrumentalizada, pode negar ao cidadão o exercício dos seus direitos [14].

Para a maioria dos cidadãos, a linguagem natural não é apropriada para o melhor entendimento dos processos de negócios, pois apresenta semântica dúbia, capacidade de interpretações diferentes da pretendida, exaustão mental durante absorção, etc. [15, 5]; linguagens técnicas ou formais possuem sintaxe e semântica complexas, distantes da realidade linguística e comunicativa da maioria dos cidadãos e ininteligíveis para os mesmos [16].

Uma Linguagem Cidadã para processos de negócios foi proposta por Carvalho et al. [17], e uma avaliação de entendimento desta foi realizada [18], apresentando resultados positivos de entendimento sobre notações técnicas amplamente utilizadas. A Figura 1 apresenta um exemplo de processo de negócio traduzido para a mesma.

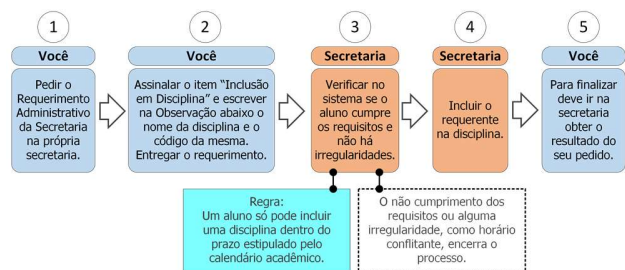


Figura 1: Exemplo de processo traduzido para a Linguagem Cidadã [18]

O conhecimento tácito desta Linguagem Cidadã, que não está estruturada, completa ou formalizada, está em posse apenas dos pesquisadores envolvidos em Carvalho et al. [17]. Sua operacionalização está limitada à participação dos mesmos.

Uma aplicação para traduzir modelos de BPMN para esta Linguagem Cidadã [19] foi construída, mas também necessita do acompanhamento destes criadores dado que não há um método de construção de modelos alinhado à linguagem inserido na mesma.

Também não foram explicitados junto com a definição da linguagem os tipos de diagramas (meta-modelos) a serem construídos. Atualmente supõe-se apenas o uso do fluxo de processos.

Isso mostra que não há uma estrutura que permita aos interessados construir modelos diretamente a partir dela em o conhecimento tácito dos seus desenvolvedores. A partir destes problemas, a questão levantada é: Como construir modelos de processos de negócio efetivamente entendíveis ao cidadão através de uma Linguagem Cidadã?

## 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A proposta deste trabalho é construir um *framework* que seja composto por uma notação, meta-modelo, ferramenta e método capaz de apoiar a tradução de forma sistemática.

A notação é a nomeação, estruturação e definição formal da Linguagem Cidadã de processos, buscando completa-la e definir aspectos sintáticos e semânticos, enquanto a pragmática estará no método.

O método consiste na operacionalização desta linguagem e do seu ferramental, foco no objetivo de transparência, análise do público-alvo e uma breve instrução de descoberta, elicitación e modelagem destas informações, para que os interessados possam trabalhar com elas e construir os modelos objetivando clareza, objetividade e comunicação efetiva.

A ferramenta tem dois vieses, tradução de outras notações e aplicação para modelagem diretamente nesta linguagem. No primeiro, procedimentos computacionais que realizem a tradução de outras notações (por exemplo, BPMN) para esta; a segunda permite que o interessado modele diretamente nesta linguagem, essa aplicação de modelagem apresentará os elementos notacionais, regras sintáticas e semânticas. O foco é assistir e facilitar o modelador na tarefa da tradução gráfica.

O meta-modelo consiste na abstração de definições dos conceitos e dados que serão incluídos nos modelos (indiretamente no restante do *framework*), análise e avaliação dos elementos mais importantes para garantir entendimento ao cidadão, sejam regras, organogramas, valor, mudança, atores, documentos etc.

Para desenvolvimento da proposta foi escolhida a metodologia *Design Science Research* [20]. Ao que tange a metodologia, o contexto social está implícito nos trabalhos passados e no interesse em torno da aplicação desta linguagem em outros casos. A parte epistemológica será a fundamentação teórica e da construção dos elementos do *framework* (a pesquisa em si); o artefato será o *framework* acima citado e o projeto do mesmo; a avaliação se dará em acompanhamento da operacionalização do *framework* em caso real e por questionários aqueles que o utilizarem e o público dos modelos que forem construídos; haverá retroalimentação (pelas respostas e observação de uso) e aperfeiçoamento do objeto final, concluindo um ciclo completo.

## 4. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

A proposta é avaliar o artefato, *framework*, em uso, sem interferência. Observar como os envolvidos o utilizarão, como construirão os modelos, itens com maior e menor relevância na prática, documentar feedbacks espontâneos. Em vista de permitir que os envolvidos o qualifiquem, promover entrevistas para colher suas impressões e relatos (“o *framework* em si é difícil de usar?”, “quais foram as maiores dificuldades?”, “algum elemento pareceu mais importante? Algum deixado de lado?” etc.).

Com os modelos construídos e acessíveis ao público-alvo, realizar questionário com o mesmo para coletar a sua impressão e buscar avaliar se, de fato, o artefato de conhecimento final construído atendeu os requisitos de qualidade da informação, como indicada a lei e efetivamente comunicando a informação. Realizados estes procedimentos, as respostas resultarão em uma retroalimentação de dados para melhoria, e o *framework* será aperfeiçoado a partir deles.

## 5. MARCO ATUAL

Trabalhos já foram publicados em torno desta Linguagem Cidadã [18, 19, 21]. Interessados buscam a equipe de pesquisa da linguagem para operacionaliza-la em seus ambientes, tornando seus procedimentos melhor entendidos ao seu público-alvo. A ferramenta de tradução de BPMN para esta linguagem [19] está em aperfeiçoamento, para construir uma aplicação *web* dedicada.

Projetos têm sido desenvolvidos no grupo de pesquisa <sup>1</sup>, envolvendo alunos de graduação de forma que possam realizar a tradução manual de modelos BPMN já construídos a Linguagem Cidadã. Esta prática está gerando insumos para o *framework*.

Pouquíssimos trabalhos focam em entendimento de processos públicos utilizando linguagens simplificadas. A maioria foca em leis e dados. Iniciativas de “Linguagem Clara” [8, 12, 14] pelo mundo avançam e defendem a democratização, equidade e simplificação da informação pública, utilizando aplicações (como sistemas) ou meios (como *websites*) informáticos práticos.

## 6. CONCLUSÃO

A proposta está alinhada com Grandes Desafios da área de Sistemas de Informação no Brasil [22], especialmente nas Metodologias e Tecnologias para Participação Cidadã: “promover melhor visualização de dados que suportem e auxiliem a tomada de decisão pelo cidadão”; diretamente relacionada, inclusive citada, em Transparência de SI.

Como aspecto sociotécnico está o viés humano, onde as características sociais, cognitivas e culturais das pessoas são determinantes na aplicação; pelo aspecto organizacional está a democratização do entendimento dos processos públicos, pelo cidadão externo ou pelos atores internos da organização; aspecto técnico contempla a linguagem formal estruturada e as ferramentas computacionais que a assistem (aplicação para modelagem e tradução).

Como próximos passos, a formalização da notação, a construção do método para tradução, finalização do ferramental e elaboração do meta-modelo completo. Consolidação do *framework* em si, operacionalização e avaliação do mesmo.

A médio ou longo prazo espera-se que outras instituições não apenas implementem o *framework*, como o editem, estendam-no, criem suas próprias linguagens cidadãs adaptadas ao seu contexto e democratizem e habilitem a acessibilidade e usabilidade de seus processos contribuindo com a transparência.

## 7. REFERÊNCIAS

Material online acessado e disponível em 14/02/2018.

[1] Stair, R. M., Reynolds, G. W., 2018. *Principles of Information Systems*. 13ª edição. Cengage Learning, EUA.

[2] Baldam, R., Valle, R., Rozenfeld, H., 2014. *Gerenciamento de Processos de Negócios – BPM: uma referência para implantação prática*. Rio de Janeiro, Elsevier.

[3] Laudon, K., Laudon, J., 2013. *Essentials of Management Information Systems*. 10ª edição. New Jersey, Pearson.

[4] Franz, P., Kirchmer, M., Rosemann, M. 2012. *Value-Driven Business Process Management: Impact and Benefits*. Queensland, Accenture.

[5] Ottensooser, A., Fekete, A., Reijers, H.A., Mendling, J., Menictas, C. 2012. *Making Sense of Business Process Descriptions: An Experimental Comparison of Graphical and Textual Notations*. J. Systems and Software. Vol. 85, n. 3 pp. 596-606.

[6] Brasil, 2011. Lei nº 12.527. *Lei de Acesso à Informação*. Em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2011/lei/112527.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2011/lei/112527.htm).

[7] Brasil, 2012. Decreto nº 7.724. Em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/decreto/d7724.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/decreto/d7724.htm).

[8] México, 2004. *Lenguaje Ciudadano*, Un manual para quien escribe en la Administración Pública Federal. Em: [http://www.gobernacion.gob.mx/work/models/SEGOB/Resolurce/148/1/images/Manual\\_lenguaje\\_ciudadano.pdf](http://www.gobernacion.gob.mx/work/models/SEGOB/Resolurce/148/1/images/Manual_lenguaje_ciudadano.pdf).

[9] Brasil, 2013. *Manual da Lei de Acesso à Informação para Estados e Municípios*. Em: [http://www.cgu.gov.br/Publicacoes/transparencia-publica/brasil-transparente/arquivos/manual\\_lai\\_estadosmunicipios.pdf](http://www.cgu.gov.br/Publicacoes/transparencia-publica/brasil-transparente/arquivos/manual_lai_estadosmunicipios.pdf).

[10] Brasil, 2015. *Instrução Normativa Nº 01 Da Ouvidoria-geral Da União Da Controladoria-Geral Da União*. Em: <http://www.ouvidorias.gov.br/ouvidorias/legislacao/instrucao-normativa/manual-instrucao-normativa.pdf>.

[11] Cappelli, C., 2009. *Uma Abordagem Para Transparência Em Processos Organizacionais Utilizando Aspectos*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, PUC-Rio..

[12] Sandra, F-M., 2011. *The right to understand*. Em: <https://www.youtube.com/watch?v=tP2y0vU7EG8>. TEDx Talks, Porto.

[13] Sonntag, S. K., L. Cardinal, L., 2015. *State Traditions and Language Regimes: Conceptualizing Language Policy Choices, in State Traditions and Language regimes*. McGill-Queen's University Press, Montreal & Kingston.

[14] Johannessen, M. R., Berntzen L., Ødegård A., 2017. *A Review of the Norwegian Plain Language Policy*. EGOV'17, Springer.

[15] Krogstie, J., 2016. *Quality in Business Process Modeling*. Berlim, Springer-Verlag.

[16] Engiel, P., 2012. *Projetando o entendimento de modelos de processos de prestação de serviços públicos*. Dissertação de mestrado. PPGI-UNIRIO, Rio de Janeiro.

[17] Carvalho, L.P., 2015. *Representação e Transparência dos Processos da Secretaria da Escola de Informática Aplicada da UNIRIO*, RelaTe-DIA, UNIRIO, Rio de Janeiro.

[18] Carvalho, L.P., Santoro, F., Cappelli, C, 2016. *Using a citizen language in public process models: the case study of a Brazilian university*. EGOVIS'16, DEXA, Portugal.

[19] Oliveira, R., Santoro, F., Cappelli, C., 2017. *Transformação Semiautomática de Processos Baseados em BPMN para Modelos Compreensíveis aos Cidadãos*. XVI Jornada de Iniciação Científica, UNIRIO.

[20] Wieringa, R. J., 2014. *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Berlim, Springer-Verlag.

[21] Carvalho, L.P., Santoro, F., Cappelli, C, 2016. *O uso de uma Linguagem Cidadã por diversos perfis organizacionais*. ERSI'16, Rio de Janeiro.

[22] Boscaroli, C.; Araujo, R. M.; Maciel, R. S. P., 2017. *I GrandSI-BR – Grand Research Challenges in Information Systems in Brazil 2016-2026*. Special Committee on Information Systems (CE-SI). Brazilian Computer Society (SBC)

<sup>1</sup> <http://uniriotec.br/~transparencia/>



# Um estudo sobre a avaliação automática de diretrizes de acessibilidade para dispositivos móveis.

Camila Silva  
 Universidade de São Paulo  
 Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
 São Paulo, Brasil  
 camilafps@usp.br

Marcelo Medeiros Eler  
 Universidade de São Paulo  
 Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
 São Paulo, Brasil  
 marceloeler@usp.br

## RESUMO

Acessibilidade digital é a capacidade de um software poder ser usado pelo maior número possível de pessoas, incluindo usuários com algum tipo de deficiência, seja física ou mental. O grande esforço necessário para avaliar se um software atende às diretrizes mínimas de acessibilidade motivou o desenvolvimento de diversas ferramentas de automação. Entretanto, não existe ainda nenhum estudo abrangente sobre quais recomendações de acessibilidade podem ou não ser avaliadas automaticamente para dispositivos móveis, apenas estudos que mostram quais diretrizes são automatizadas no desenvolvimento web. Portanto, o objetivo deste projeto de pesquisa é realizar um estudo abrangente para identificar, entre as recomendações, a possibilidade de se fazer avaliação automática.

## Palavras-Chave

Acessibilidade; Testes automatizados; Aplicações móveis.

## ABSTRACT

Digital accessibility is the software capability to be used by the most possible number of people, including users with some kind of disability, either physical or mental. The great effort required to evaluate whether a software meets basic accessibility guidelines motivated the development of several automation tools. However, there has not been yet any comprehensive study about which accessibility guidelines can be automatically evaluated. Therefore, this research project aims at conducting a comprehensive study to identify, among the guidelines, the possibility of performing automatic evaluation.

## CCS Concepts

•Human-centered computing → Ubiquitous and mobile devices; Accessibility; Accessibility systems and tools; •Software and its engineering → Software verification and validation;

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
 Copyright SBC 2018.

## Keywords

Accessibility, Automated test, Mobile applications

## 1. INTRODUÇÃO

Cerca de 15% da população mundial possui algum tipo de deficiência e enfrenta barreiras para realizar atividades cotidianas [12], incluindo acesso a informações e serviços eletrônicos. No Brasil, 19% da população possui deficiência visual, 7% possui deficiência motora, 5% possui deficiência auditiva, e 1% possui deficiência mental ou intelectual [5]. Este cenário torna claro a necessidade de que todo software desenvolvido precisa ser acessível a todos, independente de condição física ou intelectual. Infelizmente, muitos portais web e aplicações móveis, inclusive no contexto público, possuem muitos problemas de acessibilidade [11, 1, 9, 8].

Em particular, com a intensificação do uso de dispositivos móveis e suas aplicações [7], atenção especial tem sido dada a esta plataforma no que se refere à definição de diretrizes de acessibilidade. Por exemplo, várias iniciativas ligadas ao W3C (World Wide Web Consortium), a principal organização internacional que define e mantém padrões para a Internet, começaram a desenvolver ou criar seções com padrões de acessibilidade específicos para aplicações móveis: WCAG<sup>1</sup> (Web Content Accessibility Guidelines), UAAG<sup>2</sup> (User Agent Accessibility Guidelines), ATAG<sup>3</sup> (Authoring Tool Accessibility Guidelines), WAI-ARIA<sup>4</sup> (Affordable Rich Internet Applications).

Ainda que muitas aplicações sejam bem desenvolvidas, robustas e possuam interface agradável, usabilidade e acessibilidade devem andar juntas e todos devem poder usar a aplicação para que ela cumpra seu objetivo. Aplicações altamente populares, como o Facebook e Spotify, por exemplo, ainda possuem problemas básicos de acessibilidade [2, 10].

Avaliações de acessibilidade são necessárias, portanto, para garantir que a aplicação móvel siga as diretrizes de acessibilidade propostas por algum padrão, e que portanto seja também acessível a pessoas com algum tipo de deficiência. O esforço para avaliar acessibilidade é muito grande porque requer que especialistas ou usuários analisem as várias funcionalidades oferecidas pela aplicação. Neste contexto, ferramentas de análise e teste automático de acessibilidade surgiram para apoiar o trabalho de desenvolvedores e especialistas na garantia de que as aplicações desenvolvidas possuam

<sup>1</sup><https://www.w3.org/WAI/intro/wcag>

<sup>2</sup><https://www.w3.org/WAI/intro/uaag.php>

<sup>3</sup><https://www.w3.org/TR/ATAG20/>

<sup>4</sup><https://www.w3.org/WAI/intro/aria>

os requisitos de acessibilidade pretendidos.

## 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Embora as ferramentas consigam automatizar a avaliação de acessibilidade de aplicativos móveis de diversas maneiras, muitas recomendações de acessibilidade não estão cobertas, limitando assim sua utilidade e abrangência. Além disso, essas ferramentas podem apoiar a avaliação de aplicações móveis, mas não podem substituir totalmente a avaliação manual uma vez que existem propriedades cuja avaliação não pode ser automatizada. Por exemplo, a recomendação de que os elementos em uma tela devem estar organizados de forma lógica e semântica depende de avaliação subjetiva de um ser humano, a não ser que marcações semânticas sejam feitas em cada elemento da tela de uma aplicação móvel.

Algumas propriedades podem ser avaliadas automaticamente, mas de forma parcial. Por exemplo, ferramentas conseguem detectar se os elementos não textuais de uma tela, como uma imagem, possuem uma descrição associada de forma que um leitor de tela possa informar ao usuário do que se trata. Entretanto, não é possível determinar automaticamente se a descrição faz sentido para o usuário ou condiz com o elemento apresentado na tela. Só é possível determinar se a descrição existe ou não.

Ainda que de forma limitada, o uso de ferramentas de automação é muito importantes para apoiar a avaliação de acessibilidade móvel pois elas permitem que propriedades sejam analisadas em pouco tempo e com muita precisão. Em alguns casos, ela pode simplesmente indicar pontos que exigem maior atenção do avaliador.

Portanto, é natural e necessário que esforços sejam investidos na criação e na evolução de ferramentas que avaliam automaticamente propriedades de acessibilidade de aplicações móveis de tal forma que as avaliações sejam mais rápidas e precisas. Entretanto, não existem ainda estudos que mostram quais propriedades de acessibilidade podem ser totalmente automatizadas, quais podem ser parcialmente automatizadas e quais não podem ser automatizadas. Um estudo desta natureza serviria como guia para o desenvolvimento e evolução de ferramentas de avaliação automática.

## 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

O objetivo principal deste projeto de mestrado é investigar, para cada propriedade de acessibilidade digital para aplicações móveis, se sua avaliação pode ou não ser automatizada. O resultado desta investigação será uma lista de propriedades de acessibilidade móvel associada a um rótulo relacionado à sua avaliação: totalmente automatizável, parcialmente automatizável ou não automatizável.

Para todas as propriedades rotuladas, uma descrição será fornecida explicando os motivos pelos quais ela recebeu aquele rótulo. Quando a avaliação de uma propriedade for parcial ou completamente automatizável, diretrizes serão fornecidas para guiar os desenvolvedores de ferramentas de avaliação na implementação das verificações pertinentes.

Os objetivos citados anteriormente serão alcançados por meio da execução dos seguintes passos:

1. Levantamento bibliográfico sobre as diretrizes e recomendações de acessibilidade disponíveis para dispositivos móveis: o resultado deste estudo será um conjunto de recomendações único que será utilizado como base para os passos seguintes.

2. Identificação de ferramentas de avaliação automática de acessibilidade móvel.
3. Identificação de ferramentas de avaliação automática de acessibilidade para web.
4. Análise das propriedades de acessibilidade avaliadas automaticamente pelas ferramentas identificadas nas atividades anteriores (3 e 4). Ainda que usada em outra plataforma, entender as propriedades de acessibilidade avaliadas automaticamente neste contexto pode fornecer indícios sobre a possibilidade de o fazer em plataforma móvel.
5. Entrevistas estruturadas e questionários enviados a especialistas em avaliação de acessibilidade para entender os detalhes sobre como cada propriedade é avaliada, para então determinar, dentro do contexto técnico de desenvolvimento, se a propriedade em questão pode ou não ser avaliada automaticamente.
6. Atribuição de rótulos e descrição detalhada de cada propriedade de acessibilidade.
7. Validação das atribuições por especialistas em avaliação de acessibilidade e desenvolvedores de ferramentas de avaliação de acessibilidade.

A longo prazo, a lista de diretrizes possíveis de serem avaliadas automaticamente será validada conforme cada verificação e implementada em ferramentas de avaliação de acessibilidade.

## 4. ATIVIDADES JÁ REALIZADAS

Este projeto de mestrado está em estágio inicial, mas algumas atividades já foram realizadas. Em primeiro lugar, foram identificados os padrões de acessibilidade para dispositivos móveis, como o rascunho da nova versão do WCAG, o WCAG 2.1, o UAAG, ATAG, WAI-ARIA, e até mesmo uma proposta de adaptação do modelo brasileiro de acessibilidade, o e-MAG [3], para poder ser aplicado no contexto de dispositivos móveis. Deste estudo, uma lista parcial de recomendações de acessibilidade já foi elaborada.

Em seguida, uma pesquisa foi realizada para a identificação das ferramentas que propõem a avaliação automática de propriedades de acessibilidade. As ferramentas encontradas com esta função estão listadas a seguir:

- *Android Lint*<sup>5</sup>: Uma ferramenta de verificação estática de código que pode, entre outros problemas estruturais, identificar se cada componente não textual da interface possui um rótulo que pode ser lido por leitores de tela. Ela também verifica se componentes personalizados reimplementam os métodos para fornecer informações aos serviços de acessibilidade.
- *Espresso*<sup>6</sup>: Um *framework* de testes unitários e de interface que pode verificar, durante uma sessão de testes, as propriedades de acessibilidade: rótulos de componentes não textuais, contraste entre elementos da interface com o plano de fundo, tamanho dos ítems clicáveis, duplicação de descrição de elementos não textuais, sobreposição de elementos clicáveis, e ações em palavras específicas de um texto (*clickable span*).

<sup>5</sup>[tools.android.com/tips/lint](https://tools.android.com/tips/lint)

<sup>6</sup>[developer.android.com/training/testing/espresso/](https://developer.android.com/training/testing/espresso/)



- *Robolectric*<sup>7</sup>: Um *framework* de teste unitário que possibilita aos desenvolvedores executar testes em uma máquina virtual ao invés de utilizar um emulador ou um dispositivo real [6]. Durante os testes, ele é capaz verificar as mesmas propriedades de acessibilidade avaliadas pelo *Espresso*.
- *PUMA*: Um *framework* de análise dinâmica de aplicativos que verifica algumas violações de propriedades de acessibilidade [4], como tamanho de ítems clicáveis, distância entre elementos na tela e contraste.
- *forApp*<sup>8</sup>: é um serviço online que automaticamente verifica propriedades de acessibilidade de aplicações móveis. A inspeção inclui a verificação de propriedades como, por exemplo, rótulo para elementos não textuais e identificação de foco.
- *Accessibility Scanner*<sup>9</sup>: é um aplicativo móvel Android que permite que, para cada tela de um aplicativo em uso, seja possível obter recomendações de melhoria de acessibilidade. As propriedades verificadas são as mesmas verificadas pelo *framework Espresso* e *Robolectric*.
- *MATE* [2]: Uma ferramenta de testes automatizados de acessibilidade para aplicativos *Android*. A ferramenta interage automaticamente com um aplicativo sob avaliação e, a cada tela acessada, realiza uma rotina de verificações de propriedades de acessibilidade. As propriedades verificadas são as mesmas avaliadas pelo *framework Espresso*.

A maioria das ferramentas citadas anteriormente possuem seu código publicamente disponível, ou possuem verificações de acessibilidade baseadas no Google Accessibility Test Framework for Android<sup>10</sup>, cujo código também está disponível online. Dessa forma, é possível analisar de que forma cada uma das propriedades de acessibilidade são avaliadas na prática.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma visão geral sobre a proposta e as atividades já realizadas deste projeto de mestrado. Acredita-se que os resultados desta pesquisa serão muito importantes para guiar desenvolvedores na criação e evolução de ferramentas de apoio à avaliação de acessibilidade móvel, tema que tem sido alvo de grande atenção no mundo inteiro uma vez que o número de usuários de aplicações móveis tem crescido significativamente e legislações específicas de inclusão digital tem sido criadas, inclusive no Brasil. Acredita-se, também, que uma vez que as ferramentas de avaliação automática sejam robustas o suficientes, desenvolvedores as utilizarão no processo de desenvolvimento de aplicações e conseguirão detectar, antes do lançamento de seus produtos, problemas de acessibilidade que são possíveis de serem automatizados, restando aos especialistas e usuários a avaliação manual das demais propriedades.

<sup>7</sup>[robolectric.org/](http://robolectric.org/)

<sup>8</sup><http://www.forapp.org>

<sup>9</sup><https://play.google.com/store/>

<sup>10</sup><https://github.com/google/Accessibility-Test-Framework-for-Android>

## 6. REFERENCES

- [1] L. P. Carvalho, B. P. M. Peruzza, F. Santos, L. P. Ferreira, and A. P. Freire. Accessible smart cities?: Inspecting the accessibility of brazilian municipalities' mobile applications. In *Proc. of the 15th Brazilian Symp. on Human Factors in Comp. Syst., IHC '16*, pages 17:1–17:10, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [2] M. M. Eler, J. M. Rojas, Y. Ge, and G. Fraser. Automated accessibility testing of mobile apps. In *Proceedings 11th IEEE Conference on Software Testing, Validation and Verification (to appear)*, pages 1–11. IEEE, 2018.
- [3] eMAG. Modelo de acessibilidade em governo eletrônico - e-mag. <http://emag.governoeletronico.gov.br>, Acesso em: 22/03/2017.
- [4] S. Hao, B. Liu, S. Nath, W. G. Halfond, and R. Govindan. Puma: programmable ui-automation for large-scale dynamic analysis of mobile apps. In *Proceedings of the 12th annual international conference on Mobile systems, applications, and services*, pages 204–217. ACM, 2014.
- [5] IBGE. Vamos conhecer o brasil: caracteristicas da populacao. <https://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/pessoas-com-deficiencia.html>, Acesso em: 22/02/2018.
- [6] P. S. Kochhar, F. Thung, N. Nagappan, T. Zimmermann, and D. Lo. Understanding the test automation culture of app developers. In *2015 IEEE 8th Int. Conf. on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*, pages 1–10. IEEE, 2015.
- [7] F. Nayebe, J.-M. Desharnais, and A. Abran. The state of the art of mobile application usability evaluation. In *Electrical & Computer Engineering (CCECE), 2012 25th IEEE Canadian Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2012.
- [8] A. D. A. Oliveira and M. M. Eler. Strategies and challenges on the accessibility and interoperability of e-government web portals: A case study on brazilian federal universities. In *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2017 IEEE 41st Annual*, volume 1, pages 737–742. IEEE, 2017.
- [9] A. D. d. Oliveira, E. M. d. Souza, and M. M. Eler. Accessibility model in electronic government: Evaluation of brazilian web portals. In *Proceedings of the Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI)*, pages 332–339. SBSI, 2017.
- [10] J. Rubin and D. Chisnell. *Handbook of usability testing: howto plan, design, and conduct effective tests*. John Wiley & Sons, 2008.
- [11] L. C. Serra, L. P. Carvalho, L. P. Ferreira, J. B. S. Vaz, and A. P. Freire. Accessibility evaluation of e-government mobile applications in brazil. *Procedia Computer Science*, 67:348 – 357, 2015. Proceedings of the 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion.
- [12] World Bank. Main report - world report on disability. <http://documents.worldbank.org/curated/en/665131468331271288/Main-report>, Acessado em: 20/02/2018.

# Explaining Communication in Distributed Software Development Teams: A Research Proposal for Constructing a New Theory

Nelson G. de Sá  
Leitão Júnior  
Informatics Center (CIn),  
UFPE University  
Av. Jornalista Anibal  
Fernandes, s/n, Cid. Univ.,  
50740-560, Recife, Brazil  
+ 55 81 2126-8430  
ngslj@cin.ufpe.br

Ivadir H. de  
Farias Junior  
Informatics Center (CIn),  
UFPE University  
Av. Jornalista Anibal  
Fernandes, s/n, Cid. Univ.,  
50740-560, Recife, Brazil  
+ 55 81 2126-8430  
ihfj@cin.ufpe.br

Hermano P. de  
Moura  
Informatics Center (CIn),  
UFPE University  
Av. Jornalista Anibal  
Fernandes, s/n, Cid. Univ.,  
50740-560, Recife, Brazil  
+ 55 81 2126-8430  
hermano@cin.ufpe.br

## ABSTRACT

**Context:** Communication plays an essential role in the professional software development, as it stands as one of the pillars of this collaborative activity. Communication is also one of the leading challenges in Distributed Software Development (DSD), in which aspects such as geographical, cultural and temporal distances may hinder the communicative process. But in spite of extensive literature in DSD area, little was theorized about explaining communication in this context. **Objective:** This work aims to present a doctoral research proposal for explaining communication in DSD teams by proposing a new communication theory. **Method:** A Grounded Theory (GT) research as our primary methodological choice. **Results:** We present the preliminary results of a non-extensive literature review. **Conclusion:** We preliminarily conclude that a new, and specific communication theory in DSD may have its place in literature.

## CCS Concepts

•**Social and professional topics** → **Project and people management; Project management techniques; Project staffing; Systems planning;**

## Keywords

Communication, Distributed Software Development, Project Management

## 1. INTRODUCTION

Software engineering is a collaborative activity [27], which consumes the knowledge, expertise, and experience of a group of individuals [27]. The 3C model which was proposed in the

light of the seminal work of Ellis et al. [16], characterize collaboration in three integrated dimensions, identified as communication, cooperation, and coordination respectively [34]. Thus, as stated by Layzell et al. [27], the lack of these dimensions in software development projects may lead to reduced technical quality. In this context, communication takes its place in this research proposal, for being an essential aspect of collaboration [41], and for belonging to the central spot of almost all collaboration practices and processes [31].

Effective Communication is one of the main issues in DSD [5, 23, 40] and in Global Software Development (GSD) [3]. Several organizations adopt GSD with the odds of its benefits, but also with disadvantages such as communication challenges, that often impose risks for the implementation of development projects and affect the software process quality [43]. In DSD the frequency of communication is low when compared with co-located development [23]. DSD also comes with a limitation on face-to-face and informal meetings, and, as stated by Oshri [30], as the lack of these factors in DSD poses a challenge in creating and sustaining social ties between its members. But despite the importance of communication in DSD and the substantial number of studies in this area, little was theorized in the literature about how communication occurs in this specific context.

This work aims to present a doctoral research proposal for explaining the phenomena of communication in DSD teams by proposing a new Communication Theory, which will differ from existing ones by its specific nature, that is, by explaining communication specifically in DSD teams. Thus, bringing benefits to the academia, by establishing a theoretical base for future studies in communication processes, models, methods or frameworks to support better communication results in DSD. We also intend to use this work to stimulate discussions about its relevance, with both Information Systems and Software Engineering research communities.

## 2. BACKGROUND

DSD is a business model in which software is developed by a geographically distributed team, whose distribution may be established in different dispersion levels, e.g., between cities, countries or continents. We present a brief overview of the state of DSD literature and communication aspects.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
Copyright SBC 2017.

## 2.1 DSD Literature

As stated by Prikladnicki et al. [36], it is possible to find registers of DSD projects since the 1990s, and so forth, DSD literature had the support of relevant researchers, who I may cite: Hawryszkiewicz and Gorton [21]: which was one of the first research works focused in DSD. Carmel [5]: with his high relevance book in DSD area, named “Global Software Teams.” Karolak [26]: With his book that discussed motivation and challenges in DSD. Aoyama [2]: which presented a new software process model that encompassed distributed multi-site processes in the 20th International Conference on Software Engineering (ICSE). The next decade, the 2000s, were marked by significant DSD conferences, workshops, and works, such as the first specific edition about DSD in a journal, which was edited and published in the IEEE Software [22]. The first edition of the Workshop on Global Software Development on the ICSE. The relevant works of the Brazilian researchers Prikladnicki and Audy [35, 36]. And in years 2010, due to the relevance of the contributions of Brazilians on the academic community and industry at the global level, in 2012, an edition of the International Conference on Global Software Engineering (ICGSE) was held again in Brazil [11].

## 2.2 Communication in DSD

Frequent communication is expected in any software development project, mostly in the beginning, when team members need to establish a common ground [33]. As such, even though often neglected, the communication management is one of the most critical areas in project management [7]. In DSD, communication plays a more significant role in the success of projects of this nature than in co-located development [17]. DSD largely depends on communication among those involved in the project, either directly or indirectly. In this context, the means of communication have a significant influence in the projects in distributed environments [10], as challenges associated with communication increase when the media chose to support distributed teams are not as rich as what face-to-face communication offer [22]. For instance, facial expressions and gestures also contribute to the communication of the message thus, the level of interaction that the communication means provides can affect the quality of a DSD project [17].

## 3. RESEARCH METHOD

Next, we present the methodological frame in which we plan to perform this research.

### 3.1 Research question

Based on the presented context, we get to the research question as follows: **(RQ1) *How explain communication in distributed software development teams by proposing a new communication theory?***

### 3.2 Methodological framework

This research proposal comes from a Constructivist epistemology, i.e., a philosophy that considers the knowledge as a result of social construction, the truth relative to its context, the interpretation of theoretical terms, a tendency for qualitative methods, and a tendency for proposing local theories [15]. And considering that the primary goal of this research is the proposal of a new theory, we propose using the Grounded Theory (GT) method, because of being a research method oriented for generation of theories, based on

a rigorous analysis of data [20]. The use of GT is appropriate when there is a lack of knowledge or theory of a topic [19, 39] and when no existing theories offer solutions [8].

The GT method was proposed in 1967 by the sociologists Barney Glaser and Anselm Strauss [19], and after its publication, this methodology became one of the most popular approaches to qualitative research [4]. By the early 1990s, the GT method evolved in two distinct thought schools, the Glaserian GT by Glaser, and the Straussian GT by Strauss and Juliet Corbin. These schools were followed by the works of researchers from the second generation of GT schools, which included the Constructivist Grounded Theory (CGT), Dimensional Analysis, and Situational Analysis [37]. Among these researchers, and still in the path of the evolution of the GT method, Kathy Charmaz proposed a new CGT approach in the mid-1990s. This proposal was based on the original ideas from Glaser and Strauss [4], that when compared to its original form, this new one was presented as a constructivist focused GT proposal [6, 28]. Although there are differences between the GT proposals from Charmaz, Glaser, and others, these methods are not much different in their approaches, but rather in their overarching goals and perspectives of the nature of reality, which suggests that researchers should consider their worldview when choosing a GT method [24]. Therefore, in the light of the constructivist orientation of our previous works, we chose the school of Charmaz as our primary reference, but without giving up on Glasserian GT practices or directives [19], such as preferring axial coding and delaying an extensive literature review in the research process.

### 3.3 Research design

We propose performing this research in three sequential steps, as follows.

#### 3.3.1 Consolidation of the study gap

One of the most problematic issues in GT is to decide when existing literature should be used during the research process, especially for Ph.D. students [14]. Glaser advocates the delaying of a literature review, along with authors such as Nathaniel [29] and Holton [25], which are resolute in their purist view that GT requires the researcher to enter in the research field without any preconceived problem statement, interview protocols or extensive literature reviews [14]. Charmaz [6] states that the intended purpose of delaying the literature review is to avoid importing preconceived ideas and imposing them on a GT research, and that this approach would be fine in principle, but in practice, could result in “rehashing old empirical problems and dismissing the literature.” In this context, we propose the usage of preexisting literature in an approach such as performed by Adolf [1] in this GT research. That is, a **first, and non-extensive literature review** (Ad-hoc, in our proposal) to frame this study proposal as a relevant one and confirm the absence of a preexisting theory, and leaving an extensive literature review for a later step when the new theory had emerged.

#### 3.3.2 Theory construction

We propose using the Grounded Theory (GT) method for constructing the new theory. We will begin with the proposed research question (Section 3.1). Followed by data collection and both initial and focused coding and the proposal

of categories, i.e., a “conceptual element in a theory” that usually are derivations from focused codes. All coding activities will be based on fresh data; thus, as stated by Charmaz [6]: “Grounded theorists often embark on their research journeys with plans to interview people, whose experiences can illuminate the topic they wish to study.” We propose using intensive interviews as our data collection technique. In parallel with the entire process, we will perform the practice of memo writing and axial coding. The proposed theory will emerge from the spiral process of sorting, diagramming and integrating memos, until the saturation of theoretical saturation, i.e., when fresh data no longer sparks theoretical insights. Later, after the emergence of the new theory, but still in this research step, we propose performing a Systematic Mapping Study (SMS) to, as stated by Adolph [1]: “compare the emerging substantive theory with extant theory and situate it within the known theoretical landscape.” Finally, we propose a set of focus groups to discuss the emerged theory and the results from SMS with DSD experts. Hence, characterizing a triangulated method approach, which enhances the strength of qualitative studies [32].

### 3.3.3 Theory evaluation

Charmaz [6] states that the line between process and product becomes blurred for our audiences, as other scholars will likely judge the GT process as an integral part of the product, and that grounded theorists should consider their audiences, being they teachers or colleagues, as they will judge the final product. Such as performed by Dorairaj [13], we propose evaluating the new theory by reflecting the research activities that we will perform (e.g., data sampling strategy, selection of the participants, interview approaches, among others) with a set of selected criteria. Also, by collecting feedback from DSD research community, by exposing our results and discussing our findings. We propose the using the criteria proposed by Charmaz [6]: *Credibility, Originality, Resonance and Usefulness*. And the criteria proposed by Glaser [18], as follows: *Fit, Work, Relevance and Modifiability*.

## 4. PRELIMINARY RESULTS

To confirm the absence of a theory that explains the phenomena of communication in DSD teams, and to help with the establishment of the basis for stating this study as a relevant one, we started the first step of this research, a non-extensive (Ad-hoc) literature review. To achieve this goal, we plan to use the knowledge bases IEEE Xplore, ACM Digital Library and Google Scholar. For now, as partial results, we present the outcomes of our search in IEEE Xplore database. We performed this search on March 4th, 2018 in both Title and Abstract fields of published works. We used the search string as follows: (S1): “theory” AND (“communication” OR “communicative”) AND (“dsd” OR “distributed software development” OR “gsd” OR “global software development”).

We adapted the search string (S1) to the required syntax of the search engine, but still, maintaining the same semantics. After performing the search, we read the full text from the retrieved studies. Then we tried to identify their relevance for our purposes, according to the inclusion criterion as follows: (IC1): **Primary studies on the phenomena of communication in DSD which propose a new theory in this context or which refers existing com-**

**munication theories as part of their theoretical basis, methodological approach or research goals**, and with the exclusion criteria as follows: (EC1): **Non-English language papers** and (EC2): **Not available for free**. The search in IEEE Xplore resulted in 13 studies, of which nine were selected.

Four of the selected studies stated the usage communication Theories as part of their theoretical basis or as means for sustaining their results, including the **Media Richness** [9], the **Media Synchronicity** [12] and the **Media Switching** [38] theories. Two studies cited the usage of the **Social Network Theory** [42]. One study stated the usage of GT to investigate key concerns of distributed teams in Agile software development, and another study also used GT, but now to describe how Agile teams gather, store, share and use knowledge in DSD. Finally, one study stated the usage of a content analysis technique that captures communication behavior associated with teams in virtual environments. Further details are available at <https://goo.gl/N8PTHn>.

## 5. FINAL REMARKS

Based on the presented partial findings, we conclude that none of the identified studies were focused on explaining the communication process in DSD, or to propose a new theory in this specific context. These studies approached their respective research goals with the help of non-DSD specific communication theories, and mostly, only addressing the media aspect. Thus, we believe that a new, and specific theory to explain the communication in DSD may have its place in literature. This research is ongoing, to be qualified in Q1 2019, and to be defended in Q3 2020, as an estimate. Future works include completing the first research step and prospect DSD organizations for data collection.

## 6. REFERENCES

- [1] S. Adolph, P. Kruchten, and W. Hall. Reconciling perspectives: A grounded theory of how people manage the process of software development. *Journal of Systems and Software*, 85(6):1269–1286, 2012.
- [2] M. Aoyama. Agile software process and its experience. In *20th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, pages 3–12, Kyoto, Japan, 1998. IEEE Computer Society.
- [3] G. N. Aranda, A. Vizcaíno, and M. Piattini. Analyzing and Evaluating the Main Factors that Challenge Global Software Development. *The Open Software Engineering Journal*, 4:14–25, 2010.
- [4] M. Birks and J. Mills. *Essentials of grounded theory*. Sage London, 2011.
- [5] E. Carmel. *Global Software Teams: Collaborating Across Borders and Time Zones*. Prentice Hall, 1999.
- [6] K. Charmaz. *Constructing Grounded Theory*. SAGE Publications Ltd, Rohnert Park, USA, 2 edition, 2014.
- [7] E. Chaves. *Gerenciamento de Comunicação em Projetos*. FGV, Rio de Janeiro, 1 edition, 2006.
- [8] W. C. Chenitz and J. M. Swanson. *From practice to grounded theory: Qualitative research in nursing*. Addison-Wesley, Menlo Park, CA, 1986.
- [9] R. L. Daft and R. H. Lengel. Organizational information requirements, media richness and structural design. *Management science*, 32(5):554–571, 1986.

- [10] I. de Farias Junior, S. Marczak, R. Santos, and H. Moura. Communication in Distributed Software Development: A Preliminary Maturity Model. In *IEEE 11th International Conference on Global Software Engineering (ICGSE)*, pages 164–173, California, USA, 2016. IEEE.
- [11] I. H. de Farias Junior, L. Duarte, J. P. N. D. Oliveira, A. R. Dantas, J. F. Barbosa, and H. P. D. Moura. Motivational Factors for Distributed Software Development Teams. In *International Conference on Global Software Engineering Workshops*, pages 49–54, Porto Alegre, aug 2012. IEEE.
- [12] A. Dennis and J. Valacich. Rethinking media richness: towards a theory of media synchronicity. In *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers*, volume 00, page 10, Maui, 1999. IEEE Comput. Soc.
- [13] S. Dorairaj. *The Theory of One Team: Agile Software Development with Distributed Teams*. PhD thesis, Victoria University of Wellington, 2013.
- [14] C. Dunne. The place of the literature review in grounded theory research. *International Journal of Social Research Methodology*, 14(2):111–124, 2011.
- [15] S. Easterbrook and B. Neves. Seminar 2 : Epistemology & Ethics Myths about Science ( I ) Myths about Science ( II ), 2007.
- [16] C. Ellis, S. Gibbs, and G. Rein. Groupware: Some Issues And Experiences. *CACM*, 34(1), 1991.
- [17] I. H. D. Farias Junior. *C2M - A Communication Maturity Model for Distributed Software Development*. Doctoral dissertation, Informatics Center (CIn), UFPE University, 2014.
- [18] B. G. Glaser. *Theoretical Sensitivity: Advances in the Methodology of Grounded Theory*. The Sociology Press, San Francisco, 1 edition, 1978.
- [19] B. G. Glaser and A. L. Strauss. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Transaction publishers, London, UK, 1th edition, 1967.
- [20] B. G. Glaser and A. L. Strauss. *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Transaction publishers, London, UK, 7th edition, 2009.
- [21] I. Hawryszkiewicz and I. Gorton. Distributing the software process. In *Australian Software Engineering Conference*, pages 176–182, Camberra, Australia, 1996. IEEE Computer Society.
- [22] J. Herbsleb, J. D. Herbsleb, D. Moitra, and D. Moitra. Global Software Development. *IEEE software*, 18(4):16–20, 2001.
- [23] J. Herbsleb, D. Paulish, and M. Bass. Global Software Development at Siemens: Experience From Nine Projects. In *Proceedings of the International Conference on Software Engineering*, pages 524–533, Missouri, United States, 2005. IEEE.
- [24] G. Higginbottom and E. I. Lauridsen. The roots and development of constructivist grounded theory. *Nurse Researcher*, 21(5):8–13, 2014.
- [25] J. A. Holton. The Coding Process and Its Challenges. *The SAGE Handbook of Grounded Theory*, pages 265–289, 2007.
- [26] D. W. Karolak. *Global software development: managing virtual teams and environments*. IEEE Computer Society Press, 1999.
- [27] P. Layzell, O. P. Brereton, and A. French. Supporting collaboration in distributed software engineering teams. *Proceedings - Asia-Pacific Software Engineering Conference, APSEC*, 2000-Janua:38–45, 2000.
- [28] J. M. Morse, P. Noerager, S. Juliet, B. Bowers, K. Charmaz, and A. E. Clarke. *Developing Grounded Theory: The Second Generation*. Routledge, New York, USA, 2016.
- [29] A. Nathaniel. Thoughts on the literature review and GT. *Grounded Theory Review*, 5(2/3):35–41, 2006.
- [30] I. Oshri, J. Kotlarsky, and L. Willcocks. Missing Links: Critical Social Ties For Collaborative Teamwork. *CACM*, 51:76–81, 2008.
- [31] M. Paasivaara and C. Lassenius. Collaboration practices in global inter-organizational software development projects. *Software Process Improvement and Practice*, 8(4):183–199, 2003.
- [32] M. Q. Patton. *Qualitative evaluation and research methods*. Sage publications, California, USA, 2 edition, 1990.
- [33] D. E. Perry, N. a. Staudenmeyer, and L. G. Votta. People, organizations, and process improvement. *IEEE Software*, 11(4):36–45, 1994.
- [34] M. Pimentel and H. Fuks. *Sistemas Colaborativos*. 2012.
- [35] R. Prikladnicki and J. L. N. Audy. MuNDDoS: Um Modelo de Referência para Desenvolvimento Distribuído de Software. In *XVII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES)*, Brasília, Brazil, 2004. Sociedade Brasileira de Computação.
- [36] R. Prikladnicki and J. L. N. Audy. Uma Análise Comparativa de práticas de Desenvolvimento Distribuído de Software no Brasil e no exterior. In *XX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, pages 255–270, Florianópolis, Brazil, 2006. Sociedade Brasileira de Computação.
- [37] L. Richards and J. M. Morse. *Readme first for a user's guide to qualitative methods*. Sage, 2012.
- [38] L. P. Robert and A. R. Dennis. Paradox of richness: A cognitive model of media choice. *IEEE transactions on professional communication*, 48(1):10–21, 2005.
- [39] R. S. Schreiber and P. N. Stern. *Using grounded theory in nursing*. Springer Publishing Company, New York, USA, 2001.
- [40] Y. H. Shah, M. Raza, and S. Ulhaq. Communication Issues in GSD. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 40:69–76, 2012.
- [41] D. H. Sonnenwald. Communication roles that support collaboration during the design process. *Design Studies*, 17(3):277–301, 1996.
- [42] J. Travers and S. Milgram. The small world problem. *Psychology Today*, 1(1):61 – 67, 1967.
- [43] S. ul Haq, M. Raza, A. Zia, and M. Khan. Issues in Global Software Development: A Critical Review. *Journal of Software Engineering and Applications*, 2(2):660–663, 2016.

# Simulação computacional do sangue usando o método Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)

Thiago Carvalho Sousa  
 Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação  
 Universidade de São Paulo  
 São Paulo, Brasil  
 thiago.carvalho.sousa@usp.br

Helton Hideraldo Biscaro  
 Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação  
 Universidade de São Paulo  
 São Paulo, Brasil  
 heltonhb@usp.br

## RESUMO

Simular computacionalmente o sangue é relevante para aperfeiçoar a formação dos futuros profissionais de saúde. Apesar disso, há carência de sistemas nesse sentido; e os existentes são pouco realistas, de baixa qualidade, e com elevado tempo de execução. O objetivo de nosso trabalho é usar o método numérico SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) para desenvolver uma ferramenta computacional que simule o sangue humano, com relevância, que atenda aos quesitos de avaliação estabelecidos e que apresente bons resultados em relação aos sistemas disponíveis no atual estado da arte. Neste artigo apresentamos os princípios deste modelo, o problema de pesquisa, a proposta de solução, critérios de avaliação, as tarefas elencadas para atingir o objetivo, e na conclusão discutimos algumas contribuições esperadas e as limitações deste trabalho.

## Palavras-Chave

SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics); Sangue; Métodos numéricos; Simulação computacional

## ABSTRACT

Computational simulation of blood is relevant to improve the training of future health professionals. Although this, there is a lack of these systems, and those that exist are few realistic, low quality, and with a high execution time. The purpose of our work is to use SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) to develop a computational tool that simulates human blood, with relevance, that achieves the established evaluation criteria and that presents good results in relation to the systems available in the current state of the art. In this paper we present the principles of this model, the research problem, the solution proposal, the evaluation criteria, the tasks assigned to reach the goal, and in the conclusion we discuss some expected contributions and the limitations of this work.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
 Copyright SBC 2018.

## CCS Concepts

•Computing methodologies → Physical simulation;

## Keywords

SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics); Blood flow; Numerical simulation; Simulation; Computational

## 1. INTRODUÇÃO

Simular computacionalmente um sistema consiste em utilizar certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, que permitirão imitar o funcionamento de praticamente qualquer tipo de operação ou processo do mundo real. Permite estudar o comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos [11].

O campo da realidade virtual - particularmente, na simulação computacional do sangue - tem apresentado importantes contribuições para a área médica. Ambientes virtuais de treinamento médico, sistemas de apoio a decisão para especialistas, e desenvolvimento de novos equipamentos médicos são algumas das aplicações já desenvolvidas [4, 3, 15, 16, 1].

Como exemplo, podemos citar uma sub-área da Realidade Virtual conhecida como “Cirurgia Virtual” [13]. Especificamente essa área busca fornecer ambientes de treinamento imersivos para cirurgiões. É intuitivo o fato de que, num procedimento cirúrgico, sangramentos são naturais e até mesmo inevitáveis devido aos cortes nos tecidos. Dessa forma, simulações de sangramento podem não apenas aumentar o realismo dos ambientes de treinamento, mas também podem aumentar a habilidade do cirurgião de lidar com o fato. Nesse mesmo contexto, o trabalho de Holland, Pop e John [7] trabalha com a hipótese de que treinamento e suporte durante uma intervenção cirúrgica cardíaca podem ser dramaticamente melhorados com o uso de ferramentas que envolvem Realidade Virtual, Realidade Mista e simulações computacionais. De acordo com os autores, os cirurgiões devem ser capazes de interferir com a geometria da região em análise de maneira a investigar como o fluxo será afetado pelo tratamento. Isso implicaria num sistema capaz de rodar diferentes cenários num tempo útil aos profissionais, o que proporcionaria informações valiosas para o planejamento da intervenção.

Outro exemplo de aplicação possível é a análise de anomalias no sistema circulatório humano, tal como a trombose [14], que pode ser a causa de diversas doenças no corpo humano. Com o aumento da capacidade computacional, sistemas - tanto de treinamento virtual, quanto de suporte à

decisões/diagnóstico - têm sido cada vez mais utilizados e estão sendo difundidos na comunidade médica.

Localizado na área de Computação Gráfica, o tema geral de nosso trabalho é o uso de um modelo matemático (o SPH) para realizar uma simulação computacional aplicada à saúde (do fluido biológico sangue).

## 2. O MÉTODO NUMÉRICO SPH

Sabe-se da mecânica dos fluidos que existem duas principais abordagens para a simulação de fluidos: a euleriana, e a lagrangeana [11].

No modelo **euleriano**, observamos o fluido como um todo que se move.

Já no modelo **lagrangeano**, observamos cada partícula que compõe o fluido individualmente. O estudo e movimento conjunto de todas estas partículas faz o movimento.

O sangue humano possui características de um fluido viscoso e incompressível. O comportamento destes fluidos segue as equações de *Navier-Stokes* (equações 1 e 2):

$$\frac{dp}{dt} = -\rho \nabla \cdot v \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 v + g. \quad (2)$$

Onde  $t$  representa o tempo,  $v$  o vetor de velocidade,  $\rho$  a densidade,  $p$  a pressão,  $g$  a aceleração do vetor gravidade,  $\nabla$  o operador de gradiente e  $\mu$  representa a viscosidade do fluido.

No entanto, as soluções analíticas para essas equações são difíceis de obter e podem demandar um alto custo computacional.

O método SPH - *Smoothed Particle Hydrodynamics* (hidrodinâmica de partículas suavizadas, em tradução livre) é um modelo lagrangeano que discretiza o fluido inspirado na ideia de elementos finitos [11]. As especificidades e características não-newtonianas do sangue tornam-o um grande desafio na área de simulação numérica. Por não usar malhas geométricas e permitir modificações no modelo, o SPH oferece grande flexibilidade na modelagem de tais características; o que permite a melhoria dos efeitos visuais [13].

O método SPH foi criado na década de 1970 por Gingold e Monaghan [6] e Lucy [10] em um contexto de simulação de fluidos incompressíveis em astrofísica (formação de galáxias e supernovas). A ideia geral do método é interpolar as propriedades físicas de uma partícula em uma posição arbitrária, bem como aproximar as derivadas espaciais de um número finito de partículas adjacentes.

De um modo geral, a interpolação usada no método SPH se aproxima de uma certa quantidade  $A_i$  em uma posição arbitrária  $x_i$  de um número finito de quantidades conhecidas  $A_j$  nas posições  $x_j$  localizadas na vizinhança de  $x_i$ :

$$A_i = \sum_{j=1}^k \frac{m_j}{\rho_j} A_j W_{ij} \quad (3)$$

onde  $A_i$  é a quantidade de uma determinada propriedade na partícula  $i$ ,  $\rho_j$  e  $m_j$  são, respectivamente, a densidade e a massa locais.  $W_{ij}$  é a função kernel avaliada em  $|x_i - x_j|$ . As funções de kernel no método SPH têm o papel de suavizar a influência das partículas vizinhas à medida que a distância

aumenta. Uma ampla variedade de funções pode ser usada de acordo com a aplicação, no entanto, a literatura aponta que as funções spline são as mais utilizadas [9].

É importante notar que cada partícula  $i$  carrega seus atributos físicos, como a densidade  $\rho_i$ , massa  $m_i$ , pressão  $p_i$  e volume  $\Delta V_i$ . Além disso, ao longo do tempo  $t$ , a posição  $x_i$  das partículas e outros atributos são “transportados” de acordo com a velocidade  $v_i$  da partícula [8].

## 3. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA E LACUNA DE PESQUISA

Apesar da simulação computacional ser amplamente aplicada à diversas áreas, profissionais da saúde relatam carência de sistemas nesse sentido.

Em especial, reclamam que sistemas que simulam o sangue humano são pouco realistas e de baixa qualidade, e com elevado tempo de execução [17].

Em uma análise preliminar do estado da arte, nossa revisão mostrou que o método SPH até então foi pouco utilizado para simulação de fluidos biológicos.

## 4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

O **objetivo** de nosso trabalho é usar o método SPH para desenvolver uma ferramenta computacional que simule o sangue humano, com relevância e que atenda aos quesitos de avaliação estabelecidos.

Nossa **hipótese** é que um sistema de simulação computacional do sangue, construído com base no método SPH, apresentará um sistema rápido, realista e eficiente.

Como **justificativa**, confirmada nossa hipótese de pesquisa:

- A comunidade científica poderá contar com um ambiente de simulação computacional ainda pouco conhecido, que é o da simulação biológica com o método SPH.
- Já os profissionais da área da saúde terão à sua disposição um modelo computacional funcional e de qualidade do sangue.

## 5. PROJETO DE AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Pretendemos avaliar o desempenho de nossa ferramenta com as métricas já existentes para avaliação de simulações computacionais do sangue, de acordo com os trabalhos pesquisados em nossa revisão. Obter alguns dados, como quantidade de partículas usadas e tempo de execução, para comparar com resultados de outras simulações.

Além disso, submeter nossa simulação a determinados testes de *benchmark* para comparar os resultados com os de outros bancos de dados já conhecidos. Alguns destes testes são - mas não limitados a:

- teste de fluxo em um canal reto (fluxo de Poiseuille) [7].
- teste de fluxo interno em um canal acionado por uma força de aceleração oscilante com pressão dada e determinado número de Womersley; e teste de fluxo em cavidades com determinados números de Reynolds [12].

## 6. METODOLOGIA E ATIVIDADES JÁ REALIZADAS

A seguir, descrevemos as principais atividades previstas para atingir o objetivo do trabalho:

1. Revisão da Literatura acerca da simulação computacional do sangue com uso da técnica SPH, fazendo uso de uma revisão sistemática [2].
2. Estudar funcionamento da técnica SPH, sobretudo das equações básicas e parâmetros que caracterizam o modelo.
3. Desenvolvimento de um modelo inicial para simulação de fluidos (genérico).
4. Aprimoramento do referido modelo para o sangue, levando em consideração suas especificidades.
5. Implantação dos vasos sanguíneos no modelo desenvolvido.
6. Implantar técnicas para colisão de partículas dentro de um vaso sanguíneo.
7. Aprimorar o modelo para inclusão de misturas (como um anestésico que cai na corrente sanguínea).
8. Melhorar visualização e performance do programa (inclusive, verificar viabilidade de aceleração com *GPUs*).
9. Escrita da versão final da Dissertação.

Da lista acima, já concluímos as 3 primeiras atividades. Neste momento estamos aprimorando o modelo (geral) para a simulação específica do sangue e para obter alguns casos de teste, visando apresentação destes no exame de qualificação (previsto para maio de 2018).

Durante o ano pretendemos concluir as demais atividades, para que até dezembro de 2018 aconteça o depósito da dissertação. A defesa está prevista para ocorrer até fevereiro de 2019.

## 7. CONCLUSÕES

Simular computacionalmente o sangue humano é relevante para aperfeiçoar a formação dos futuros profissionais de saúde, garantindo um ambiente realista e imersivo onde eles possam praticar procedimentos completos. Assim, mais médicos poderiam dominar as técnicas cirúrgicas em pouco tempo.

Efeitos visuais, como sangramentos, podem aumentar o realismo do sistema e melhorar a função de treinamento do sistema, além de possibilitar reformulações, melhoras em tratamentos, e desenvolvimento de novos equipamentos médicos.

Pela simulação computacional do sangue, podemos também estudar fenômenos e doenças específicos do sistema circulatório, como a trombose; como fez por exemplo Al-Saad, Kulasegaram e Bordas [1].

Nossa hipótese, corroborada com alguns trabalhos já encontrados em nossa revisão sistemática, é que um sistema de simulação computacional do sangue baseado no método SPH apresentará resultados mais significativos e de maior qualidade do que os atualmente utilizados.

Como **contribuições** do presente trabalho, destacamos o modelo computacional eficaz para treinamento e pesquisas que a comunidade médica passará a dispor; e para a

comunidade de computação, apresentaremos um modelo de simulação específico (a de um fluido biológico com SPH) e ainda pouco explorado (lacuna de pesquisa).

Como **limitações** de nossa pesquisa, consideramos usar um método lagrangeano (SPH) para simular o sangue. Mas como apontado na revisão de Ye *et al.* [17], existem outras técnicas (inclusive eulerianas) que também resolvem o problema, e que cujo uso pode ser melhor ou pior - dependendo da aplicação.

Num contexto inicial, nossa pesquisa está inserida no projeto *Vida Odonto*, uma parceria entre as unidades Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), Escola Politécnica (EP) e Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB) da Universidade de São Paulo (USP), que visa desenvolver um ambiente em realidade aumentada para aperfeiçoar a formação dos alunos da Graduação em Odontologia da FOB-USP (veja artigo do Jornal da USP [5]). Logo, apesar de nosso modelo de simulação ser universal, possivelmente o uso em outros contextos pode exigir a adaptação de hardware e/ou das linguagens de programação utilizadas.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] M. Al-Saad, S. Kulasegaram, and S. Bordas. Blood flow simulation using smoothed particle hydrodynamics. In *ECCOMAS Congress 2016 - Proceedings of the 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering*, volume 4, pages 8241–8246, 2016.
- [2] J. Biolchini, P. G. Mian, A. C. C. Natali, and G. H. Travassos. Systematic review in software engineering. Technical report, System Engineering and Computer Science Dept., COPPE/UFRJ, 2005.
- [3] H. H. Biscaro, F. L. Nunes, J. dos Santos Oliveira, and G. R. Pereira. Comparing efficient data structures to represent geometric models for three-dimensional virtual medical training. *Journal of Biomedical Informatics*, 63:195 – 211, 2016.
- [4] M. d. L. Ribeiro and F. L. S. Nunes. Breast palpation simulation with haptic feedback: Prototype and initial results. In *2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*, pages 268–276, May 2014.
- [5] J. da USP. Com simulador de anestesia odontológica, estudantes não precisam mais treinar nos colegas, Dec. 2016.
- [6] R. A. Gingold and J. J. Monaghan. Smoothed particle hydrodynamics - Theory and application to non-spherical stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 181:375–389, Nov. 1977.
- [7] M. I. Holland, S. R. Pop, and N. W. John. Vr cardiovascular blood simulation as decision support for the future cyber hospital. In *2017 International Conference on Cyberworlds (CW)*, pages 233–236, Sept 2017.
- [8] M. Ihmsen, J. Orthmann, B. Solenthaler, A. Kolb, and M. Teschner. SPH Fluids in Computer Graphics. In S. Lefebvre and M. Spagnuolo, editors, *Eurographics 2014 - State of the Art Reports*. The Eurographics Association, 2014.
- [9] G. Liu and M. Liu. *Smoothed Particle Hydrodynamics: A Meshfree Particle Method*. World Scientific, 2003.
- [10] L. B. Lucy. A numerical approach to the testing of the fission hypothesis. *Astronomical Journal*, 82, 1977.



- [11] A. P. Neto. *Uma abordagem lagrangeana para simulação de escoamentos de fluidos viscoplásticos e multifásicos*. PhD thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.
- [12] S. Shahriari, L. Kadem, B. Rogers, and I. Hassan. Smoothed particle hydrodynamics method applied to pulsatile flow inside a rigid two-dimensional model of left heart cavity. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 28(11):1121–1143, 2012.
- [13] W. Shi, M. Zheng, and P. X. Liu. Virtual surgical bleeding simulation with navier-stokes equation and modified smooth particle hydrodynamics method. In *2017 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*, pages 276–281, July 2017.
- [14] N. Tanaka and T. Takano. Microscopic-scale simulation of blood flow using sph method. *International Journal of Computational Methods*, 02(04):555–568, 2005.
- [15] R. Tori, R. Nakamura, F. Nunes, J. L. Bernardes Jr, M. A. Ferreira, and E. Ranzini. Interlab: Interactive technologies laboratory. *SBC Journal on Interactive Systems*, 2(2):94–97, 2011.
- [16] C. Xiao, Y. Feng, Y. Li, Q. Zeng, J. Zhang, and Y. Wu. Real-time and authentic blood simulation for surgical training. In *2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, pages 6832–6837, May 2017.
- [17] T. Ye, N. Phan-Thien, and C. Lim. Particle-based simulations of red blood cells - a review. *Journal of Biomechanics*, 49(1-2):2255–2266, 2016.

# Processos de Decisão Markovianos Sensíveis a Risco: Uma abordagem de otimização mean-CVaR

Alternative Title: Risk Sensitive Markov Decision Processes: A mean-CVaR optimization approach

Denis Benevolo Pais  
Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USP  
denis.pais@usp.br

Karina V. Delgado (Orientadora)  
Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USP  
kvd@usp.br

## RESUMO

Processos de decisão Markovianos (Markov Decision Process – MDP) são amplamente usados para resolver problemas de tomada de decisão sequencial. A função objetivo mais utilizada nesse tipo de problemas é minimizar o custo total esperado. Porém, esta abordagem não leva em consideração a variabilidade do custo (ou seja, flutuações em torno da média), o que pode afetar significativamente o seu desempenho geral. MDPs que lidam com esse tipo de problemas são chamados de MDPs sensíveis a risco. Um tipo de MDP sensível a risco é o CVaR MDP, que inclui a métrica CVaR comumente usada para medir risco financeiro. Neste trabalho propomos um algoritmo aproximado de iteração de valor para resolver um mean-CVaR MDP, um MDP sensível a risco que utiliza a média do custo total em conjunto com o critério CVaR.

## Palavras-Chave

Processo de de Decisão Markoviano, Processo de Decisão Markoviano Sensível ao Risco, CVaR

## ABSTRACT

Markov Decision Process (MDP) are widely used to solve sequential decision-making problems. The most commonly used objective function in this type of problem is to minimize the total expected cost. However, this approach does not take into account cost variability (i.e., fluctuations around the mean), which can significantly affect its overall performance. MDPs that deal with this type of problem are called risk-sensitive MDPs. One type of risk-sensitive MDP is the CVaR MDP, which includes the CVaR metric commonly used to measure financial risk. In this work, we propose an approximate value iteration algorithm to solve the mean-CVaR MDP, a risk-sensitive MDP that uses the average total cost in conjunction with the CVaR criterion.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
Copyright SBC 2017.

## CCS Concepts

•Theory of computation → Markov decision processes; •Computing methodologies → Dynamic programming for Markov decision processes;

## Keywords

Markov Decision Process, Risk Sensitive Markov Decision Process, CVaR

## 1. INTRODUÇÃO

Um processo de decisão de Markov (MDP - Markov Decision Process) é uma forma de modelar processos nos quais as transições entre estados são probabilísticas, é possível observar em que estado o processo está e é possível interferir no processo periodicamente (em épocas de decisão) executando ações [4]. Cada ação tem um custo, que depende do estado em que o processo se encontra. São chamados “de Markov” (ou “Markovianos”) porque os processos modelados obedecem a propriedade de Markov: o efeito de uma ação em um estado depende apenas da ação e do estado atual do sistema (e não de como o processo chegou a tal estado); e são chamados de processos “de decisão” porque modelam a possibilidade de um agente (ou tomador de decisões) interferir periodicamente no sistema executando ações.

A resolução de MDPs tipicamente envolve a minimização de uma determinada função objetivo de desempenho neutro em termos de risco, que é o custo total descontado esperado. Esta abordagem, embora muito popular, natural e atraente de um ponto de vista computacional, não leva em consideração a variabilidade do custo (ou seja, flutuações em torno da média), nem sua sensibilidade aos erros de modelagem, que podem afetar significativamente o desempenho geral [1].

Em muitas situações da vida real precisamos garantir com certo grau de certeza que obteremos um determinado resultado. Por exemplo, em um sistema de navegação autônomo, um agente tentará minimizar o comprimento esperado do seu caminho, e para isso ele pode provavelmente viajar perto de obstáculos na esperança de minimizar a distância. Entretanto esse mesmo agente também viajará perto de outros agentes e até mesmo de seres humanos, e uma falha ou desvio do caminho planejado pode resultar em uma colisão, ou um grave acidente causando uma perda irreversível (por exemplo, a morte de uma pessoa). Conseguimos lidar com esses problemas adicionando uma medida de risco, tornando o MDP sensível a risco.

Diversas medidas para mensuração de risco financeiro têm sido constantemente estudadas e aplicadas em diversos setores. Tais medidas são comumente empregadas em modelos de otimização estocástica aplicados para problemas do mercado financeiro e também da engenharia no geral. Entre essas medidas estão: variância, Value-at-Risk (VaR) e Conditional-Value-at-Risk (CVaR).

CVaR é considerada a principal e mais promissora métrica de risco. O CVaR é a perda esperada durante o intervalo de tempo, condicionada ao fato de se estar no ponto  $(100 - c\%)$  da cauda esquerda da distribuição. Em palavras simples, CVaR é uma métrica de risco que responde a pergunta: "se as coisas pioraram, quanto se pode esperar perder?".

CVaR destaca-se pelas seguintes características: (i) possui propriedades computacionais como eficiência numérica e estabilidade dos cálculos [6]; (ii) possui capacidade para proteger um tomador de decisão dos resultados que mais o prejudiquem [1]; (iii) CVaR é uma medida de risco coerente, isto é, ela atende quatro propriedades matemáticas importante de acordo com Rockefellar e Uryasee [5]; e (iv) CVaR pode ser representada por uma fórmula de minimização de baixa complexidade e esta fórmula pode ser facilmente incorporada em problemas de otimização, minimizando o risco do problema ou modelando-a como uma restrição.

Motivados pelas vantagens mencionadas anteriormente, diversos trabalhos sobre MDPs sensíveis a risco que utilizam esse critério foram propostos, entre eles [1], [3] e [7]. Esse novo MDP é chamado de CVaR MDP.

Neste trabalho propomos um algoritmo aproximado de iteração de valor para resolver um MDP sensível a risco que utilize a média do custo total em conjunto com o critério CVaR, esse problema é chamado de mean-CVaR MDP. A hipótese do trabalho é que se mean-CVaR MDP for utilizado para modelar os problemas, teremos um melhor compromisso entre custo e garantia de atingir a meta quando comparado com CVaR MDP, garantindo assim uma melhor modelagem de erro e um uso eficiente dos recursos.

## 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta seção são apresentados os principais conceitos para mensuração de risco e os conceitos de MDPs e CVaR MDP.

### 2.1 Risco e CVaR

Considere um espaço de probabilidade  $S = (\Omega, F, P)$ , em que  $\Omega$  é o espaço amostral,  $F$  são os eventos e  $P$  é chamada de medida de probabilidade.

Como mencionado existem muitas métricas de risco que são usadas para aplicações financeiras em especial destacamos a função Value at Risk (VaR), uma função muito popular utilizada constantemente para gestão de portfólio de ativos financeiros (chamados também de ações) e que utiliza técnicas estatísticas. VaR mede a pior perda esperada ao longo de determinado intervalo de tempo sob condições normais, e dentro de determinado nível de confiança, isto é, ela pode responder por exemplo a seguinte pergunta: "Qual é a perda mínima incorrida pela carteira nos  $a\%$  piores cenários?".

Podemos definir Value-at-risk (VaR) com nível de confiança  $\alpha \in (0, 1)$ , como o quantil  $1 - \alpha$  de  $Z$ , i.e.,

$$VaR_\alpha(Z) = \min\{z | F(z) \geq \alpha\}, \quad (1)$$

em que  $Z$ , neste trabalho, é interpretado como custo.

Apesar da sua ampla utilização a função VaR tem certas limitações, entre as principais estão: (i) não é uma medida

coerente de risco, (ii) é instável (existe alta flutuação sobre perturbações), (iii) é inapropriada quando  $Z$  não é distribuído normalmente, e (iv) não fornece a medida das perdas potenciais que excedem o valor do próprio VaR.

Uma alternativa que contorna as limitações da função VaR é a função conditional-value-at-risk (CVaR). Essa medida indica de forma mais adequada o potencial de perdas que ultrapassam o intervalo de confiança, definido ao se calcular a média das perdas que excedem o valor do VaR. Além disso, CVaR não precisa de uma distribuição normalizada para o custo  $Z$  e por último apresenta uma maior estabilidade pois a flutuação sobre perturbações é menor. CVaR pode ser definida, com nível de confiança  $\alpha \in (0, 1)$  como demonstrado em [5] da seguinte forma:

$$CVaR_\alpha(Z) = \min_{w \in \mathbb{R}} \left\{ w + \frac{1}{1 - \alpha} \mathbb{E}[(Z - w)^+] \right\}, \quad (2)$$

em que  $(x)^+ = \max(x, 0)$ , representa a parte positiva de  $x$ ;  $Z$  representa o custo em um determinado período de tempo e  $w$  representa a variável de decisão que, no ponto ótimo, atinge o valor do VaR.

A Equação 2 pode ser resolvida por meio de otimização linear e sua modelagem em computação tem vantagens que explicam a sua adoção, entre elas (i) o não uso de variáveis binárias para computar os resultados; e (ii) a não computação de integrais que permite uma implementação menos complexa dessa medida de risco. A crescente adoção do CVaR em modelos de otimização e em conjunto com MDPs se deve além de sua potencialidade, ao fato de Rockefellar e Uryasee [5] tê-la formulado-a matematicamente de modo a permitir sua otimização através de técnicas de programação linear. Tal feito alavancou a aplicação dessa medida de risco para resolução de problemas que envolvem decisões sob condições de incerteza.

### 2.2 MDP

Um processo de decisão de Markov (MDP) [4] é uma tupla  $M = (X, A, P, C, \gamma, x_0)$ , em que:  $X$  é um conjunto finito de estados observáveis;  $A$  é um conjunto finito de ações;  $P(\cdot | x, a)$  é a função probabilística de transição que descreve os efeitos da execução de uma ação  $a \in A$  em um estado  $x \in X$  resultando em um estado  $x' \in X$ ;  $C(x, a)$  é a função custo de executar uma ação  $a \in A$  em um estado  $x \in X$ ;  $\gamma$  é o fator de desconto; e  $x_0$  é o estado inicial.

O agente executa as ações em passos discretos no tempo. A cada ação executada, o estado do sistema é alterado segundo a função de transição  $P$ , sendo que a execução de uma ação em um estado tem um custo. A tomada de decisão é realizada durante um horizonte. O horizonte é o número de passos que o agente tem para agir, podendo ser: finito, infinito ou indeterminado.

Uma política  $\pi$  é um mapeamento de estados em ações, que representa quais ações devem ser executadas em cada estado considerando um critério de otimização. A solução para um MDP tradicional é uma política ótima ( $\pi^*$ ), considerada neutra ao risco, que minimiza a esperança descontada da soma total dos custos. Os algoritmos tradicionais para encontrar uma política ótima são: iteração de valor e iteração de política.

### 2.3 CVaR MDP

Em MDPs sensíveis a risco [1], a expectativa de risco neutro é substituída com alguma medida de risco como: vari-

ância, Value-at-Risk (VaR) ou condicional (CVaR). Neste trabalho estamos interessados no CVaR MDP. Uma formulação usando programação dinâmica para o problema CVaR MDP foi definido em [1].

Diferente da função valor de MDPs, que depende apenas do estado, na formulação em [1], a função valor  $V$  depende do estado e do nível de confiança. Assim, o espaço de estados  $X$  foi estendido com o nível de confiança  $Y = (0, 1]$  e a função valor  $V(x, y)$  para o estados aumentado  $(x, y)$  foi definida como:

$$V(x, y) = \min_{\mu \in \Pi_H} CVaR_y(\lim_{T \rightarrow \infty} C_{0,T} | x_0 = x, \mu) \quad (3)$$

Em que  $\Pi_H$  é um conjunto de políticas e  $C_{0,T} = \sum_{t=0}^T \gamma^t Z_t$ , isto é, o custo total descontado até o tempo  $T$ .

Na computação de problemas de programação dinâmica é muito conveniente usar operadores que são definidos no espaço da função valor. Em [1] foi descrito o teorema da decomposição do CVaR, o qual conduziu a criação do operador de Bellman para CVaR  $T : X \times Y \rightarrow X \times Y$ :

$$T[V](x, y) = \min_{a \in \mathcal{A}} [C(x, a) + \gamma \max_{\xi \in U_{CVAR}(y, P(\cdot | x, a))} \sum_{x' \in X} \xi(x') V(x', y \xi(x')) P(x' | x, a)] \quad (4)$$

em que  $U_{CVAR}$  é chamado de envelope de risco [1] e é representado da seguinte forma:

$$U_{CVAR}(y, P) = \{\xi : \xi(\omega) \in [0, 1/y], \int_{\omega \in \Omega} \xi(\omega) P(\omega) d\omega = 1\} \quad (5)$$

Na Equação 4 é escolhida a melhor ação ( $\min_{a \in \mathcal{A}}$ ) e é feita uma maximização contínua da expressão considerando o envelope de risco. Essa equação fornece duas propriedades fundamentais para a tratabilidade dos problemas: (i) contração e (ii) concavidade em  $y$ .

O operador de Bellman (Equação 4) apresenta duas dificuldades:

- Nos estados aumentados,  $Y$  é contínua.
- Aplicar  $T$  envolve realizar a maximização sobre  $\xi$ .

Em [1] foi proposto um algoritmo chamado *CVaR Value Iteration with Linear Interpolation* para lidar com essas dificuldades. O primeiro desafio é contornado com uso da interpolação linear o que permitiu a discretização do  $Y$  e também foi explorada a concavidade de  $yV(x, y)$  para delimitar o erro introduzido por essa técnica. O segundo desafio é contornado explorando a concavidade do problema de maximização para garantir que a otimização seja executada de forma eficaz.

### 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo principal propor um novo algoritmo de iteração de valor aproximado que resolva um MDP que minimize a soma da média dos custos descontados e o CVaR, i.e:

$$\min_{\mu \in \Pi_H} \lambda E(\lim_{T \rightarrow \infty} C_{0,T} | x_0, \mu) + (1 - \lambda) CVaR_\alpha(\lim_{T \rightarrow \infty} C_{0,T} | x_0, \mu) \quad (6)$$

em que  $\lambda$  é um parâmetro que pondera cada um dos dois termos. Esse problema é chamado de mean-CVaR MDP. Pretende-se resolver instâncias de problemas relativamente grandes, ou seja que possuam um grande número de estados.

No nosso conhecimento existem poucos trabalhos que fazem o casamento do critério clássico para MDPs, isto é, a média dos custos descontados, com a métrica de risco CVaR, com isso esperamos expandir a literatura a respeito dessa abordagem. Nossa abordagem pretende estender o operador de Bellman de CVaR MDP para mean-CVaR MDP e usar interpolação.

## 4. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Será feita a comparação do desempenho do algoritmo estado da arte de iteração de valor utilizando a função CVaR proposto em [1] com o novo algoritmo proposto em três domínios de teste: o problema de travessia do rio, o mundo grid e um terceiro relacionado ao mercado financeiro que será definido posteriormente.

Políticas com diferentes níveis de confiança serão obtidas considerando  $\alpha = 0.01$ ,  $\alpha = 0.11$  e  $\alpha = 1$ . Os aspectos de maior interesse a serem avaliados são: (i) o tempo de convergência do algoritmo, i.e., o tempo gasto para achar a política; e (ii) a quantidade de falhas encontradas durante a simulação da política.

Para o domínio da travessia, as políticas obtidas com diferentes níveis de confiança serão avaliadas contabilizando a quantidade de falhas e sucessos em 500 simulações.

Similar a [1], para o domínio do mundo grid, serão conduzidas simulações em instâncias em que são introduzidos perturbações na posição dos obstáculos. Cada posição do obstáculo será perturbada, com uma probabilidade de 50%, em uma direção aleatória para uma de suas células vizinhas. Isso pode modelar erros de medição ao definir o mapa. As políticas obtidas com diferentes níveis de confiança serão avaliadas contabilizando a quantidade de falhas e sucessos em 500 mapas com perturbações.

Os códigos em python usados para os testes serão disponibilizados em um repositório do github.

### 4.1 Travessia do rio

O problema consiste na travessia do agente em um *grid* ( $Nx \times Ny$ ) do canto inferior esquerdo para o respectivo canto inferior direito, que é o estado meta para o problema [2]. Nesse domínio existe apenas um agente com 4 ações de movimento (Norte, Sul, Leste, Oeste). A travessia só pode ser realizada (i) nadando no rio ou (ii) caminhando pela borda do rio até chegar a uma ponte. Neste domínio, o rio leva a uma cachoeira em que o agente pode cair ou até morrer.

### 4.2 Mundo grid

Neste problema os estados representam pontos de um mapa de terreno 2D [1]. Um agente (por exemplo, um veículo robótico) começa em uma região segura e seu objetivo é viajar para um determinado destino. Em cada passo do tempo, o agente pode se mover para qualquer um dos suas posições vizinhas. Porém, existe uma probabilidade  $p$  de se movimentar para um estado vizinho aleatório. O custo para se mover de um estado para o outro é 1 que está associado ao uso de combustível. Entre o ponto de partida e o destino, há uma série de obstáculos que o agente deve evitar. Bater em um obstáculo custa 1 e termina a missão. O objetivo é calcular um caminho seguro e que seja eficiente no consumo

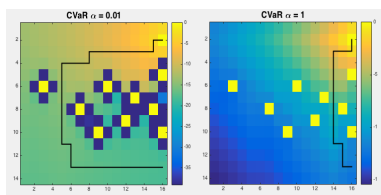


Figura 1: Política para uma instância do mundo grid com 224 estados com  $\alpha = 0,01$  e  $\alpha = 1$ .

de combustível.

## 5. ATIVIDADES REALIZADAS

Foi realizada a revisão bibliográfica, implementados os algoritmos de interação de valor para MDPs clássicos a fim de conhecer a área de planejamento probabilístico e foi executado e avaliado o algoritmo de iteração de valor aproximado para resolver MDPs utilizando a função objetivo CVaR proposto em [1]. Esse algoritmo foi testado com uma instância pequena do problema do mundo grid contendo apenas 224 estados. A Figura 1 mostra a política com dois níveis de confiança diferentes,  $\alpha = 0,01$  e  $\alpha = 1$ . Observe que com  $\alpha$  baixo o agente prefere um caminho mais seguro (é mais avesso ao risco) enquanto com  $\alpha$  alto é acontece o contrário, ele não se importa muito com os obstáculos, preferindo o caminho mais curto.

O algoritmo que gera problemas do domínio da travessia do rio já foi implementado e possui uma interface para facilitar a geração de instâncias de diferentes tamanhos.

## 6. CONCLUSÃO

A apesar dos avanços e dos resultados obtidos por alguns trabalhos que utilizam a função CVaR em MDPs, existe uma carência de trabalhos que mostrem resultados experimentais abrangentes avaliando esse novo critério. Além disso, poucos trabalhos conseguem resolver problemas com um número significativamente grande de estados e em tempo factível.

Com a proposta do novo critério que minimiza a soma da média dos custos descontados e o CVaR e do algoritmo para resolvê-lo, pretende-se contribuir com a área de planejamento probabilístico em inteligência artificial.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Y. Chow, A. Tamar, S. Mannor, and M. Pavone. Risk-sensitive and robust decision-making: a cvar optimization approach. *Advances in Neural Information Systems*, 2015.
- [2] V. Freire and K. V. Delgado. Gubs: A utility-based semantic for goal-directed Markov decision processes. In *Proceedings of the 16th Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, AAMAS '17*, pages 741–749, 2017.
- [3] G. Iyengar. and A. K. C. Ma. Fast gradient descent method for mean-cvar optimization. *Annals of Operations Research*, 2009.
- [4] M. L. Puterman. *Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming*. Wiley-Interscience, New York, NY, 1994.
- [5] R. Rockafeller and S. Uryasev. Conditional value-at-risk: Optimization approach. *Journal of risk*, 2000.
- [6] R. Rockafeller and S. Uryasev. Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance*, 2002.
- [7] Y.-L. C. Stefano Carpin. and M. Pavone. Risk aversion in finite Markov decision processes using total cost criteria and average value at risk. *Advances in Neural Information Systems*, 2016.

# Predição da Tendência de Valorização do Bitcoin Usando Técnicas de Aprendizado de Máquina

## Bitcoin trend prediction Using Machine Learning Techniques

Antonio Ricardo A. Brasil, Luiz Alberto Pinto, Karin S. Komati  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Controle e Automação  
(ProPECAut)

Instituto Federal do Espírito Santo Campus  
Serra ES-010, Km-6,5 - Manguinhos,  
Serra/ES, Brasil

anribrasil@gmail.com, luiz.pt@ifes.edu.br, kkomati@ifes.edu.br

### RESUMO

A moeda virtual Bitcoin surgiu em meados de 2008 e atualmente movimentada mais de 200 mil transações por dia. Um dos maiores interesses dos investidores é saber se o preço sofrerá uma queda ou alta, para que assim, possam realizar compras ou vendas. Neste trabalho foram usadas técnicas de aprendizado de máquina para predição da tendência de preço da Bitcoin em determinado dia, considerando a utilização dos classificadores Floresta Aleatória, Rede Bayesiana Gaussiana, Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas. Os resultados preliminares são promissores e como trabalho futuro, propõe-se o estudo dos métodos de fusão de classificadores na predição da tendência diária (alta ou queda) do preço da Bitcoin. Para avaliação dos resultados serão utilizadas as métricas: Precisão, Revocação, Acurácia, RMSE e Medida F1.

### Palavras-chave

Bitcoin, Aprendizado de Máquina, Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas.

### ABSTRACT

Bitcoin emerged in mid-2008 and currently handles more than 200,000 transactions per day. One of the biggest interests of investors is to know at what point the price will fall or rise, so that they can make purchases or sales. In this work, machine learning techniques were used to predict Bitcoin's price trend on a given day, considering the use of the classifiers Random Forest, Gaussian Bayesian Network and Multilayer Perceptron. The preliminary results are promising and as future work, it is proposed to study methods of classifiers fusion in the prediction of the daily tendency (high or fall) of the Bitcoin price. To evaluate the results will be used the metrics: Precision, Recall, Accuracy, RMSE and F1 Measure.

### CCS Concepts

• Applied Computing → Electronic Commerce; Digital Cash • Computing methodologies → Machine learning

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018, June 4th–8th, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil.

Copyright SBC 2018.

### Keywords

Bitcoin, Machine Learning, Multilayer Perceptron.

### 1. INTRODUCTION

A moeda Bitcoin surgiu em meados de 2008 por meio do artigo "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" [13] e tem como objetivo ser um sistema eletrônico descentralizado de moeda virtual. O termo *Peer to Peer* na Bitcoin se refere às trocas efetuadas online sem a necessidade de um intermediador, dessa forma, toda transação da Bitcoin é efetuada sem a necessidade de uma instituição financeira. Atualmente, para obter uma Bitcoin, o usuário poderá comprá-la por meio de mercados de moedas virtuais, ou poderá fazer a mineração, por meio da disponibilização de processamento de sua máquina. Como a quantidade de moedas é limitada, sua disponibilidade vem diminuindo, tornando cada vez mais difícil minerar uma moeda Bitcoin.

Para garantir a veracidade das transações da Bitcoin, foi criada a *blockchain*, que é uma estrutura de dados que representa uma entrada de contabilidade financeira, ou um registro de todas as transações executadas em determinado endereço da Bitcoin. Desse modo, cada transação é digitalmente assinada com um código, tendo como objetivo garantir a sua autenticidade e a garantia de que ninguém adultere e ataque a originalidade de uma transação, mantendo a integridade da rede Bitcoin [16].

### 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente, a Bitcoin movimentada mais de 200 mil transações por dia, com o preço unitário de R\$34.200,00 (referente ao dia 22/02/2018)<sup>1</sup> e possui uma capitalização de mais de 9 bilhões de dólares<sup>2</sup>. Investidores têm sido atraídos pela forte valorização do preço da moeda [17], mas há o risco da volatilidade. Volatilidade é a possibilidade de queda ou alta do preço do ativo, muitas vezes de forma significativa, em um determinado período de tempo. Por meio da Figura 1 é possível constatar a ocorrência da alta volatilidade do preço da Bitcoin desde abril de 2016. Nesse gráfico, onde o eixo y é o preço do Bitcoin e o eixo x o tempo, é possível visualizar que no decorrer de janeiro de 2018 a abril de 2018 houve uma alta queda no preço, indo de quase 20 mil dólares para cerca de 8 mil dólares. Além de interferências

<sup>1</sup> <http://bitcoin.com>

<sup>2</sup> <http://blockchain.info>

ocasionais no mundo, como a proibição da Bitcoin em transações virtuais como em alguns países<sup>3</sup>.



**Figure 1. Volatilidade do Preço da Bitcoin de abril de 2016 à abril de 2018 [10].**

Um dos maiores interesses dos investidores é ter uma predição desta tendência de valorização (se o preço sofrerá uma queda ou alta), para que assim, possam realizar compras ou vendas, processo denominado no mercado de ações como *trading*. Dessa forma, um sistema inteligente para predição da tendência dos preços da Bitcoin pode ser uma vantagem competitiva no Mercado financeiro, auxiliando na tomada de decisões de investidores e análise de riscos da aplicação da moeda virtual. Neste trabalho, serão estudadas a aplicação de técnicas de Aprendizado de Máquina no histórico de preços da Bitcoin para predição da tendência de sua Valorização.

Para a modelagem deste cenário, será usada a notação proposta por Gareth et al. [7]. Dado um determinado dia, a moeda Bitcoin inicia com um preço  $X$ , e finaliza com um preço  $Y$ . Esta variação será modelada por uma variável binária, descrita na Equação 1, onde 0 (zero) representa que naquele dia o preço da Bitcoin fechará com uma alta, e 1 (um) com uma baixa.

$$B = \begin{cases} 0 & \text{se alta} \\ 1 & \text{se baixa} \end{cases} \quad (1)$$

Desse modo, é possível representar o modelo matemático por meio de uma Equação  $C = f(A)$ , onde  $A$  é a entrada: o vetor de atributos correspondente ao dia que se inicia, e  $f$  é a função que aplica o algoritmo de aprendizado de máquina nos atributos, tendo como retorno  $C$ , a resposta do classificador que é uma saída binária, cujos valores foram definidas em  $B$ .

### 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Os resultados preliminares da aplicação dos classificadores: Floresta Aleatória [3], Rede Bayesiana Gaussiana [9] e Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas [14] foram promissores.

A proposta deste trabalho é aplicar métodos de fusão de classificadores para aumentar as métricas de acurácia obtido pelas técnicas de aprendizado de máquina usadas separadamente e independentemente. A fusão assume que cada classificador tem conhecimento sobre todo o espaço de características e agrega a opinião coletiva de todos. Pretende-se usar os seguintes métodos de fusão de classificadores [8]: voto majoritário ponderado e a fusão por Bayes. O voto majoritário ponderado, basicamente,

atribui pesos aos classificadores, que serão avaliados, assim é possível dar maior importância ao classificador que possui maior precisão nos acertos. Já o método fusão por Bayes utiliza de uma matriz de confusão para identificar os acertos de cada classificador.

## 4. PROJETO DE AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

A base de dados que será utilizada nos experimentos está disponível no próprio site da BitCoin<sup>4</sup>, que contém as transações desde o ano de 2011, de hora em hora. A base de dados está em formato CSV e contém as informações da data e hora, valor de abertura, maior preço do dia, menor preço do dia, preço de fechamento do dia, preço médio da Bitcoin do dia, além de outras informações.

Será usada a validação *Holdout*, na qual a base de dados será dividida em um percentual para dados de teste e o restante para o treinamento dos algoritmos. Os experimentos serão realizados com os seguintes percentuais para teste e treino: 20% e 80%; 30% e 70%; e 40% e 60%.

Para avaliar os resultados serão utilizadas as métricas de Precisão, Revocação, Acurácia, RMSE (*Root Mean Square Error*, em português Raiz do Erro Médio Quadrático) e a Medida F1. A precisão é o número de dados previstos acertadamente de uma determinada classe e a revocação representa o número de dados de uma classe que foram previstos na classe correta. A medida F1 é uma média harmônica ponderada da Precisão e da Revocação, onde seu melhor valor é 1 (um) e o seu pior valor é 0 (zero). O RMSE avalia o desempenho do classificador considerando o desvio padrão da diferença entre o valor predito e o valor real da amostra.

## 5. ATIVIDADES JÁ REALIZADAS

Uma das atividades realizadas foi um estudo do estado da arte, a seguir citam-se os artigos considerados mais relevantes.

Um dos recentes trabalhos [6] utilizou as características da rede *blockchain* para prever o preço da Bitcoin, aplicando técnicas de classificação SVM (*Support Vector Machine* ou Máquina de Vetor de Suporte), Regressão Linear e Redes Neurais com duas camadas, obtendo as acurácias respectivas de 53,7%, 54,3%, 55,1%, entretanto os autores concluíram que a sua previsibilidade é limitada, pois os preços são em sua maior parte ditado por trocas, cujo comportamento está fora do *blockchain*.

No trabalho de Georgoula et al. [5], além do uso do SVM como classificador, foi empregada a análise de sentimentos sobre as consultadas na Wikipédia, mostrando que o grau de interesse público na Bitcoin tem um efeito positivo na determinação do seu preço.

No trabalho de Madan, Saluja e Zhao [12] foram comparadas as tendências de preço do Bitcoin com dados obtidos no *Google Trends* e o volume de *tweets* positivos postados na rede social Twitter. Dessa forma, o trabalho encontrou uma correção cruzada positiva nestes websites, especialmente entre o preço Bitcoin e os dados do Google Trends.

O trabalho de Devavrat e Kang [15] utilizou a regressão Bayesiana para prever a variação de preço do Bitcoin. De acordo

<sup>3</sup> <http://fortune.com/2018/01/17/china-bitcoin-cryptocurrency-crackdown/>

<sup>4</sup> <http://bitcoincharts.com/charts>

com os resultados de seus experimentos de simulação, foi possível duplicar os investimentos em um tempo inferior a 60 dias.

O trabalho de Amjad e Shah [1] propôs uma análise da Bitcoin em tempo real para prever os preços futuros para execução de *trades* (compra e venda de Bitcoins). Os pesquisadores constataram que alguns métodos clássicos de previsão de séries temporais, como o ARIMA, produziram previsões precárias, e que a proposta do trabalho que usava algoritmos simples escaláveis obteve um alto retorno do investimento em Bitcoin, com precisão em torno de 60% a 70%.

## 5.1 Experimentos Preliminares

Foram realizados experimentos preliminares usando uma base de dados com as transações de 2011 a 2017, que continha mais de 80.000 linhas. Após a obtenção da base de dados, foi necessário realizar um pré-processamento para a remoção das linhas com valores iguais a zero ou valores nulos. Após a etapa de pré-processamento, foi criada a variável  $B$ , conforme a Equação 1.

Os classificadores utilizados nos experimentos preliminares foram: Floresta Aleatória [3], Rede Bayesiana Gaussiana [9] e Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas [2]. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1, onde é possível notar que o algoritmo que obteve maior precisão foi a Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas, obtendo 70% na medida F1.

**Tabela 1. Resultado dos algoritmos aplicados.**

	Precis.	Revoc.	F1
Floresta Aleatória	69%	70%	70%
Rede Bayesiana Gaussiana	63%	67%	59%
Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas	71%	70%	70%

A precisão de 70% atingida nos resultados parciais deste trabalho foram melhores que o resultado do trabalho de Greves e Au [6] e Madan, Saluja e Zhao [11], que obtiveram respectivamente 53% e 55% de precisão.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos são promissores, e são motivadores para continuar os estudos para melhorar a acurácia da predição. A proposta é usar duas técnicas de fusão de classificadores: voto majoritário ponderado e a fusão por Bayes. O principal objetivo em combinar múltiplos classificadores é produzir uma decisão final que seja melhor que aquela produzida por um único classificador.

A proposta de uso de fusão de classificadores não foi detectada no estudo inicial nos artigos correlatos de predição de tendência de valorização da Bitcoin e portanto, acredita-se que esta será a principal contribuição científica do estudo.

Como trabalho futuro, é possível a aplicação de mais classificadores e mais técnicas de fusão. Outra possibilidade seria a análise de outras moedas virtuais, por exemplo, a *Ethereum*, uma moeda virtual que está em ascensão nos últimos anos. Essa análise seria feita por meio da obtenção e utilização dos dados de transações da moeda e um estudo seria avaliar se o seu crescimento continuará nos próximos anos, uma vez que ela sofreu uma valorização no seu preço similar à da Bitcoin [4].

## 7. REFERENCES

- [1] M. Amjad and D. Shah. Trading Bitcoin and online time series prediction. In O. Anava, A. Khaleghi, M. Cuturi, V. Kuznetsov, and A. Rakhlin, editors, *Proceedings of the Time Series Workshop at NIPS 2016, volume 55 of Proceedings of Machine Learning Research*, pages 1–15. PMLR, 09 Dec 2017.
- [2] C. M. Bishop. *Pattern recognition and machine learning*. Springer, 2006.
- [3] L. Breiman. Random forests. *Machine learning*, 45(1):5–32, 2001.
- [4] C. M. Cap. Crypto-currency market capitalizations. *coinmarketcap.com*, 2014.
- [5] I. Georgoula, D. Pourmarakis, C. Bilanakis, D. N. Sotiropoulos, and G. M. Giaglis. Using time-series and sentiment analysis to detect the determinants of Bitcoin prices. 2015
- [6] A. Greaves and B. Au. Using the Bitcoin transaction graph to predict the price of Bitcoin. 2015.
- [7] G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani. *An introduction to statistical learning*, volume 112. Springer, 2013.
- [8] L. I. Kuncheva. *Combining pattern classifiers: methods and algorithms*. John Wiley & Sons, 2004.
- [9] D. D. Lewis. Naive (bayes) at forty: The independence assumption in information retrieval. In *European conference on machine learning*, pages 4–15. Springer, 1998.
- [10] W. M. LLC. Gráfico do histórico de preço do bitcoin. <http://buybitcoinworldwide.com/pt-br/preco>, 2018. Acessado em 12 de abril de 2018.
- [11] I. Madan, S. Saluja, and A. Zhao. Automated Bitcoin trading via machine learning algorithms, 2015.
- [12] M. Matta, I. Lunesu and M. Marchesi. Bitcoin spread prediction using social and web search media. In *UMAP Workshops*, 2015.
- [13] S. Nakamoto, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, 2008.
- [14] M.-C. Popescu, V. E. Balas, L. Perescu-Popescu, and M. Mastorakis. Multilayer perceptron and neural networks. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 8(7):579–588, 2009.
- [15] D. Shah and K. Zhang. Bayesian regression and Bitcoin. In *Communication, Control and Computing (Allerton), 2014 52<sup>nd</sup> Annual Allerton Conference on*, pages 409–414. IEEE, 2014.
- [16] M. Swan. *Blockchain: Blueprint for a new economy*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2015.
- [17] J. Young. Billionaire investor novogratz: Institutional investors will soon adopt Bitcoin. <https://cointellegraph.com/news/billionaire-investor-novogratz-institutional-investors-will-soon-adopt-bitcoin>, 2017.



# Técnicas de detecção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face visando o reconhecimento biométrico

Alternative Title: Techniques for detecting and reconstructing partial occlusions in face images for biometric recognition

Jonas Mendonça Targino  
Universidade de São Paulo  
São Paulo, Brasil  
jonas.mendonca@usp.br

Sarajane Marques Peres  
Universidade de São Paulo  
São Paulo, Brasil  
sarajane@usp.br

Clodoaldo A. M. Lima  
Universidade de São Paulo  
São Paulo, Brasil  
c.lima@usp.br

## RESUMO

Ao longo dos anos há um crescente incentivo ao uso da biometria com iniciativas a aperfeiçoar, e até mesmo substituir, os métodos tradicionais de segurança. Dentre as modalidades biométricas, a face destaca-se por ser comumente vista e utilizada em nossa rotina diariamente. Esta modalidade apresenta bons resultados quando apresentada a ambientes controlados, entretanto, em aplicações do mundo real, não apresenta resultados satisfatórios. Isso, devido a variações de iluminação, expressão, pose e oclusão encontradas ao coletar as imagens de faces nesses cenários. Comparada com as outras variações a oclusão é relativamente pouco estudada na área. Mediante esta problemática, este trabalho tem como objetivo principal investigar, avaliar, comparar e propor técnicas para detecção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face visando o reconhecimento biométrico.

## Palavras-Chave

Detecção de oclusão, reconstrução de faces, Oclusão, Face, Reconhecimento Biométrico

## ABSTRACT

Over the years there has been a growing incentive to use biometrics with initiatives to perfect, and even replace, traditional methods of security. Among the biometric modalities, the face stands out because it is commonly seen and used in our daily routine. This modality presents good results when presented to controlled environments, however, in real world applications, it does not present satisfactory results. This is due to variations in illumination, expression, pose, and occlusion encountered when collecting face images in these scenarios. Compared with the other variations occlusion is relatively little studied in the area. The main objective of this work is to investigate, evaluate, compare and propose

techniques for detection and reconstruction of partial occlusions in face images aiming at biometric recognition.

## CCS Concepts

•Computing methodologies → Biometrics; Image segmentation; Reconstruction; Feature selection;

## Keywords

Occlusion Detection, Face Reconstruction, Occlusion, Face, Biometric Recognition

## 1. INTRODUÇÃO

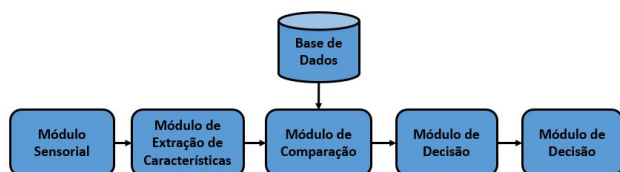
Mediante a enorme quantidade de informações e exigências providas do processo de globalização, as estratégias tradicionais de reconhecimento de identidade tais como números PIN, *tokens*, senhas e cartões de identificação tornaram-se obsoletas [14], exigindo métodos de segurança mais eficazes. Diante desse fato as técnicas tradicionais de segurança estão sendo facilmente fraudadas, trazendo preocupações no que diz respeito à sua facilidade de aquisição e utilização por parte de pessoas não-autorizadas e / ou até mesmo mal-intencionadas. Mediante tal problemática, surge um crescente incentivo ao uso da biometria, de modo a possibilitar métodos de reconhecimento mais eficientes e eficazes.

A Biometria refere-se a uma grande variedade de tecnologias utilizadas para identificar ou verificar a identidade de um indivíduo, por meio de análises e medidas de vários aspectos físicos e / ou comportamentais do ser humano [8]. Modalidades biométricas são características extraídas do corpo humano, que são únicas para cada indivíduo, podendo ser usadas para estabelecer sua identidade numa população. Existe uma quantidade considerável de modalidades biométricas, dentre as principais temos [10]: impressão digital [9], face [6], voz [2], palma da mão [11] e íris [17].

O processo de identificação biométrica pode ser dividido nas seguintes etapas: aquisição/segmentação, extração / seleção de características, comparação de características e armazenamento[14], essas etapas podem ser visualizadas com o auxílio da figura 1. Nos últimos anos, o reconhecimento biométrico sofreu grandes avanços significativos em termos de confiabilidade e precisão [12], e algumas modalidades biométricas vêm alcançando bons desempenhos em aplicações práticas. No entanto, mesmo os sistemas biométricos mais avançados ainda enfrentam alguns problemas [7].

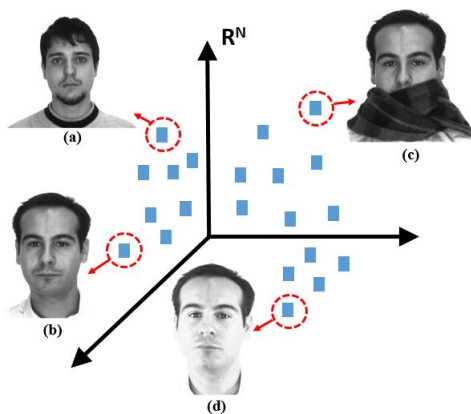
Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018 June 4<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup>, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil  
Copyright SBC 2018.



**Figura 1: Etapas do processo de identificação biométrica**

Um desses exemplos é a face que atualmente vem apresentando progresso significativo em reconhecimento automático de face em condições controladas. Entretanto, a performance em condições não controladas é ainda insatisfatória [1]. Isso deve-se ao fato que os sistemas de reconhecimento facial quando apresentados a ambientes de coleta de mundo real (ambientes não colaborativos), frequentemente, lidam com condições não controladas e não previsíveis tais como variações na iluminação, pose, expressão e oclusão, as quais introduzem variações intraclasse e degradam a performance da estratégia de reconhecimento. Na figura 2 é possível perceber como a variação intraclasse promove o deslocamento das imagens de mesma classe no plano.



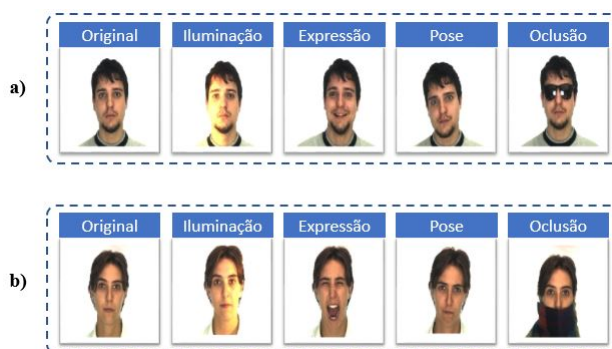
**Figura 2: Exemplos de variações intraclasse**

Visto essa problemática, este trabalho visa realizar um estudo comparativo das técnicas para detecção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face visando o reconhecimento biométrico, apresentando um artefato para a comunidade científica. Em que por meio desse artefato a comunidade possa obter uma visão holística das técnicas existentes na literatura como também seus prós e contras.

## 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Comparada com problemas de pose, iluminação e expressão, o problema relacionado à oclusão é relativamente pouco estudado na área pela comunidade científica. Na figura 3 são apresentadas duas pessoas com variações de iluminação, pose, expressão e oclusão, esses tipos de variações sendo frequentemente encontradas em ambientes não colaborativos.

Embora tenha sido dada pouca atenção ao problema da oclusão na literatura de reconhecimento facial, a importância da mesma deve ser enfatizada, pois a presença de oclusão é algo muito comum em cenários não controlados e pode estar associada a várias questões de segurança.



**Figura 3: Dois casos de variações encontradas em ambientes não controlados**

É importante perceber que oclusões são encontradas frequentemente ao lidarmos com coleta de faces em ambientes não controlados, visto que o ruído ocasionado pela oclusão parcial pode ser ocasionado intencionalmente ou não. Em virtude que acessórios faciais como óculos de sol, cachecol, maquiagem facial e chapéu / boné são comuns na rotina diária de inúmeras pessoas. Sob outra perspectiva existem pessoas que utilizam véus por convicções religiosas ou hábitos advindos de sua cultura.

A oclusão também vem surgindo em ambientes de segurança, como por exemplo: (i) em recintos cirúrgicos em que a máscara de proteção cirúrgica é de uso obrigatório para todas as pessoas presentes naquele local; (ii) em atividades de construção civil, sendo obrigatório o uso de capacetes de segurança por questões preventivas, de modo a evitar possíveis riscos que possam ameaçar a segurança e a saúde no trabalho das pessoas em tais áreas; (iii) também frequentemente na Ásia oriental (por exemplo Japão, China) inúmeras pessoas utilizam máscaras para evitar a exposição a poluição do ar, evitando doenças cardiorrespiratórias; (iv) os ladrões de caixas eletrônicos na maioria das vezes utilizam bonés, cachecóis e / ou óculos de sol como forma a tentar impedir o reconhecimento de sua face.

Atacar todas as oclusões mencionadas acima no reconhecimento facial é essencial para fins de segurança e aplicação da lei. De maneira que identificar essas pessoas sem qualquer cooperação na remoção de oclusão devido a acessórios faciais traz grande conveniência e confiabilidade para os usuários em inúmeros cenários.

Por outro lado, identificar a presença de oclusões em locais restritos (por exemplo, hospital, área de construção) e revelar a identidade das pessoas nessas áreas garantem a segurança no ambiente. Da mesma forma, a detecção da presença de oclusão pode identificar pessoas suspeitas em certas áreas (por exemplo, estádio de futebol, bancos, caixas eletrônicos, lojas, aeroportos) e o reconhecimento facial (apesar da presença de oclusão) nessas áreas pode ajudar a polícia a identificar criminosos / fugitivos. Na figura 4 são apresentados diferentes tipos de oclusões parciais, sendo elas oclusões diariamente comuns e oclusões relacionadas a segurança. Em suma, o reconhecimento de faces parcialmente ocluídas é muito importante e possui muitas aplicações potenciais na área de vigilância.

Tentar tratar a oclusão e reconstruir a imagem da face é uma questão que pode possibilitar alto nível de contribui-



**Figura 4: Ilustração de diferentes tipos de oclusões parciais: (a) oclusões faciais comuns em nossa rotina diariamente; (b) oclusões faciais relacionadas a questões de segurança**

ção para os sistemas de reconhecimento presentes nos mais variados ambientes.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Diversos trabalhos envolvendo técnicas baseadas em subespaço para reconstrução de faces parcialmente ocluídas vêm sendo propostas na literatura. [16], [15] e [13] utilizaram Análise de Componentes Principais (PCA) para reconstrução de imagens de face parcialmente ocluídas. Já [5] propôs a combinação de métodos baseados em subespaço (PCA), com Análise de Discriminante Linear (LDA), objetivando melhor reconstrução das imagens de face.

Mais recentemente, a classificação baseada em Representação Esparsa (SRC) tem alcançado desempenhos impressionantes no reconhecimento de imagens de face ocluídas. Wright *et al* [19] foi um dos primeiros a empregar SRC para reconhecimento de faces ocluídas. No qual a face ocluída é representada como uma combinação linear de todas as imagens presentes no conjunto de treinamento. A classificação foi realizada por meio da minimização da norma  $l_1$ . Já Yang *et al* [20] propuseram um método chamado Codificação Esparsa Robusta, que maximiza a estimativa da máxima verossimilhança do problema de codificação esparsa para oclusões não Gaussianas / Laplacianas de forma iterativa.

### 4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Existe um número considerável de técnicas propostas na literatura visando detecção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face. No entanto, não há estudos que sintetizem quais técnicas são mais apropriadas para determinado tipo e tamanho da oclusão.

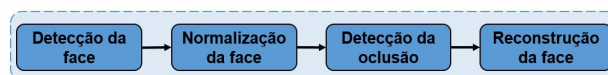
Neste trabalho pretende-se avaliar o impacto dessas técnicas na detecção e reconstrução de diferentes tipos de oclusão para o reconhecimento biométrico. Como resultado deste estudo, espera-se identificar os principais prós e contras dessas técnicas, como também eventuais limitações. Mediante isso, almejasse sugerir qual técnica, ou combinação de técnicas é mais adequada para tratar determinado tipo de oclusão.

A presente proposta apresenta contribuição significativa em termos gerais. Os resultados dessa pesquisa serão de grande valia para pesquisadores que estão realizando pesquisas na área, como também iniciantes que almejam conhecimento holístico do estado de arte para desenvolvimento de futuras pesquisas, de modo a produzir um conhecimento significativo e enriquecimento para a área de biometria como também para os pesquisadores que almejam colaborar nessa vertente de estudos.

Em suma, este estudo pode contribuir significativamente para a área de reconhecimento facial. Visto que de acordo com [3] o estudo comparativo possui elevado grau de contribuição científica, dado que ele sugere similaridades e contrastes entre os casos, podendo participar da descoberta indutiva de novas hipóteses, e posteriormente a construção de novas teorias.

### 5. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Com iniciativas a preparar as imagens para o processo de extração de características, foram realizados alguns passos com o intuito de normalizar a imagem da face e com isso destacar a região facial. Possibilitando melhorias junto ao algoritmo de classificação. Na figura 5 é possível perceber as etapas a serem adicionadas ao processo tradicional de identificação de faces, quando almeja-se reconstruir faces parcialmente ocluídas.



**Figura 5: Etapas necessárias para detecção e reconstrução da parte ocluída**

Antes de tudo, todas as imagens de face foram convertidas para escala de cinza. E logo em seguida aplicado o algoritmo de Viola-Jones [18] com motivações a detectar a região da face nas imagens, com isso, reduzindo a influência do fundo da imagem para a tarefa de classificação. Logo após esse processo, as imagens foram redimensionadas para a dimensão (128 x 128) pixels. Com o auxílio da figura 6 é possível perceber como é o procedimento do algoritmo Viola-Jones no processo de detecção da região facial.



**Figura 6: Exemplo de duas faces após a aplicação do algoritmo Viola-Jones**

Após a aplicação das técnicas de detecção e reconstrução foi aplicada a extração de características com o auxílio da Transformada Wavelet utilizando a família de funções *Daubechies* e *Symlets*, usando o terceiro nível de decomposição, pois como afirma [4] esse nível apresenta bons resultados de identificação.

As técnicas de detecção e reconstrução estão sendo avaliadas tomando por base duas estratégias, (i) análise de PSNR (Pico Sinal Ruído); e (ii) taxa de reconhecimento, sendo obtida com o auxílio de diferentes classificadores (Redes Neurais Artificiais, Máquinas de Vetores Suporte e Floresta de Caminhos Ótimos). Teste de significância estatística será realizado para identificar as melhores e piores técnicas para determinado tipo de oclusão.

### 6. ATIVIDADES REALIZADAS

Neste projeto as seguintes atividades foram realizadas: (i) um estudo exploratório referente à biometria, com ênfase

em reconhecimento biométrico baseado em imagens de face com oclusão parcial; (ii) a partir desse estudo exploratório foi realizada uma revisão sistemática com foco em técnicas de detecção e reconstrução de faces com oclusões parciais visando o reconhecimento biométrico. Com base nessa revisão, foi possível identificar que existe um número considerável de técnicas para detecção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face; (iii) implementação das técnicas para detecção de oclusões parciais; (iv) implementação de técnicas baseadas em subespaço para a tarefa de reconstrução; (v) implementação das técnicas baseadas em modelo para a tarefa de reconstrução; (vi) e por último e não menos importante, implementação dos classificadores para consequentemente obter-se a acurácia de identificação. A figura 7 apresenta algumas reconstruções baseadas em subespaço.

Todos esses experimentos estão sendo implementados nas linguagens de programação Matlab <sup>1</sup> e Python <sup>2</sup>.

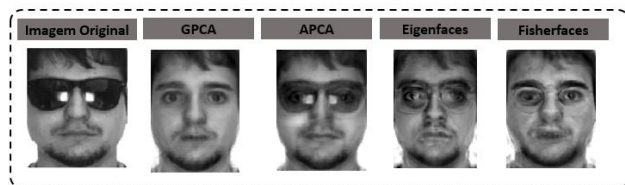


Figura 7: Exemplos de imagens reconstruídas por meio de métodos baseados em subespaço

## 7. CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho é investigar, implementar, avaliar, propor e comparar as técnicas para detecção e reconstrução de oclusões parciais em imagens de face visando o reconhecimento biométrico.

Com isso, pretende-se fornecer embasamento teórico para futuros pesquisadores, possibilitando um artefato de consulta que apresente detalhadamente cada técnica, seus prós, contras e eventuais limitações. O resultado desse trabalho trará contribuições científicas para a área.

Nas contribuições científicas, espera-se somar ao corpo do conhecimento: (i) um artefato de consulta apresentando os prós, contras e limitações de cada técnica de reconstrução; (ii) um repositório de consulta para que pesquisadores interessados na área possam reutilizar os códigos; (iii) uma notação matemática unificada para as técnicas com iniciativas a evitar viés no entendimento das mais variadas técnicas.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] A. Aisha, S. Muhammad, S. J. Hussain, and R. Mudassar. Face recognition invariant to partial occlusions. *KSI Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 8(7):2496–2511, 2014.
- [2] B. Beranek. Voice biometrics: success stories, success factors and what's next. *Biometric Technology Today*, 2013(7):9 – 11, 2013.
- [3] D. Collier. The comparative method. In *Political Science: The State of the Discipline II*, pages 105–119. American Political Science Association, 1993.

- [4] D. M. M. d. Costa. *Ensemble baseado em métodos de Kernel para reconhecimento biométrico multimodal*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, 2011.
- [5] S. Fidler, D. Skocaj, and A. Leonardis. Combining reconstructive and discriminative subspace methods for robust classification and regression by subsampling. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(3):337–350, March 2006.
- [6] G. Ghiasi and C. C. Fowlkes. Occlusion coherence: Localizing occluded faces with a hierarchical deformable part model. In *Proceedings of the IEEE Conf. on Comp. Vision and Pattern Recognition*, 2014.
- [7] G. Ghiasi, C. C. Fowlkes, and C. Irvine. Using segmentation to predict the absence of occluded parts. In *BMVC*, pages 22–1. Citeseer, 2015.
- [8] M. Hassaballah and S. Aly. Face recognition: challenges, achievements and future directions. *IET Computer Vision*, 9(4):614–626, 2015.
- [9] A. K. Jain, P. Flynn, and A. A. Ross. *Handbook of Biometrics*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 2007.
- [10] A. K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar. An introduction to biometric recognition. *IEEE Trans. on circuits and systems for video tech.*, 14(1):4–20, 2004.
- [11] A. Kong, D. Zhang, and M. Kamel. A survey of palmprint recognition. *Pattern Recognition*, 42(7):1408 – 1418, 2009.
- [12] M. A. Lone, S. Zakariya, and R. Ali. Automatic face recognition system by combining four individual algorithms. In *Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2011 Int. Conf. on Communication Systems*, pages 222–226. IEEE, 2011.
- [13] A. Rama, F. Tarres, L. Goldmann, and T. Sikora. More robust face recognition by considering occlusion information. In *8th IEEE Int. Conf. on Automatic Face Gesture Recognition*, pages 1–6, Sept 2008.
- [14] M. Sharif, S. Mohsin, and M. Y. Javed. A survey: Face recognition techniques. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Tech*, 4(23):4979–4990, 2012.
- [15] M. Sharma, S. Prakash, and P. Gupta. An efficient partial occluded face recognition system. *Neurocomputing*, 116:231–241, 2013.
- [16] J. Shermine and V. Vasudevan. Recognition of the face images with occlusion and expression. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 26(03):1256006, 2012.
- [17] N. F. Soliman, E. Mohamed, F. Magdi, F. E. A. El-Samie, and A. M. Efficient iris localization and recognition. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 140:469 – 475, 2017.
- [18] P. Viola and M. J. Jones. Robust real-time face detection. *International journal of computer vision*, 57(2):137–154, 2004.
- [19] J. Wright, A. Y. Yang, A. Ganesh, S. S. Sastry, and Y. Ma. Robust face recognition via sparse representation. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(2):210–227, Feb 2009.
- [20] M. Yang, L. Zhang, J. Yang, and D. Zhang. Robust sparse coding for face recognition. In *CVPR 2011*, pages 625–632, June 2011.

<sup>1</sup><https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

<sup>2</sup><https://www.python.org/>



# Recomendação de conteúdo utilizando a influência social em ambientes virtuais de participação social

Carlos Oliveira

Núcleo de Pesquisa e Inovação em  
Ciberdemocracia

Programa de Pós-Graduação em  
Informática Universidade Federal do  
Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
Rio de Janeiro – Brasil  
carlos.roberto@uniriotec.br

Renata Araujo

Núcleo de Pesquisa e Inovação em  
Ciberdemocracia

Programa de Pós-Graduação em  
Informática Universidade Federal do  
Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
Rio de Janeiro – Brasil  
renata.araujo@uniriotec.br

## RESUMO

Este artigo tem por objetivo apresentar o estado atual de uma pesquisa de doutorado sobre o engajamento do cidadão em Ambientes Virtuais de Participação Social (AVPS). Esta pesquisa esta embasada em uma revisão da literatura na qual foi feita uma análise de soluções para o engajamento de cidadãos em ambientes virtuais de participação social. Também foram feitos estudos sobre a teoria da influência social e sistemas de recomendação. Neste artigo consideramos a possibilidade de um usuário influenciar outros usuários, fazendo com que eles se engajem. Esperamos desenvolver um sistema de recomendação baseado em influência social para contribuir com o engajamento do cidadão em AVPS.

## Palavras-chave

Engajamento; Ambientes Virtuais de Participação Social, Ciberdemocracia.

## ABSTRACT

This paper aims to present the current state of a doctoral research on citizen engagement in Virtual Environments of Social Participation (VESP). This research is based on a literature review in which an analysis of solutions of citizens' engagement in virtual environments of social participation was made. We also studied the social influence theory and recommendation systems. In this article we consider the possibility of a user influencing other users, causing them to engage. We hope to develop a recommendation system based on social influence to contribute to citizen engagement in VESP.

## CCS Concepts

• Applied computing → Computers in other domains → Computing in government → E-government

## Keywords

Engagement; Virtual Environments of Social Participation; Cyberdemocracy.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018, June 4th–8th, 2017, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil.

Copyright SBC 2018.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo, diversas iniciativas têm surgido para promover sociedades mais democráticas. Em maio de 2014 o governo federal brasileiro instituiu a Política Nacional de Participação Social através do decreto 8243. Devido ao maior acesso pelos cidadãos à Internet, muitas dessas iniciativas se dão no meio digital, como no decreto 8243 que estabelece o uso de Ambientes Virtuais de Participação Social (AVPS). Segundo este decreto, um AVPS é um mecanismo de interação social que utiliza tecnologias de informação e de comunicação, em especial a Internet, para promover o diálogo entre administração pública federal e sociedade civil. Nos últimos anos surgiram também diversos AVPS para permitir a participação dos cidadãos, de modo que ele influencie decisões sobre a sociedade em que vivem, como a Change.org ([www.change.org](http://www.change.org)) ou questões governamentais, como o Dialoga Brasil (<http://dialoga.gov.br/>). No entanto, como mostraremos na Seção 2, há um baixo engajamento do cidadão em AVPSs.

Por esse motivo, é importante entender como engajar os cidadãos nas questões em discussão disponíveis nessas plataformas. Desta forma, o cidadão tomará parte no processo decisório e teremos uma sociedade mais democrática. Neste contexto, o grupo de pesquisas CiberDem vem realizando diversas pesquisas relacionadas à democracia digital e à participação do cidadão nos assuntos de interesse público. A pesquisa em questão foca no aspecto do engajamento do cidadão em ambientes virtuais de participação social.

O restante deste artigo esta organizado da seguinte maneira. Na Seção 2 apresentamos o problema a ser tratado neste artigo, enquanto a Seção 3 apresenta a nossa proposta de solução. Na Seção 4 apresentamos uma proposta de avaliação da solução apresentada. As atividades já realizadas são apresentadas na Seção 5 e a Seção 6 conclui o artigo.

## 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O baixo engajamento do cidadão em AVPS não ocorre apenas em um único ambiente ou país, mostrando que o problema continua e as soluções devem ser consideradas. De Sousa e Gouveia [1], procuraram responder a seguinte questão de pesquisa “Como estimular os cidadãos a envolverem-se e a participar ativamente nos debates eleitorais, através de mediação digital?”. Eles apresentam um aplicativo Web que busca reunir as principais partes interessadas em uma eleição, eleitores e candidatos, em um site central, regulamentado e neutro, promovendo a colaboração e a comunicação multidirecional entre eles. Seu objetivo é permitir que o eleitor não seja apenas um consumidor de informação, mas

que ele tenha capacidade de intervir e de produzir informação. Em seu trabalho, essa interação e a colaboração são suportadas através de perguntas, respostas, sugestões, comentários, votações e debates. Eles ainda apresentam os resultados de um estudo de caso sobre as eleições parlamentares portuguesas de 2011. A plataforma desenvolvida foi usada, em parceria com o maior portal Web de Portugal, o SAPO, durante a campanha para as eleições de junho de 2011, nas duas últimas semanas antes das eleições, entre 20 de maio e 3 de junho.

Durante as duas semanas, 21.486 usuários únicos visitaram o aplicativo (perfazendo um total de 44.777 páginas vistas). No entanto, apenas 1,3% dos visitantes distintos chegaram a efetuar *login* para poder participar, e não apenas visualizar o conteúdo. Destes 21.486 usuários, 19.419 entraram pela primeira vez no aplicativo durante os dias dos debates. Uma das possíveis razões para a grande adesão dos cidadãos nos dias dos debates pode ser o fato de o controlador do portal SAPO ter feito nesses dias maior divulgação da iniciativa no seu site. Isto também demonstra a grande importância da divulgação das iniciativas de participação [1]. Os autores afirmam que o trabalho não alcançou uma resposta conclusiva e completa à questão de pesquisa. Todavia, tal como em [2,3] argumenta-se que o problema da participação nos ambientes virtuais não é apenas uma questão de tecnologia, mas também sobre a mudança para uma cultura mais aberta e de colaboração.

Em abril de 2017, recebemos dados do governo federal do Brasil, através da Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011), a respeito do Dialoga Brasil, que é a plataforma do governo federal para permitir a participação do cidadão. Em abril de 2017 haviam 25.331 usuários cadastrados, desses 2.043 se cadastraram via Google e 7.220 se cadastraram via Facebook e 16.068 se cadastraram diretamente no site. A Secretaria Nacional de Articulação Social da Secretaria de Governo da Presidência da República também reportou nesta ocasião que o Dialoga Brasil recebeu 276.149 votos, 3.536 participações em *hangouts* e 18.347 propostas; dessas, 2 estavam pendentes; 7.229 foram rejeitadas; 11.097 foram aprovadas e 11 pré-aprovadas. Eles esclareceram que os *hangouts* eram eventos com usuários do Dialoga Brasil e ministros dos temas tratados no site.

Esses dados mostram que, contrariamente à noção de que a Internet proporcionaria uma maior participação do público, oferecendo uma comunidade virtual para expressão, comunicação e interação ativa, a maioria dos usuários não participa muito. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a população brasileira em abril de 2017 já era superior a 207 milhões de pessoas. Isso mostra que o percentual da população que participa nesta plataforma é irrisório. Em vez disso, “*lurkers*” - pessoas que consomem informações *online*, mas raramente ou nunca contribuem - é a maioria na maior parte das comunidades *online* [4]. A regra do 1%, um termo cunhado por McConnell e Huba [5], descreve o fenômeno de que as pessoas que criam conteúdo online constituem 1% das pessoas que usam a Internet. O fato de uma pequena porcentagem de pessoas participarem de uma conversa política online não impede que os pesquisadores explorem o impacto democratizador das comunidades de discussão sobre a política [6].

Thiel e Fröhlich [7] argumentam que apesar de pesquisadores e governos terem explorado diversos métodos, o nível de participação continua baixo e ainda devemos pensar em como aumentar a participação do cidadão [8] para que ele tome parte no processo decisório.

### 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Diferentes AVPS permitem diferentes tipos de participação, sendo mais comuns as votações e abaixo-assinados, além dos programas de governo, em AVPS governamentais como o Dialoga Brasil (<http://dialoga.gov.br>). No entanto, todos eles apresentam temas (votação, abaixo-assinado e programa) para a participação (através do voto, assinatura, ou proposta) do usuário. Todos esses temas também (independente do seu tipo) podem ser classificados em assuntos. A motivação para a participação do usuário também é a mesma, opinar em uma questão, seja ela governamental ou não.

Dadas essas características, acreditamos ser possível buscar uma solução para sistema de recomendação baseado em influência social que possa ser generalizada para os tipos de AVPS mencionados. O objetivo dos sistemas de recomendação é sugerir itens relevantes para os interesses do usuário. Um fator que afeta os interesses de um usuário é a influência social já que os usuários podem se sentir atraídos pelo conteúdo consumido e apreciado pelos amigos. A influência social implica que as decisões de recomendação para diferentes usuários não podem ser isoladas, ou seja, à medida que as recomendações alteram os interesses de um usuário, a influência social pode espalhar essas mudanças, resultando em uma cascata de interesse [9]. Usuários com maiores graus de influência podem impactar as escolhas dos outros, de modo que existe literatura combinando influência social com métodos de recomendação tradicionais para recomendar itens [10]. Nesta pesquisa, estamos interessados na contribuição que os sistemas de recomendação baseados em influência social podem dar ao engajamento de usuários nos ambientes virtuais de participação social (AVPS).

#### 3.1 Sistemas de recomendação em AVPS

Dois dos AVPS disponíveis no cenário brasileiro são o Votenaweb (<http://www.votenaweb.com.br/>) e Change.org ([www.change.org](http://www.change.org)), que fazem recomendações genéricas e, algumas vezes, em assuntos irrelevantes para o usuário. Contudo, mesmo usuários altamente engajados tendem a se desengajar com um site quando o conteúdo que é servido não é atraente para eles [11]. Por isso, é necessário buscar formas de melhorar a recomendação para o usuário.

No Votenaweb, após participar de uma votação, o usuário não é incentivado a convidar um amigo para participar, apesar de estar disponível a opção de enviar email para alguém. Já no Change.org, após participar de um abaixo-assinado, o usuário é incentivado a convidar outros para participar. No entanto, o Change.org não sugere ao usuário quais outros usuários ele poderia convidar para participar. Assim, seria interessante ter um sistema de recomendação mais preciso e baseado em influência social para impulsionar a participação dos usuários. O nosso objetivo é fazer com que usuários engajados influenciem outros (consideramos um usuário influenciado quando ele é convidado a participar por um usuário e de fato participa) não engajados.

##### 3.1.1 Engajamento em AVPS

Como mostramos na Figura 1, entendemos que o engajamento não é um estado permanente, pois o indivíduo permanece engajado enquanto a motivação durar. Algo irá motivar o indivíduo que, após estar motivado, estará determinado a fazer algo. No entanto, esta determinação pode, ou não, se traduzir em uma ação. Quando o indivíduo agir, aí sim ele será considerado engajado. Ele se manterá engajado enquanto houver interesse dele na causa a qual ele está engajado. Em algum momento ele não terá mais motivação para se manter engajado,

seja porque essa causa chegou ao fim, ou porque ele perdeu o interesse nela. A partir desse momento, ele irá se desengajar, e poderá vir a ser motivado novamente, ou não.

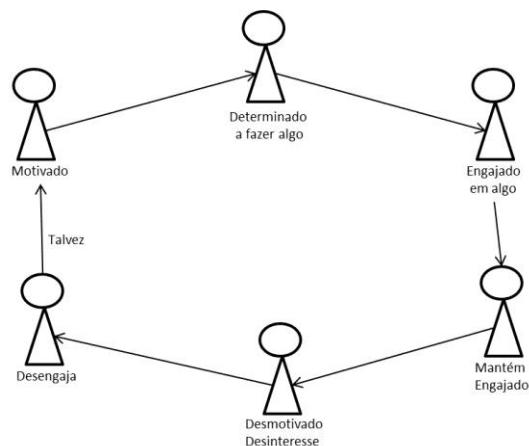


Figura 1: Etapas de Engajamento

A identificação de qual estágio de engajamento o usuário se encontra pode ser feita através das ações que ele pratica. É considerado motivado o visitante do AVPS (aquele que entra no AVPS sem fazer login). É considerado no estágio Determinado a fazer algo aquele usuário cadastrado que faz login. Quando o usuário participa de alguma ação disponível no AVPS ele é considerado no estágio engajado, e enquanto durar a repetição de participações ele estará no estágio mantém engajado. O usuário será considerado desmotivado quando já estiver cadastrado, mas não participar e desengajado quando deixar de visitar o AVPS por certo espaço de tempo (a ser definido de acordo com cada AVPS).

Desta forma, nosso objetivo é fazer com que usuários nos estágios engajado e mantém engajado influenciem usuários nos outros estágios de engajamento. Para isso, (1) cada usuário será perfilado e (2) será identificado qual usuário deverá fazer sugestões para um determinado usuário. Explicamos esses procedimentos nas subseções a seguir.

### 3.1.2 Perfil do usuário

Será feito o perfil dos usuários da seguinte maneira. O sistema guardará uma matriz como a da Figura 2.

Nome do usuário	Assunto1	Assunto2	AssuntoN	Recomendação de amigo	Recomendação de não amigo	Estágio de engajamento atual
Nome1	Quantidade de vezes que aceitou recomendação para assunto1	Quantidade de vezes que aceitou recomendação para assunto2	Quantidade de vezes que aceitou recomendação para assuntoN	Quantidade de vezes que a recomendação aceita foi feita por amigo	Quantidade de vezes que a recomendação aceita foi feita por não amigo	Nome do estágio
Nome2						
NomeN						

Figura 2. Identificação do perfil

Essa matriz identificará se recomendações aceitas foram feitas por amigos do usuário (identificado através de rede social) ou por não. A teoria de influência social [12] afirma que um indivíduo pode aceitar a influência através de três processos: 1) a conformidade, na qual o indivíduo adota o comportamento induzido não porque acredita no conteúdo que está sendo transmitido a ele, mas porque espera ganhar recompensas ou aprovação e evitar punições ou desaprovações ao se conformar; 2) a identificação, que ocorre quando o indivíduo aceita a influência porque ele quer estabelecer ou manter uma relação satisfatória com outra pessoa ou grupo. O indivíduo acredita na reação que ele adota na identificação, mas o conteúdo específico é mais ou menos irrelevante; e 3) a

internalização, na qual ele adota o comportamento induzido porque é coerente com o seu sistema de valor, e ele pode considerar isto útil para a solução de um problema ou para encontrar uma solução conveniente as suas necessidades. Portanto, o propósito de identificar quem fez a recomendação é para verificar se esse usuário é mais propenso a aceitar a influência pelo processo de identificação ou internalização, e assim utilizar a estratégia adequada para fazer recomendações a este usuário. A conformidade não é levada em conta aqui porque o indivíduo irá aceitar a influência por esse processo apenas quando estiver sob vigilância do agente influenciador [12], o que não parece ser o caso em AVPS.

A cada vez que ele aceitar uma recomendação será somado “1” no assunto do tema que ele aceitou. Isso vai permitir identificar os assuntos de interesse do usuário. Se o perfil mostra que o usuário é mais propenso a aceitar a influência por internalização, devemos levar em conta que: (1) o usuário adota o comportamento induzido porque é coerente com o seu sistema de valor e (2) o poder do agente influenciador baseia-se em grande parte em sua credibilidade (isto é, sua *expertise* e confiabilidade) [13].

Também será identificado em qual estágio de engajamento o usuário está. Essa identificação é para verificar se ele deve ser alvo de recomendações.

### 3.1.3 Usuário influenciador

Uma matriz, como a apresentada na Figura 3, será utilizada para guardar dados correspondes à influência exercida. Cada usuário cadastrado no AVPS terá uma matriz, já que potencialmente todos podem ser influenciadores.

	Assunto1	Assunto2	AssuntoN
Usuário1	Quantidade de vezes que usuário aceitou sua recomendação neste assunto	Quantidade de vezes que usuário aceitou sua recomendação neste assunto	Quantidade de vezes que usuário aceitou sua recomendação neste assunto
Usuário1			
UsuárioN			

Figura 3. Identificação dos influenciadores

A cada vez que um usuário tiver uma recomendação aceita por outro usuário, será somado “1” no campo do assunto do usuário ao qual ele influenciou. Para que se saiba quais usuários são possíveis influenciadores no momento deverá ser verificado o estágio de engajamento atual do influenciador (armazenado na matriz de perfil de usuários).

Essa matriz permitirá verificar em quais assuntos o usuário é um influenciador, bem como se ele é um influenciador global ou local. Lin et al [14] afirmam que o “especialista” (chamado por nós de influenciador) é uma fonte confiável para o seu “fã” (chamado por nós de usuário influenciado) para tomar decisões, e o “fã” frequentemente seguirá o consumo do “especialista”. Assim como eles, consideramos influenciadores globais e influenciadores locais. Os influenciadores globais são aqueles cujas opiniões (participações) em determinado assunto são globalmente (ou seja, pelos demais usuários) reconhecidas e, portanto, podem desencadear uma tendência de participação. Já os influenciadores locais são aqueles que têm influência sobre determinados usuários (seus amigos), mas não tem a mesma influência sobre os demais usuários. Portanto, os influenciadores globais podem ser utilizados para influenciar usuários mais

propensos a aceitar a influência por internalização, enquanto os influenciadores locais podem ser utilizados para influenciar os usuários que aceitam o processo de identificação.

### 3.1.4 Processo de recomendação

Após participar de um tema no AVPS em assunto do qual o usuário é influenciador global, será sugerido a ele quais usuários ele deverá fazer a recomendação de participação neste tema. Os usuários a serem sugeridos serão aqueles que costumam aceitar participar apenas temas com assuntos que ele concorda (influência pelo processo de internalização). O AVPS deverá facilitar esse processo de recomendação ao influenciador (de forma que ele não precise digitar vários endereços de email, por exemplo) abrindo uma tela com campos já preenchidos onde o usuário tenha um baixo custo para tentar influenciar outros.

Caso o influenciador não tenha participado de um tema disponível no AVPS, mas ele seja influenciador (tanto global como local) no assunto daquele tema, será sugerida a ele a participação no tema. O objetivo é que ele participe do tema e influencie outros. Com relação aos influenciadores locais, após uma participação deverá ser verificado na matriz quais usuários ele poderia influenciar e será feita a ele a sugestão de recomendação.

Weeks, Ardèvol-Abreu e Gil de Zúñiga [15] observaram que os usuários altamente ativos nas redes sociais, chamados pelos autores de “prosumidores”, se veem como altamente influentes em suas redes sociais e são direta e indiretamente mais propensos a persuadir os outros sobre política. Esses líderes de opinião *online* são mais propensos a consumir, distribuir e produzir conteúdo nas mídias sociais, de modo que foram rotulados de “prosumidores”, um termo derivado da combinação de “produtores” e “consumidores” [16]. Com base em suas auto-percepções de liderança de opinião, os prosumidores de redes sociais tendem a ter maior probabilidade de tentar persuadir os outros sobre política. Prosumidores estão mais engajados e são capazes de ver que seus comportamentos *online* desencadeiam reações e respostas de outros [15]. Os prosumidores se parecem com líderes de opinião na medida em que interagem mais frequentemente com os outros, estão altamente envolvidos com notícias e informações, e são mais propensos a compartilhar e distribuir conteúdo com outras pessoas em suas redes sociais [16]. Quanto mais as pessoas interagem com outras pessoas e compartilham, consomem e criam notícias e conteúdo político nas mídias sociais, mais elas se vêem como líderes de opinião dentro de suas redes sociais [15].

As mídias sociais são inerentemente sociais e reúnem as pessoas digitalmente, o que proporciona novas oportunidades para que líderes de opinião influenciem os outros em suas redes [17]. Em um ambiente de mídia cada vez mais fragmentado, a informação compartilhada socialmente pelos líderes de opinião pode ser mais influente, pois as pessoas dependem cada vez mais das sugestões e informações fornecidas por outros em sua rede social [18] e tendem a confiar nessa informação mais do que quando recebidos diretamente de meios de comunicação [17].

## 4. PROJETO DE AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

A avaliação será feita através de estudos de caso em um ambiente virtual de participação social (AVPS). Para o estudo de caso partimos da suposição que o usuário do AVPS poderá aceitar a influência social de outro usuário por um dos três processos

descritos por [12]. O nosso objetivo será responder as seguintes questões.

1. A aplicação do processo de recomendação proposto leva a um maior número de usuários participando dos temas sugeridos?
2. O usuário influenciador também se torna mais participativo, à medida que ele pode desejar manter uma posição de influência?
3. Os usuários que aceitam a influência passam a tentar influenciar outros? Ou seja, ele recebe um convite/compartilhamento e passa tentar influenciar outros usuários?
4. É possível identificar qual processo de influência um determinado usuário é mais propenso a aceitar, e ajustar as recomendações de acordo com essa informação?

## 5. ATIVIDADES JÁ REALIZADAS

Foi feita uma revisão da literatura mostrando as soluções que são adotadas na literatura no que diz respeito ao engajamento dos cidadãos em ambientes virtuais de participação social. Nesta revisão utilizamos uma *string* de busca para encontrar as soluções para engajamento do cidadão em AVPS publicadas nas bases de dados Scopus e IEEE Xplore. A busca resultou em 451 artigos, dos quais 96 artigos que foram analisados. As propostas para engajar cidadãos em ambientes virtuais de participação social utilizam uma das seguintes abordagens: Gamificação, Jogos, Redes Sociais, Contribuição Colaborativa ou Informação Específica e Personalizada. Identificamos que as abordagens que utilizam influência social podem apresentar bons resultados. Assim, a influência social está presente na nossa proposta de solução por acreditarmos que ela pode contribuir para aumentar o engajamento em AVPS e contribuir para solucionar o problema do baixo engajamento.

Também foi feita uma revisão da literatura para identificar como os autores fazem a medição do engajamento. Nesta revisão da literatura observamos que são várias as métricas utilizadas para medir o engajamento. Essas métricas variam de acordo com o ambiente onde a medição ocorre. Muitos autores estudados mensuram o engajamento que um determinado conteúdo consegue atrair, e não o engajamento do usuário individual nos diversos conteúdos disponíveis no ambiente. A partir dessa revisão propomos que uma pontuação possa ser atribuída a cada uma das atividades disponíveis no AVPS da seguinte maneira. (1 ponto para atividades consideradas pelo *designer* como tendo um baixo engajamento do usuário, e 2 para atividades com alto grau de engajamento) + (1 ponto para atividades sem influência social e 2 para aquelas com influência social). Essa pontuação vai de encontro ao proposto por um estudo [19] que define o engajamento (do usuário com o conteúdo) através de um *continuum* que varia do extremo de menor engajamento (métricas de exposição) até o extremo de maior engajamento (métricas de interatividade). Este estudo [19] distingue dois tipos de interatividade (usuário-conteúdo e usuário-usuário), sustentando que as interações com maior frequência e qualidade indicam um engajamento mais profundo. Essa pontuação pode ser útil para ajudar a acompanhar o engajamento dos usuários ao longo do tempo.

## 6. CONCLUSÃO

Espera-se que os resultados que serão produzidos nesta pesquisa possam gerar um sistema de recomendação que possa ser aplicado nos diversos ambientes virtuais de participação social disponíveis na Internet. Com isso, esperamos que haja uma maior influência



social entre os usuários gerando um maior engajamento do cidadão nos AVPS.

Estudamos a teoria da influência social e verificamos que um usuário engajado pode influenciar outro não engajado. Também observamos na literatura a importância de uma boa recomendação para que se mantenha o usuário engajado, e não se desengaje o usuário com recomendações ruins [11]. Propusemos um processo de recomendação em AVPS baseado em influência social, mas ainda precisamos realizar estudos de caso para verificar os resultados da aplicação desse processo e aperfeiçoar a proposta.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] De Sousa, A.J.A., Gouveia, L.M.B. 2012. A proposal for digital mediation for direct public participation during electoral periods, in 7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp. 1-5.
- [2] Moreira, A. M. (2009) E-Society and E-Democracy, eGovernment Symposium, Berne, Switzerland.
- [3] Stromer-Galley, J. 2000. On-line interaction and why candidates avoid it, *Journal of Communication*, v. 50, n. 4, pp. 111-132.
- [4] Preece, J., Nonnecke, B., Andrews, D. 2004. The top five reasons for lurking: improving community experiences for everyone, *Computers in human behavior*, v. 20, n. 2, p. 201-223.
- [5] McConnell, B., Huba, J. 2006. The 1% rule: Charting citizen participation, *Church of the Customer Blog*, v. 205.
- [6] Shen, F., Liang, H. 2015. Cultural difference, social values, or political systems? Predicting willingness to engage in online political discussion in 75 societies, *International Journal of Public Opinion Research*, v. 27, n. 1, pp. 111-124.
- [7] Thiel, S.K., Frohlich, P. 2017. Gamification as Motivation to Engage in Location-Based Public Participation?, in *Progress in Location-Based Services 2016*, Springer International Publishing, pp. 399-421.
- [8] Sanchez-Nielsen, E., Lee, D. 2013. eParticipation in Practice in Europe: The Case of "Puzzled by Policy: Helping You Be Part of EU", in 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), pp. 1870-1879.
- [9] Lu, Wei et al. Optimal recommendations under attraction, aversion, and social influence. In: *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. ACM, 2014. p. 811-820.
- [10] Crandall, David et al. Feedback effects between similarity and social influence in online communities. In: *Proceedings of the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. ACM, 2008. p. 160-168.
- [11] Muralidhar, Nikhil; Rangwala, Huzefa; Han, Eui-Hong Sam. Recommending Temporally Relevant News Content from Implicit Feedback Data. In: *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2015 IEEE 27th International Conference on*. IEEE, 2015. p. 689-696.
- [12] Kelman, Herbert C. 1958. Compliance, identification, and internalization three processes of attitude change. *Journal of conflict resolution*, v. 2, n. 1, pp. 51-60.
- [13] Kelman, Herbert C. Further thoughts on the processes of compliance, identification, and internalization. *Perspectives on social power*, p. 125-171, 1974.
- [14] Lin, Chen et al. Personalized news recommendation via implicit social experts. *Information Sciences*, v. 254, p. 1-18, 2014.
- [15] Weeks, Brian E.; Ardèvol-Abreu, Alberto; Gil de Zúñiga, Homero. Online influence? Social media use, opinion leadership, and political persuasion. *International Journal of Public Opinion Research*, v. 29, n. 2, p. 214-239, 2017.
- [16] Ritzer, George; Dean, Paul; Jurgenson, Nathan. The coming of age of the prosumer. *American behavioral scientist*, v. 56, n. 4, p. 379-398, 2012.
- [17] Turcotte, Jason et al. News recommendations from social media opinion leaders: Effects on media trust and information seeking. *Journal of Computer-Mediated Communication*, v. 20, n. 5, p. 520-535, 2015.
- [18] Mutz, Diana C.; Young, Lori. Communication and public opinion: Plus ça change?. *Public Opinion Quarterly*, v. 75, n. 5, p. 1018-1044, 2011.
- [19] Ksiazek, Thomas B.; Peer, Limor; Lessard, Kevin. 2016. User engagement with online news: Conceptualizing interactivity and exploring the relationship between online news videos and user comments. *New Media & Society*, v. 18, n. 3, p. 502-520.

# Uma Técnica para Tratamento de Fatores de Ecossistema em Sistemas-de-Sistemas de Informação Interoperáveis

Juliana Costa Fernandes

Programa de Pós-graduação em Informática  
Univ. Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Av. Pasteur, 458 - Rio de Janeiro - CEP: 22290-240  
juliana.costa@uniriotec.br

Rodrigo Santos

Programa de Pós-graduação em Informática  
Univ. Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Av. Pasteur, 458 - Rio de Janeiro - CEP: 22290-240  
rps@uniriotec.br

## RESUMO

Em um ecossistema de software (ECOS), interoperabilidade é relevante por alinhar tecnologias, ambientes, interações humanas e, sobretudo, abrir fronteiras onde aplicações de terceiros podem se conectar e se beneficiar de serviços a fim de reduzir custo e retrabalho. Existem padrões e normas que mapeiam o emprego de componentes de interoperabilidade e fornecem diretrizes para a sua utilização, como o ePING para governo eletrônico e o documento de recomendações da W3C sobre melhores práticas de dados na Web. Estudos têm sido realizados para mapear o uso de padrões de interoperabilidade e identificar dificuldades no emprego destes padrões. Recentes propostas de técnicas para a aplicação de diretrizes de interoperabilidade têm sido concebidas; no entanto, em geral, não contemplam um tratamento alinhado ao contexto específico de sistemas-de-sistemas de informação (SdSI) dentro de um ECOS. Esta dissertação propõe investigar interoperabilidade em SdSI a partir de estudos experimentais e de literatura com base nos padrões ePING. Com o resultado dos estudos desenvolvidos, pretende-se desenvolver uma técnica que permita tratar os fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS em software de SdSI interoperáveis alinhados aos padrões do ePING.

## Palavras-chave

Ecossistemas de Software, Sistemas-de-Sistemas de Informação, Interoperabilidade.

## ABSTRACT

In the context of software ecosystems (SECO), interoperability is relevant for aligning technology, environment, human interaction, and for opening borders where third-party applications can be connected and benefited from their interrelated services in order to reduce cost and rework. There are patterns and rules that map interoperability components and provide guidelines for their use, such as e-PING and Data on the Web Best Practices of W3C Recommendation document. Current researches are applied to map the use of interoperability standards and identify difficulties in the application of such standards. In general, initiatives have been proposed, but they include no specific treatment for the context of system-of-information systems (SoIS) within a SECO. This Master thesis aims to investigate interoperability as a method for applying e-PING guidelines in the context of SoIS. Based on experimental

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018, June 4th–8th, 2018, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. Copyright SBC 2018.

and literature studies, we intend to develop a technique that allows us to deal with technical, human and organizational factors of SECO in interoperable SoIS complying with ePING standards.

## CCS Concepts

• Software and its engineering → Software organization and properties → Extra-functional properties → Interoperability.

## Keywords

Software Ecosystems; Systems-of-Information Systems; Interoperability.

## 1. INTRODUÇÃO

Os softwares de sistemas de informação (SI) estão atualmente imersos em um contexto cuja tendência é a interação entre si, o que requer alta interoperabilidade, i.e., capacidade de diferentes sistemas e tecnologias se comunicarem, trocarem e usarem informação [1] [2]. Em [8], a importância da interoperabilidade em plataformas de ecossistemas de software (ECOS) é ressaltada por ajudar a colaboração de usuários de SI nas atividades do fluxo de trabalho empresarial. Além disso, é relevante para alinhar tecnologias, ambientes, interações humanas e abrir fronteiras onde aplicações de terceiros podem se beneficiar. Logo, aprofundar a investigação de técnicas para apoiar interoperabilidade representa um problema-chave a ser explorado.

Existem padrões e normas que mapeiam o emprego de componentes de interoperabilidade e fornecem diretrizes para a sua utilização. Na Europa, por exemplo, há o European Interoperability Framework [10] para a administração pública. A W3C, com o documento de recomendações de melhores práticas para dados na Web [7], fornece diretrizes para interoperabilidade de dados. No Brasil, o Judiciário definiu um Modelo Nacional de Interoperabilidade (MNI) para interoperar os dados do Poder Judiciário e Órgãos da Administração da Justiça [11] [12]. Por fim, existe o ePING, um documento de referência para os Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico [5], que será utilizado como referência nesta pesquisa por considerar três dimensões que envolvem a interoperabilidade: técnica, semântica e organizacional [5] [10]. Estudos têm sido realizados para mapear o uso dos padrões de interoperabilidade do ePING e identificar dificuldades no emprego destes padrões, como em [6].

Recentes propostas de técnicas têm sido concebidas para a aplicação de diretrizes de interoperabilidade (e.g., [6], [12], [13], [14]) em alguns domínios de negócio; no entanto, em geral, não contemplam um tratamento específico e alinhado ao contexto de sistemas-de-sistemas de informação (SdSI) em ECOS. SdSI são compostos por SI pré-existentes, com grande potencial para inovação e criação de novos negócios [3], onde cada SI de um SdSI forma um ECOS [2]. Nesse contexto, esta dissertação propõe

investigar interoperabilidade em SdSI a partir de estudos experimentais e de literatura baseados nos padrões ePING, que trate fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS. Como resultado da pesquisa, pretende-se desenvolver uma técnica que permita tratar os fatores de ECOS que possam ser aplicados a softwares de SdSI interoperáveis alinhados aos padrões do ePING.

## 2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Boscarioli et al. [8] discorre sobre a importância de tratar interoperabilidade adequadamente pois, com a heterogeneidade de requisitos de cada tipo de SI, os ecossistemas oferecem um cenário diferente, mas com objetivos ou propriedades similares. Isto ratifica a necessidade de explorar questões de interoperabilidade em áreas, como sistemas-de-sistemas (SoS). Existem padrões e normas que mapeiam interoperabilidade citados anteriormente. Contudo, para esta pesquisa, o ePING [5] será utilizado como referência. O ePING fornece diretrizes para a utilização destes padrões, porém não contempla um tratamento específico e alinhado ao contexto de SdSI em ECOS.

O problema apresentado leva às seguintes questões de pesquisa (QP) que norteiam esse estudo: (QP1) *Que padrões do ePING contribuem para tratar fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS?* e (QP2) *Que padrões contribuem para a interoperabilidade no contexto de um SdSI que forma, em torno de si, um ECOS?*

## 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Esta pesquisa propõe realizar um estudo exploratório dos padrões ePING que contribuam para o tratamento de fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS. O objetivo é identificar que padrões contribuem para tratar os fatores de ECOS e quais deles podem ser aplicados a software de SdSI interoperáveis.

Em relação a ECOS, é importante compreender que softwares de SI, como Graciano Neto et al. [3] explicam, têm sido associados por meio da interoperabilidade visando a criação de novas funcionalidades e formando sistemas de larga escala denominados SdSI. Um SI dentro de uma estrutura de SdSI (e formando um ECOS próprio [3]) deve ser concebido para possibilitar interoperabilidade em ambientes distribuídos e abertos. Além disso, um SdSI deve também se adaptar com dinamismo a mudanças de cenários constantemente presentes em negócios.

O ePING foi escolhido como referência por definir um conjunto de especificações que regulamentam a utilização da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na interoperabilidade de serviços de governo eletrônico, mas que não se limita a esta esfera. Outras razões são: possuir documentação de pesquisa que reúne a evolução do ePING e ter sido investigado pela academia, que propôs método para aplicar diretrizes de interoperabilidade em portais do governo eletrônico brasileiro.

A partir de um mapeamento da literatura sobre o assunto, do uso dos padrões ePING em um estudo exploratório e da consulta a especialistas sobre a sua aplicabilidade, espera-se desenvolver uma técnica que permita tratar os fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS em software de SdSI interoperáveis alinhados aos padrões do ePING. Para a definição desta pesquisa de dissertação, os objetivos foram estabelecidos visando responder às questões propostas e validar a solução a ser desenvolvida. O objetivo geral da pesquisa é investigar interoperabilidade em SdSI considerando o contexto de ECOS a fim de desenvolver uma técnica que permita tratar os fatores de ECOS aplicados a software de SIs interoperáveis.

Para isto, alguns objetivos específicos foram estabelecidos: (1) investigar se e como cada um dos fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS é contemplado e identificar a sua influência na interoperabilidade a partir de casos reais; (2) identificar os fatores de ECOS que influenciam a interoperabilidade e que estão contemplados nos padrões do ePING; (3) Definir um conjunto de padrões de SI interoperáveis que estejam alinhados ao ePING; (4) Avaliar os padrões do e-PING para a interoperabilidade de SI em SdSI; (5) Desenvolver a técnica proposta; (6) Disponibilizar o checklist dos padrões para a interoperabilidade de SI em SdSI por meio de um artefato de software Web para que usuários possam dar feedback sobre o resultado; por fim, (7) Avaliar a técnica por meio de questionário com especialistas (academia e indústria).

Os SdSI escolhidos foram o Sistema Integrado de Gestão Ambiental e Recursos Hídricos (SIGA), o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLOR). Os dois últimos são constituintes da esfera federal. O SIGA, alvo do primeiro estudo exploratório, trata-se de um sistema de software corporativo em ambiente web que oferece informações sobre processos de licenças e outorgas do Estado do Piauí que tramitam na Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Ele consome dados do SICAR e necessita interoperar com o SINAFLOR. Estes SI são intensivos em software, operacionalmente e gerencialmente independentes, que trabalham juntos para atingir objetivos comuns [3]. Por fazerem parte de uma estrutura de SdSI, os casos reais mostram-se adequados para a investigação dos fatores de ECOS e padrões de interoperabilidade.

## 4. PROJETO DE AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

O projeto de avaliação da solução será dividido em duas fases: (1) concepção: em que são realizados o mapeamento sistemático da literatura (MSL), o estudo exploratório e a pesquisa de opinião com especialistas visando avaliar os padrões de interoperabilidade importantes para SdSI; e (2) avaliação: em que são realizados o estudo de grupo focal com especialistas em interoperabilidade a fim de refinar a técnica, bem como o estudo de viabilidade para verificar a sua aplicabilidade em casos reais. Na Figura 1, são apresentadas as principais atividades relacionadas a cada fase. Em seguida, são explicadas as etapas do projeto de avaliação.

Na fase de avaliação, o grupo focal consiste em entrevista com um conjunto de pessoas que utilizam ou já aplicaram padrões do e-PING em seus projetos de SI, visando verificar a técnica proposta. O objetivo desta atividade é investigar que padrões do ePING ajudam a tratar os fatores do ECOS. Será avaliado o nível de concordância/discordância do especialista sobre esses fatores. Caso os resultados produzidos nesta atividade corroborem o andamento da pesquisa, será feito um refinamento visando elencar o que consta no ePING como pontos fortes ou fracos para interoperabilidade (e quais as suas ameaças para um ECOS). Se houver muita discordância, será necessário reavaliar os fatores para o delineamento da técnica proposta.

A partir do refinamento pós-grupo focal, um estudo de viabilidade para avaliar a técnica proposta será realizado no contexto dos casos reais SIGA, SICAR e SINAFLOR. Esta atividade visa investigar os padrões resultantes para o tratamento dos fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS, que possam ser aplicados a software de SdSI interoperáveis alinhados aos padrões do ePING. Para cada caso real, três passos serão realizados: (i) a descrição do caso, (2) aplicação dos padrões da técnica proposta e (3) avaliação com

stakeholders. Em (3), serão investigadas que padrões são observados ou não no SI do SdSI e se exercem influência na interoperabilidade do seu ECOS. Caso os resultados produzidos corroborem a pesquisa, será realizado um refinamento da técnica proposta para incorporar melhorias e sugestões. Caso contrário, será necessário reavaliar os padrões da técnica proposta e realizar um novo estudo de viabilidade.

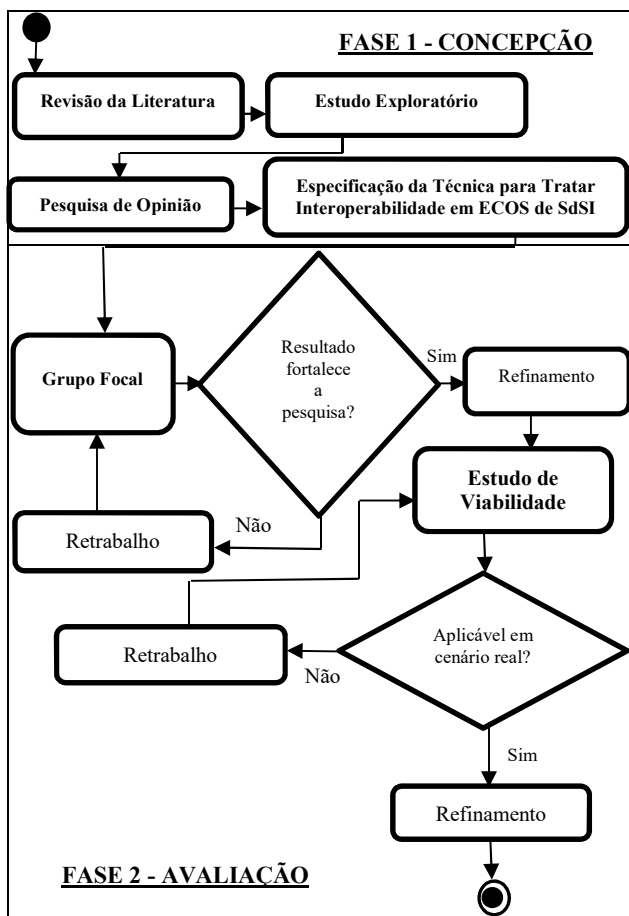


Figure 1. Modelo de Concepção e Avaliação da Solução.

### 5. ATIVIDADES REALIZADAS

Dentre as atividades propostas para concepção e avaliação da solução, foram realizadas: estudo da literatura e estudo exploratório de fatores técnicos, humanos e organizacionais de ECOS e de interoperabilidade com base no e-PING. A definição da proposta de dissertação foi realizada, o mapeamento sistemático da literatura já foi iniciado e está em andamento (visando definir um conjunto de padrões que possam ser aplicáveis a SI interoperáveis até junho de 2018) e, a partir disso, pretende-se executar uma pesquisa de opinião com especialistas (survey) sobre os padrões do e-PING considerados “imprescindíveis” para a interoperabilidade em SI de SdSI objetivando inserir os resultados na pesquisa até agosto de 2018.

No que se refere ao estudo exploratório no caso real do SIGA, foi feita uma análise geral dos 15 fatores de ECOS identificados por Santos et al. [2]. Os pesquisadores perceberam que 11 deles influenciam diretamente a interoperabilidade [9]. Analisou-se ainda quais fatores foram observados, parcialmente observados ou não observados e que exercem influência sobre a interoperabilidade no ECOS. Pode-se verificar que, dentre os 73% dos fatores que têm influência direta na interoperabilidade, 27,27% foram observados,

36,37% foram parcialmente observados e 36,36% não foram observados [9].

Em seguida, foram investigados que componentes do ePING foram contemplados, parcialmente contemplados e não contemplados no SIGA [15]. A investigação explorou o segmento “Organização e Intercâmbio de Informações”, relativo ao aspecto de Tratamento e Transferência de Dados (que influencia a interação entre elementos humanos, técnicos e organizacionais) [15]. O segmento escolhido pode tratar as relações de interoperabilidade que Graciano Neto et al. [3] considera que devam ser estabelecidas entre diferentes SI para criar funcionalidades e explorar/criar oportunidades de negócio que acontece como resultado de alianças inter-organizacionais e de cooperação [15]. Este estudo permitiu verificar que: 42,86% dos componentes adotados no ePING estão contemplados no caso real, 28,57% estão parcialmente contemplados e 28,57% não estão contemplados no SIGA. Os resultados iniciais obtidos apontaram a necessidade de estender a investigação aos outros casos reais selecionados e geraram instrumentos documentais para o planejamento do MSL. Os resultados serão usados para definir uma técnica para tratar os fatores de ECOS que possam ser aplicáveis a software de SdSI interoperáveis e que estejam alinhados ao ePING. Por fim, prosseguir com as demais atividades da investigação.

### 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que a técnica proposta como resultado da pesquisa promova um apoio relevante a pesquisadores e profissionais da indústria de software que necessitam constantemente tratar os fatores de ECOS em sistemas interoperáveis que possam ser concebidos dentro de estruturas de SdSI e que estejam de acordo com os padrões do ePING. Pretende-se disponibilizar o checklist dos padrões para a interoperabilidade de SI em SdSI através de um artefato de software Web para que usuários possam dar feedback em relação à aplicabilidade dos padrões. Acredita-se que os resultados alcançados no trabalho contribuam significativamente para a área de Sistemas de Informação, uma vez que investigar ECOS e SdSI tem sido apontado como um dos grandes desafios de pesquisa em SI no Brasil (2016-2026). Além disso, as contribuições são aplicáveis tanto no contexto acadêmico quanto no mercado de desenvolvimento de SI.

### 7. AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece ao DPq/PROGP/UNIRIO pelo apoio parcial concedido para realização desta pesquisa.

### 8. REFERÊNCIAS

- [1] Jansen, S., Cusumano, M.A., Brinkkemper, S. 2013. Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry. Edward Elgar Publishing.
- [2] Santos, R. Viana, D., Maciel, C. 2016. Ecosistemas de Software: Uma Visão sobre Fatores Técnicos, Humanos e Organizacionais. In I. Gasparini, M. Mota (Org.) Livro dos Tutoriais do XV Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. 15ed. SBC, v. C, 70-90.
- [3] Neto, V. V. G., Santos, R. P., Araújo, R. 2017. Sistemas de Informação e Ecosistemas de Software: Conceitos e Aplicações. In B. B. Zarpelão; J. Q. Uchôa; H. A. X. Costa; J. G. Greggi. (Org.). Tópicos em Sistemas de Informação: Minicursos do XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. 13ed. Lavras: SBC e UFLA, 2017, v. 2017, p. 22-41.

- [4] Santos, R. P., Werner, C., Barbosa, O. 2012. Software Ecosystems: Trends and Impacts on Software Engineering. In *Trilha Especial de Grandes Desafios em Engenharia de Software/Sistemas/ XXVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Natal, Brasil, pp. 206-210.
- [5] ePING. Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico – ePING 2018, disponível em: <http://eping.governoeletronico.gov.br>, Último acesso em: 05/03/2018.
- [6] Oliveira, A. D. A. 2017. Um método para aplicação de diretrizes de interoperabilidade do padrão e-PING em portais governamentais de organizações públicas brasileiras. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100131/tde-17082017-134940/pt-br.php>.
- [7] *Data on the Web Best Practices - W3C Recommendation. 2017*. Disponível em <https://www.w3.org/TR/2017/REC-dwbp-20170131/>. Último acesso em: 11/04/2018.
- [8] Boscaroli, C., Araújo, R. M., Maciel, R. S. P. 2017. *I GrandSI-BR – Grand Research Challenges in Information Systems in Brazil 2016-2026*. CE-SI/SBC, 184p.
- [9] Fernandes, J. C., Santos, R. P. 2017. Estudo Exploratório de Fatores Técnicos, Humanos e Organizacionais de Ecossistemas de Software no SIGA. In *Anais do 16th Simpósio Brasileiro Sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Joinville, Brasil, v. B, pp. 80-81.
- [10] *New European Interoperability Framework - Promoting seamless services and data flows for European public administrations*. Disponível em [https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif\\_brochure\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif_brochure_final.pdf). Último acesso em: 12/04/2018.
- [11] Modelo de Interoperabilidade de Dados do Poder Judiciário e Órgãos de Administração da Justiça - Versão 2.2.2. 2014. Disponível em [http://www.cnj.jus.br/images/dti/Comite\\_Gestao\\_TIC/Modelo\\_Nacional\\_Interoperabilidade/interoperabilidade\\_2.2.2.pdf](http://www.cnj.jus.br/images/dti/Comite_Gestao_TIC/Modelo_Nacional_Interoperabilidade/interoperabilidade_2.2.2.pdf). Último acesso em: 13/04/2018.
- [12] Jr, E.S., Silveira, L., Rover, A.J. 2016. Avaliação do modelo nacional de interoperabilidade do Poder Judiciário brasileiro. *Pensar*, Fortaleza, v. 21, n. 2 (maio./ago. 2016), p. 442-483. DOI= <http://dx.doi.org/10.5020/2317-2150.2016.v21n2p442>.
- [13] Horita, F. E. A., Albuquerque, J. P., Degrossi, L. C., Mendiondo, E. M., Ueyama, J. 2015. *Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks*. *Computers & Geosciences*, v 80 (July 2015), p. 84-94. DOI= <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.04.001>.
- [14] Miranda, N.J. O. 2015. Estudo da padronização visando à interoperabilidade: O caso das organizações de saúde na cidade de Marília - São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Disponível em [https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/miranca\\_njdo\\_me\\_mar.pdf](https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/miranca_njdo_me_mar.pdf).
- [15] Fernandes, J. C., Santos, R. P. 2017. Estudo Exploratório sobre Interoperabilidade no Ecossistema SIGA: Uma Análise das Dimensões do ePING. In *Anais do VIII Workshop sobre Aspectos da Interação Humano-Computador para a Web Social*, Joinville: CEUR-WS, v. 2039. pp. 13-24.
- [16] Neto, V. V. G., Araújo, R., Santos, R. P. 2017. *New Challenges in the Social Web: Towards Systems-of-Information Systems Ecosystems*. In: *Anais do Workshop sobre Aspectos da Interação Humano-Computador para a Web Social*, CEUR-WS, v. 2039, pp. 1-12.
- [17] Cataldo, M., Herbsleb, J.D. 2010. “Architecting in Software Ecosystems: Interface Translucence as an Enabler for Scalable Collaboration”. In *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture (ECSA 2010) Companion Volume, Copenhagen, Denmark, August 23 to 26, 2010*. New York: ACM Press, pp. 65–72.

# Principles of agile project-based learning to cope with the computer programming education at Brazilian Information System higher education

Alexandre Grotta  
 Universidade de São Paulo  
 Av. Arlindo Bettio, 1000  
 São Paulo, SP, Brasil  
 grotta@usp.br

Edmir P. V. Prado  
 Universidade de São Paulo  
 Av. Arlindo Bettio, 1000  
 São Paulo, SP, Brasil  
 grotta@usp.br

## ABSTRACT

Teaching and learning of computer programming (TL-PROG) is a fundamental subject to System Analysis Bachelor and related graduation courses. In general, teaching programming using traditional methods has become much more challenging due to many reasons. It includes changes in the manner new generations are prone to learn and the arising of new programable devices. In this context, Project-Based Learning may offer potential benefits to TL-PROG, mainly Agile Project-Based Learning (APjBL). However, there are a few relevant studies relating PjBL and TL-PROG in Brazilian. Therefore, we propose to analyze the benefits of the APjBL when compared to the traditional Brazilian TL-PROG. As the comparison criteria, we propose to evaluate the benefits to students' grades, motivation, communication and profession.

## CCS Concepts

Social and professional topics → Professional topics → Computing education.

## Keywords

Computer Programming, Teaching Methods, Project-based Learning.

## 1. INTRODUCTION

Regarding Information Systems (IS) and related Computer Science education programs, some recent researches have been reported challenges such as a high level of students' evasion and fail. These challenges seem to apply at both developed and underdevelopment countries and indications of a lack of interest in SI by new entrants. In this context, computer programming is a fundamental area. However, teaching and learning of computer programming (TL-PROG) is also very challenging. Some additional difficulties make this scenario even more complex: changes in the manner new generations are now prone to learn programming; high level of evasion at introductory programming courses; new programmable devices [1,11,15,20,24,26].

In order to enhance the computer programming education, there are at least three relevant aspects: (i) the teaching methods, (ii) the students' grade and (iii) the student's motivation to learn (from now on, referred as motivation). Improvements on the teaching

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018, June 5th–8th, 2018, Caxias do Sul, RS, Brazil.  
 Copyright SBC 2018.

methods are usually know to be related with improvements on students' performance. Thus, Project-Based Learning (PjBL) might be used as an alternative teaching method, given its effectiveness when compared to the traditional teaching methods. Among different PjBL approaches, the APjBL tends to be more effective to the TL-PROG context given its simplicity, adaptability and its own origins from software development [6,14,16].

Although PjBL may help students to improve their grades and motivation in TL-PROG, this reseach identified via a systematic literature review (SLR) that a few relevant reports came from Latin America context. Given these basis, the main research objective is: to analyse the benefits of APjBL principles applied to the computer programming education when compared to the traditional education, in the Brazilian SI undergraduate context.

The remaining of the research is as follows. Section 2 describes the research problem. Section 3 presents the proposed solution. Section 4 addresses the solution evaluation. Section 5 report the partial results. Section 6 presents the research conclusion.

## 2. PROBLEM DESCRIPTION

Students may struggle to learn computer programming Due to many reasons, given TL-PROG is still considered very challenging for both students and educators. TL-PROG is also considered complex and very mental demanding task from students' perspective. It requires a long learning curve. All these challenges might results in high evasion rate, such as those found at introductory programming courses [1,8,11,15,20,26].

There have been found reports that PjBL enhances students grades and motivation in computer programming contexts. PjBL classes are bounded by real-world challenges and also by collective knowledge. Besides, PjBL might help students to deal with a second foreign language, such as the context found in Latin America IS courses [9,20,25,27].

Anyhow, applying PjBL to the TL-PROG may not be a standard or straight forward process. Therefore, we propose to join three different aspects, as follows: #1, the education aspect; #2, the project management aspect and #3 the PjBL outcomes and benefits. The merge of these three aspects were grounded by several studies [3,7,10,12,14,16,18,19,21] and are summarized into Figure 1. These are base concepts used by this research, as follows:

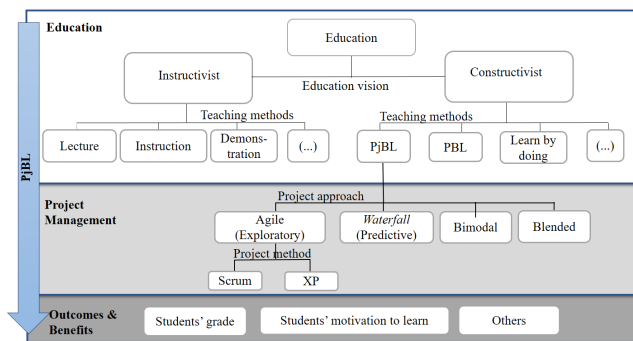


Figure 1. Base concepts adopted by this research.

On figure 1, the first aspect is education. In the need of defining traditional and non-traditional education, we chose to classify teaching methods under two distinct education visions (or metaphors): the instructivist and the constructivist visions. These metaphors help people understanding the education big picture. Instructivist vision is also known as professor-centric approach, in which knowledge is mainly passed via instructions to the students, such as lectures. The constructivist vision states that students construct their own knowledge, such as PjBL or problem-based learning (PBL) methods. Anyhow, education process is usually a gradient set into middle points of this *continuum*.

The second aspect relates to the project management, in which there are both project methods and project approach. Many of them were created besides the education environment such as project approaches (such as Agile, Waterfall or Blended) and its related project methods. Thus, choosing PjBL as TL-PROG education method implies the need to bind process of project management and education.

The third aspect relates to outcomes & benefits, come from both education and business projects lanes. Regarding education projects, students' grades are the most common outcomes from any course. Other additional students' outcome might relate to non-grades measures, such as motivation.

### 3. PROPOSED SOLUTION

This work adopts the explicative research with quali-quantitative (also known as mixed) analysis. This choice was based on the interest of understanding the phenomenon - PjBL benefits - and its relations with two or more variables, mainly students' grades and motivation. This approach is relevant to multidisciplinary contexts, where qualitative and quantitative data give each other mutual support. Thus, this research adopts the educational quasi-experimental to be executed *in locus*, i.e., at a real university and a real semester [2,5,22].

The main objective of this research was split into four specific objectives. **SO1:** Identify and describe the project methods and project approaches that are related to both PjBL and TL-PROG, including the most suitable approach or method to the Brazilian context. **SO2:** Identify the impact on students' grades and motivation after the use of PjBL as an alternative programming teaching method. **SO3:** Identify the benefits students may experience when learning programming via PjBL. **SO4:** Compare the traditional programming classes with APjBL principles classes at Brazilian Information System higher education by analyzing the benefits to the students during a semester, specially their grades and their motivation.

Based on findings produced by a SLR (Systematic Literature Review) [13] executed by this research, AMoPCE (Agile Model

for Projects in Computing Education) [12,21] was chosen as the most suitable APjBL method to this research. AMoPCE is a teaching method that simplified Agile most relevant principles and applied them to computer education, thus resulting a supportive teaching method. All principles are described in details at the original research but the figure 2, adapted from the original research [12], presents an overview of AMoPCE principles:

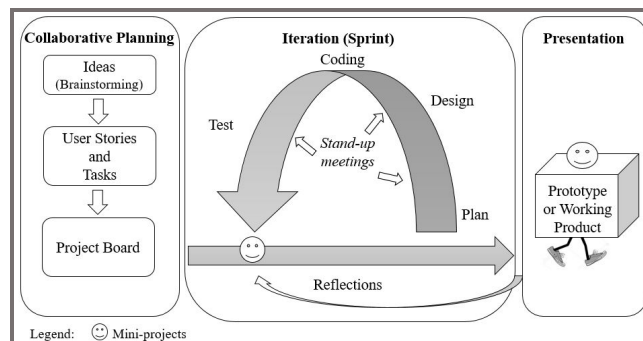


Figure 2. AMoPCE adapted from [12]

AMoPCE was adapted by professors to a substantial degree according to the teaching and learners needs [12]. Thus, at this research, professors will also be able to adapt the most suitable principles of agile project-based learning to their programming courses to cope with the computer programming education. In order to make principles more understood and applied by the professors, there were split into seven Agile principles [12,21], as follows:

- (1) **Collaborative Planning:** lane that includes the planning activities of AMoPCE: the generation of ideas, the planning the user stories and their related tasks. The trackin of tasks and deliverable might be tracked by a project board.
- (2) **Iteration (Sprint):** The iteration, also referred as sprint, is consider a core value from Agile methodology. This is a small chunk of time, usually between one to three weeks, in which it occurs the development of the planned software [23]. The activities follow the plan, design, code and test sequence.
- (3) **Presentation:** mini-project should be reviewed collaboratively whenever as possible. Additionally, based on Agile principles, it is encouraged the inclusion of non-punitive assessments named as reflections.
- (4) **Standup meeting:** also know on Scrum as Daily Scrum, this Agile principle is a short 10 to 15 minutes meeting, in which all members standup to report what they did, what they plan to do today, and what are the issues and difficulties [23].
- (5) **Pair programming:** Agile principle the two people join together to solve a programming task or challenge. One stay leading the computer and discussing, while the other one give directions and suggestions. After a certain point, they change position.
- (6) **Keep it simple:** Principle of doing the simplest solution to achieve the objective [23]. Regarding the education aspect, it regards to learn from simplest to more complex contents, choosing the simplest code implementation and similar.
- (7) **Planning Poker:** a quick collective game in which all participants give their best estimate to challenge, usually the estimation of tasks during the planning phase.

This is expected that AMoPCE principles will be blend with other practices and methods thus resulting in a blended APjBL method.



The SLR also indicated that main benefits of the PjBL to students are grades, motivation, as well as communication and profession. Thus, the research question resulted in four leading hypotheses, regarding the benefits of AMoPCE to the students, as follows. **H1:** AMoPCE benefits students' grades. **H2:** AMoPCE benefits students' motivation. **H3:** AMoPCE benefits students' communication and **H4:** AMoPCE benefits students' professional aspects. Therefore, the dependent variables and instruments are, respectively to each hypothesis: (H1) grades results; (H2) motivation to learn; (H3) communication; (H4) professional aspect (to be defined). All on Likert scales.

In order to verify the research question and its hypotheses, the experiment was design using seven phases, according to figure 3:

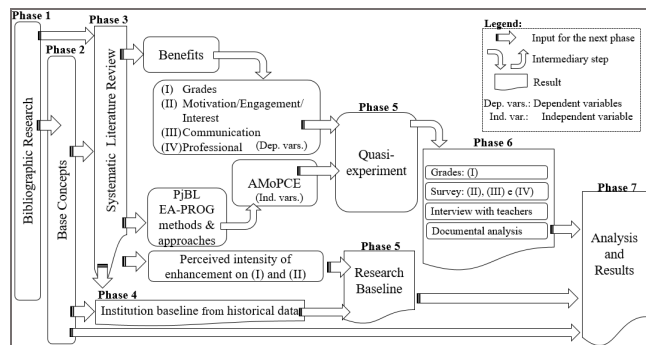


Figure 3. Research phases diagram.

On phase 5, there will be two groups participating to the quasi-experimental: first, the experimental group will be subjected to APjBL principles; second, the comparison group will learn programming according to the Institution traditional TL-PROG.

#### 4. SOLUTION EVALUATION

The researched Institution is located at the surroundings of the Campinas city, São Paulo state, Brazil, and therefor will represent the Brazilian context. Given the resources and time constraints that are naturally applied to a Master Thesis, the scope of this proposal is limited to be applied to the referred *campus* only. The scope might be extended to the Brazilian and Latin America contexts in a near future during a Doctoral phase. Additionally, the Researched Institution has other *campi* across São Paulo state and Brazil, which may support possible future researches.

The programming courses are part of a technological higher education named as Analyses and Development of Information Systems (our translation). In order to evaluated these impacts, AMoPCE will be applied to programming courses by professors who may voluntary contribute to this research. Given the time and resources constraints, a suggested by [12], collective and individual workshops will be conduct with the professors, in addition to the research documentation. And each professor will be supported constantly by the researcher during the entire research.

On phase 6, there will be collected data from students, from professor and from historical data, as follows. Regarding students' data, the will be collect via an electronic survey, as close as possible to the end of each course. The data will be acquired from both the experimental and comparison groups. Surveys will be adapted from the following studies: motivation to learn, from [4]; communication, from [17]; professional (still to be defined), thus been one of the intended contributions of this work. Students' data will result into quantitative measures. On the other hand, professors' perspectives, including their observations about the

three non-grading measures, will be collected via a semi-structured interview, thus resulting into qualitative data.

Phase 7 will have descriptive and inferential results based on phase 6 results. The evaluation will occur in four steps. First, the quantitative data will subject to descriptive statistic; content analysis will address the qualitative data. Second, it will be used Analysis of Variance (ANOVA) and statistic regression, to test the hypotheses and may generalize the phenomenon. Third, the qualitative data professor interview will be analyzed via context analysis. The interviews, together with the historical data, will substantiate or not with the quantitative findings. Fourth the final result will be consolidated and published. Other adopted evaluations used by this research are described in the next section.

#### 5. COMPLETED ACTIVIES

Phases 1 and 2 were mainly developed during 2017 as part of this Master Thesis. They serve as foundation for the following phases. Phases 3 and 4 were conduct separately and they were submitted to relevant Congresses. Phase 5 is planned to start on Mar 2018 and the research is planned to end on Jan 2019.

Phase 3 was a SLR [13], in which the specific objectives SQ1, SQ2 and SQ3 where achieved. The SLR also provided a baseline to the phases 4 and 5.

On phase 4, there was a comparative study between the instructivist and constructivist methods based on the historical data of the researched Institution. It was collected longitudinal data from 154 students, from 2015 to 2017, regarding the courses web development levels 1 (novice) and level 2 (advanced). Given ANOVA at 5% confidence level, the finding points show that the more constructivist the classes went at the education *continuum*, the more the students' grades were enhanced. Regarding motivation, in the absence of any historical data about it, it was used the students' classroom frequency as an approximate (but still partial) measure. The findings pointed out that more constructivist classes did not impact their motivation (frequency).

#### 6. CONCLUSION

Nowadays innovation is very demanding at IS courses and related technological education. In this context, APjBL may offer many benefits to both students and teachers. This research looks for the benefits of APjBL, based on AMoPCE principles, applied to the Brazilian Information System higher education, mainly benefits to the students' grades, motivation, communication and professional aspects.

In finding benefits to students, such as grades, motivation, communication and professional, these principles might be applied on similar contexts and benefit future programmers. There are indications that APjBL may benefit IS computer programming and the academic routine as well. Future researches might also investigate the impact of APjBL at developing countries given their particular settings. After all, the revolutionary Agile methods started benefiting the software programming environments.

#### 7. REFERENCES

- [1] A. Abdool and A. Pooransingh. 2015. An industry-mentored undergraduate software engineering project. In *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*. DOI:https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044180
- [2] J. Bell. 2005. *Doing your research project: a guide for first-time researchers in education, health and social science*. DOI:https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2006.00650\_12.x
- [3] J. B. Biggs and C. So-kum Tang. 2011. Teaching for quality



- learning at university. In *SRHE and Open University Press imprint* (4th ed.). McGraw-Hill Education, New York, USA, 1–16.
- [4] E. Boruchovitch. 2008. Escala de Motivação Para Aprender de Universitários: Propriedades Psicométricas. *Avaliação psicológica* 7, 2 (2008), 127–134.
- [5] J. W. Creswell. 2009. Mixed Methods Procedures. In *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3rd ed.). SAGE Publications, Thousand Oaks, 203–226.
- [6] G. C. Gannod, Douglas A Troy, Jerome E Luczaj, and Diane T Rover. 2015. Agile Way of Educating. In *Frontiers in Education Conference (FIE), 2015* (Frontiers in Education Conference), 10–12.
- [7] Gartner. 2017. What is Bimodal IT? See Gartner’s IT Glossary For The Answer. . 13–18. Retrieved August 14, 2017 from <https://www.gartner.com/it-glossary/bimodal>
- [8] L. M. M. Giraffa, M. C. Moraes, and L. Uden. 2014. Teaching Object-Oriented Programming in First-Year Undergraduate Courses Supported By Virtual Classrooms. In *The 2nd International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*, Lorna Uden, Yu-Hui Tao, Hsin-Chang Yang and I-Hsien Ting (eds.). Springer Netherlands, Dordrecht, 15–26. DOI:[https://doi.org/10.1007/978-94-007-7308-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7308-0_2)
- [9] T. Goulding. 2013. A first semester freshman project: The enigma encryption system in C. *ACM Inroads* 4, 1 (2013), 43–46. DOI:<https://doi.org/10.1145/2432596.2432613>
- [10] A. Hernandez-Barrera. 2014. Teaching introduction to robotics: Using a blend of problem- and project-based learning approaches. In *IEEE Southeastcon 2014* (IEEE SoutheastCon-Proceedings).
- [11] M. Iskander. 2008. Innovative Techniques in Instruction Technology, E-learning, E-assessment and Education. . Springer Netherlands, New York, 199–203.
- [12] P. Kastl, U. Kiesmüller, and R. Romeike. 2016. Starting out with projects - Experiences with agile software development in high schools. In *ACM International Conference Proceeding Series*, 60–65. DOI:<https://doi.org/10.1145/2978249.2978257>
- [13] B. Kitchenham and P. Charters. 2007. A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Inf. Softw. Technol.* 55, 12 (2007), 2049–2075. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
- [14] G. Lang. 2017. Agile Learning: Sprinting through the Semester. *Inf. Syst. Educ. J.* 15, 3 (May 2017), 14–21.
- [15] M. Liston, D. Frawley, and V. Patterson. 2017. A Study of Progression in Irish Higher Education. 23–24. Retrieved from <http://hea.ie/assets/uploads/2017/06/A-Study-Of-Progression-in-Irish-Higher-Education-201213-201314.pdf>
- [16] D. Monett. 2013. Agile Project-Based Teaching and Learning. *Proc. Int. Conf. Softw. Eng. Res. Pract.* (2013), 1.
- [17] C. Morimoto. 2016. Improvement of IT Students’ Communication Skills using Project Based Learning. In *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Supported Education*, 147–152. DOI:<https://doi.org/10.5220/0005891501470152>
- [18] C. R. Payne. 2009. Information Technology and Constructivism in Higher Education: Progressive Learning Frameworks. . IGI Global, Hershey, PA, USA, 1–25.
- [19] D. Porcaro. 2011. Applying constructivism in instructivist learning cultures. *Multicult. Educ. Technol. J.* 5, 1 (2011), 39–54. DOI:<https://doi.org/10.1108/17504971111121919>
- [20] R. Queirós. 2014. Innovative Teaching Strategies and New Learning Paradigms in Computer Programming. . IGI Global, Hershey, PA, USA, 131–133.
- [21] R. Romeike and T. Göttel. 2012. Agile projects in high school computing education - Emphasizing a learners’ perspective. In *ACM International Conference Proceeding Series*, 48–57. DOI:<https://doi.org/10.1145/2481449.2481461>
- [22] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and P B Lucio. 2006. Modelos de Pesquisa. In *Metodologia de pesquisa* (3a ed.). McGraw-Hill, São Paulo, 152–223.
- [23] K. Schwaber and J. Sutherland. 2013. The Scrum Guide. *Scrum.Org and ScrumInc* July (2013), 17. DOI:<https://doi.org/10.1053/j.jrn.2009.08.012>
- [24] R. L. L. e Silva Filho, P. R. Motejunas, O. Hipólito, and M. B. C. M. Lobo. 2007. A evasão no ensino superior brasileiro. *Cad. Pesqui.* 37, 132 (2007), 641–659. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0100-15742007000300007>
- [25] M. Thomas. 2017. Project-Based Language Learning with Technology: Learner Collaboration in an EFL Classroom in Japan. In Routledge (ed.). Taylor & Francis, New York, USA, 43–47.
- [26] C. Vega, C. Jiménez, and J. Villalobos. 2013. A scalable and incremental project-based learning approach for CS1/CS2 courses. *Educ. Inf. Technol.* 18, 2 (2013), 309–329. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10639-012-9242-8>
- [27] E. Zouganeli, V. Tyssø, B. Feng, K. Arnesen, and N. Kapetanovic. 2014. Project-based learning in programming classes – the effect of open project scope on student motivation and learning outcome. *IFAC Proc. Vol.* 47, 3 (2014), 12232–12236. DOI:<https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.02412>

# Recommendation Systems for Knowledge Reuse Management in MOOCs Ecosystems

Rodrigo Campos

Programa de Pós-Graduação em  
Informática – Universidade  
Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274,  
Bloco E, Ilha do Fundão  
Cidade Universitária  
Rio de Janeiro, RJ Brasil  
+5521 3938-9600  
rodrigo.campos@ufrj.br

Rodrigo Pereira dos Santos

Programa de Pós-Graduação em  
Informática - Universidade  
Federal do Estado do Rio de  
Janeiro (UNIRIO)  
Avenida Pasteur, 458  
Urca  
Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
+5521 25308088  
rps@uniriotec.br

Jonice Oliveira

Programa de Pós-Graduação em  
Informática – Universidade  
Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274,  
Bloco E, Ilha do Fundão  
Cidade Universitária  
Rio de Janeiro, RJ Brasil  
+5521 3938-9600  
jonice@dcc.ufrj.br

## ABSTRACT

One of the most important open education resources nowadays are the MOOCs environments (Massive Open Online Courses). With the growing number of MOOCs providers appearing on the web, many students find it difficult to choose the best course. A promising approach is to treat it as MOOCs ecosystems inspired in the field of software ecosystems, which brings balance of the ecological environment and the strength of interactions. However, in MOOCs ecosystems, each student usually has individual characteristics, tastes and purposes. Therefore, recommendation systems have emerged with the purpose of assisting students in this decision process. This Master thesis aims to combine recommendation systems and MOOCs providers' platforms to help users to achieve their own specific goals based on a combination of courses or course modules. As a result, we aim to reduce users' knowledge gaps (new knowledge according to stakeholder's interests from different courses or parts of them) and to achieve knowledge reuse (platforms' software demands, improvements and sharing). In addition, this work investigates MOOCs ecosystem characteristics, exploring how this perspective can support providers' basic processes (e.g., MOOC learning support services functionalities, work team partnerships or alliances among companies which would benefit all stakeholders).

## Keywords

MOOCs; Recommendation System; Software Ecosystem; Knowledge Reuse Management;

## CCS Concepts

•Information systems→Information retrieval •Information systems→Recommender systems

## 1. INTRODUCTION

Massive Open Online Courses, also known as MOOCs, has been explored in recent years by users of several areas. MOOCs present

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2018, June 4th–8th, 2018, Caxias do Sul, RS, Brazil.  
Copyright SBC 2018.

some facilities that attract these users in search of knowledge. As the name suggests, MOOCs are open: they do not need a login, being free and available to start at any time, according to Frolov and Johansson [1].

This openness is a characteristic of the Open Online Education group, which MOOCs are part of, as shown in Figure 1. Open Education is one of the most important educational movements of the 21st century. It goes beyond mere access to content and resources and is associated with a new educational philosophy, new values based on openness, ethics of participation, and finally collaboration [2]. This fact differentiates MOOCs themselves from formal courses offered by universities, as shown in Figure 1, because these courses select participants, charge tuition, have credits, and apply limits to ensure interaction with instructors [3].

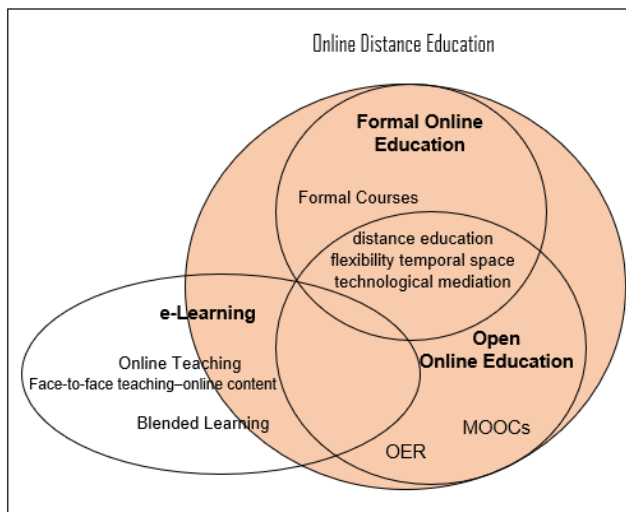


Figure 1. Constructs linked to Online Distance Education. Source: [2]

Nonetheless, formal online courses can share characteristics with MOOCs and other resources of this open education philosophy (acronym OER to Open Education Resources). As shown in figure 1, both are mediated by the technology, for example. According to

Aires [2], e-learning (Figure 1) can represent all (or a part of) the educational model in which online courses are applied, exploiting electronic devices to allow access, evolution and improvement of education and training. MOOCs have some characteristics of e-learning, but also address the fact that “the participants are not part of the group of students enrolled in the institution; the courses are designed for an indeterminate number of participants and for free access via web; no tuition fee is charged; usually, credits are not assigned to participants at the end of the MOOC” [2].

In this context, the network composed of students, teachers, monitors, platforms and their developers can be observed from the perspective of software ecosystems, or more specifically, MOOC ecosystems [4]. However, some difficulties faced by MOOCs providers (sometimes, the same classic difficulties in Technology Enhanced Learning, or TEL) [5] are also transferred to these ecosystems. Students without feedback, lack of interaction among students and evasion level can be reduced if the ecosystem is in regular operation, i.e., allowing students to reduce knowledge gaps, acquire new knowledge according to his/her interests, and then achieve knowledge reuse.

An existing TEL difficulty is the choice of a specific course from several existing ones over a plethora of MOOCs providers that are currently available to several areas. Users have difficulties in knowing what the best courses (or course modules) for their personal goals are. In other words, the choice of a wrong course often leads to increased evasion rates for courses based on such platforms. [6]

Therefore, this Master thesis investigates how to combine recommendation systems and MOOCs providers’ platforms to help users to achieve their own specific goals based on a combination of courses or course modules. As a result, we aim to reduce users’ knowledge gaps (new knowledge according to stakeholder’s interests from different courses or parts of them) and to achieve knowledge reuse (platforms’ software demands, improvements and sharing). This work also investigates MOOCs ecosystem characteristics, exploring how this perspective can support providers’ basic processes (e.g., MOOC learning support services functionalities, work team partnerships or alliances among companies which would benefit all stakeholders).

## 2. MOTIVATION

Based on the context presented in Section 1, we argue that this work is relevant to Information Systems since it involves studies on recommendation systems, knowledge reuse management and software ecosystems. In addition, it is relevant for Computer Education, as our work investigates the context of technologies applied to MOOCs.

In order to solve the problem of choosing courses (or parts of them) from MOOCs’ providers, some authors have already proposed solutions. Dhekne [7] presents a MOOCs’ aggregator system from different providers. However, this aggregation does not recommend courses for students. Symeonidis and Malakoudis [8] explored course recommendations using approaches already known in the recommendation systems field.

Additionally, Raghuvver *et al.* [9] demonstrated that a feedback-based approach has greatly improved assistance to the learners. To do so, the authors use an algorithm called CRBL. This algorithm is based on learner parameters such as skills, preferences and knowledge, which are increased while the student interacts with the topics in a course learning path. However, it does not consider

recommendations of part of courses, i.e., small modules forming an ideal set for the student’s learning objective.

Based on those gaps, this Master thesis aims at improving the recommendation process, creating recommendations for parts of courses to achieve knowledge reuse in MOOCs ecosystems. Our goal is to optimize knowledge management and ensure benefits for all stakeholders.

## 3. RESEARCH PROJECT

The first step of this work was to define a research question that will lead us to better explore the technical literature in order to propose a solution. The research question defined is:

*What structures and components are needed to reduce knowledge gaps in the MOOCs ecosystems by considering stakeholders’ interests so that these MOOCs platforms are improved?*

### 3.1 Methodology

The research methodology adopted in this work consisted of three phases: I) literature investigation through planning and executing a systematic mapping study; II) specification and implementation of a recommendation system for MOOCs ecosystems; and III) evaluation of the proposal based on a quali-quantitative method.

In order to answer our research question and follow the second phase of our research methodology, some important steps were identified in this work:

- I) **First step:** fill the existing gap in modeling MOOCs ecosystems. As addressed by Shanyun *et al.* [4], MOOC is “the new development of distance education”, but several elements come from virtual learning community ecosystems, failing to reflect the uniqueness of the MOOCs learning community ecosystem;
- II) **Second step:** use a structure of a MOOCs aggregator system compiled by Dhekne [7], known as MOOCLink. According to the author, with MOOCLink, a user can make an informed decision by just visiting the MOOCLink website and he/she can quickly compare courses offered by several MOOC providers in the same place. The aim of this system is to help a user to solve one of the biggest problems of looking through multiple course providers [7];
- III) **Third step:** after collecting the MOOCLink structure, we will specify and include a recommendation module. The goal is to create a recommendation system to recommend courses or part of them to users.

### 3.2 Data Gathering

With the recommendation system organized and the MOOCs ecosystems modeled, it will be possible to achieve our objective: to use the recommendation as a mechanism to support learning using the knowledge generated in this process.

To do so, the course data will be extracted from four MOOC providers (Coursera, Udacity, Khan Academy, and OCW). These providers offer means to obtain data based on the open perspective of the MOOCs. All of them have APIs that allow, for example, the extraction of information from several courses. This data will be stored and organized in LOD (Linked Open Data), thus following the MOOCLink system standard, according to the second step of our methodology. In the next section, the third and last phase of the methodology is presented.

#### 4. EVALUATION PROJECT

The third phase of our methodology requires planning and executing a quali-quantitative method to evaluate our solution and collect evidence to answer the research question. In the first stage (quantitative), we will conduct a controlled experiment to analyze performance, efficiency and effectiveness of the recommendation system for MOOCs ecosystems, comparing results with those from related work. As explained in Travassos [10], an advantage of a controlled study is that qualitative data promote comparison and statistical analysis and it can help to build a reliable knowledge base and thus reduce uncertainty.

The second stage is classified as qualitative and will contain a feasibility study, evaluating the solution in a real world situation where two groups of subjects: one group will perform the tasks using the proposed solution and the other will not. At the end of the study, results will be compared. The sample is formed by students of the Brazilian federal education institution. There are several courses for technical high school and undergraduate programs. Some students have already been employed and they are mostly concluding their courses. The main aspect to be investigated is the effectiveness of the proposed recommendation system and whether it can be more optimistic than the existing solutions (related work). We will apply an evaluation questionnaire to get feedback from participants and we will collect data from repositories and applied documents to analyze elements of our proposed solution.

At the end, this step seeks to identify if our recommendation system works successfully. This will be positive if our solution satisfies users' needs, i.e., suggest exactly the best MOOCs (or parts of them) according to the user's needs. Moreover, we intend to use the evaluation to better understand MOOCs ecosystems' components and the clarity of ecosystem modeling. Finally, we hope to collect information regarding the dropout rate.

#### 5. PERFORMED ACTIVITIES

This project initially aimed at structurally reinforcing the modeling of MOOCs ecosystems (item I of section 3). There was an initial effort of researching and writing research background based on current gaps (Section 2). It was observed that this problem was not sufficiently expandable for a Master research. As such, was decided to invest in other aspects that were presented previously in this article, including recommendation systems as a research context and the context of software ecosystems as our motivation in the Information Systems area.

After this change, few steps have already been taken. The literature study stage has been consistently taken (it is considered complete). Another step that has been taken is the proposal definition, as presented in previous sessions. As part of this Master thesis, a systematic mapping of recommendation systems for MOOCs is ongoing. This is the first phase of our methodology and aims to investigate frequency/quantity/variety of publications in the literature. As such, we can narrow the coverage of this research. We also obtained the open source MOOCLink provided by [7] to execute the step described in item II of Section 3.

#### 6. CONCLUSION

The increasing use of MOOC platforms around the world contributes to the knowledge globalization. Improving the functioning and optimization of these environments is an important research contribution to the open education community.

From the technical side, when the proposed solution is reached, this work will provide other contributions already discussed in this research, such as better understanding on the characteristics MOOCs' recommendation systems and their effect on a MOOC environment; a model for MOOCs platform providers explore the ecosystem perspective; and an evolution of a process for recommending courses (and parts of them) to any other context.

Step III of Section 3 will be performed. It refers to specification and implementation of a recommendation system for MOOCs ecosystems. After concluding this step, the quali-quantitative evaluation (Section 4) will be planned and executed so that it can allow us to analyze data and compare results.

#### 7. REFERENCES

- [1] Johansson, S. and Frolov, I. 2014. An Adaptable Usability Checklist for MOOCs : A usability evaluation instrument for Massive Open Online Courses.
- [2] Aires, L. 2015. E-Learning, Online Education and Open Education: A Contribution to a Theoretical Approach. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19. <https://doi.org/10.5944/ried.19.1.14356>. (In Portuguese)
- [3] Goto, M.M.M. 2015. O impacto dos MOOCs (Massive Open Online Courses) nas instituições de ensino superior: um estudo exploratório. <https://doi.org/10.11606/D.12.2015.tde-01102015-172501>. (In Portuguese)
- [4] Shanyun, K., Qin, S. and Guolin, Z. 2016. Research on the Construction of MOOC Learning Community Ecosystem Circle. *Proceedings - International Conference of Educational Innovation Through Technology EITT 2015*, 2, 199–203. <https://doi.org/10.1109/EITT.2015.49>
- [5] Kalz, M. and Specht, M. 2014. Assessing the crossdisciplinarity of technology-enhanced learning with science overlay maps and diversity measures. *British Journal of Educational Technology*, 45, 415–27. <https://doi.org/10.1111/bjet.12092>
- [6] Bousbahi, F. and Chorfi, H. 2015. MOOC-Rec: A Case Based Recommender System for MOOCs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Elsevier B.V. 195, 1813–22. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.395>
- [7] Dhekne, C. 2016. MOOCLink: Linking and Maintaining Quality of Data Provided by Various MOOC Providers.
- [8] Symeonidis, P. and Malakoudis, D. 2015. MocoRec.com : Massive Open Online Courses Recommender System. *Social and Behavioral Sciences*,. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.395>
- [9] Raghuveer, V.R., Tripathy, B.K., Taranveer, S. and Saarthak, K. 2014. Reinforcement learning approach towards effective content recommendation in MOOC environments. <https://doi.org/10.1109/MITE.2014.7020289>
- [10] Travassos, G.H. 2002. Introdução à Engenharia de Software Experimental. (In Portuguese)