

# Um Método para Geração de Modelo Arquitetural de Sistemas-de-Sistemas de Informação a Partir da Análise de Modelos de Processos de Negócio

Lucas da Silva Oliveira<sup>1</sup>, Aline Pires Vieira de Vasconcelos<sup>1</sup> (orientadora),  
Rodrigo Pereira dos Santos<sup>2</sup> (coorientador)

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão  
Instituto Federal Fluminense (IFF)  
Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Informática  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
Rio de Janeiro, RJ – Brasil

oliveira.l@gsuite.iff.edu.br, apires@iff.edu.br, rps@uniriotech.br

**Resumo.** *Organizações buscam atingir metas e objetivos organizacionais cada vez mais robustos por meio da execução de tarefas desempenhadas pelos sistemas de informação (SI), tornando a necessidade de evolução e integração entre eles um fato concreto. Nesse contexto, surge uma nova classe de sistemas, denominada Sistema-de-Sistemas de Informação (do inglês System-of-Information Systems ou SoIS). Para apoiar a compreensão da interoperabilidade em SoIS, o entendimento dos processos de negócio que suportam cada SI constituinte é fundamental. Nesse contexto, esta pesquisa propõe o método BPSoIS (Business Processes to Systems-of-Information Systems) para análise e extração de informação de processos de negócio visando a elaboração de uma representação arquitetural dos SI da organização na perspectiva de um SoIS, assim como uma ferramenta de leitura e interpretação dos modelos de processos e uma representação arquitetural baseada em um modelo conceitual de SoIS existente na literatura. Estudos avaliativos foram realizados e, como resultados, foram verificados com stakeholders dos SoIS e especialistas a viabilidade de aplicação do método e de seu ferramental e a adequabilidade e correteza da representação arquitetural final gerada como resultado.*

## 1. Visão Geral do Tema e Relevância da Pesquisa

Organizações de setores público e privado procuram gerar valor em seus produtos e serviços, estabelecendo metas e objetivos a serem cumpridos a partir da realização de seus processos de negócio, que têm a sua execução apoiada por Sistemas de Informação (SI). A fim de atingir objetivos e/ou missões, as organizações precisam lidar com diferentes aspectos técnicos, sociais e de negócio que influenciam e são influenciados por problemas de integração dos sistemas. Nesse sentido, para apoiar efetivamente os processos de negócio das organizações, os sistemas existentes devem ser integrados e interoperar, formando arranjos de SI [Hasselbring 2000].

Quando formados por SI independentes gerencial e operacionalmente, esses arranjos têm sido chamados de Sistemas-de-Sistemas de Informação (do inglês, *Systems-of-Information Systems*, SoIS), que resulta de vários SI, intensivos em software ou não, trabalhando juntos para atingir objetivos de negócio em comum [Majd *et al.* 2015, Saleh e Abel 2015]. Neste contexto, a interoperabilidade entre os sistemas constituintes é uma preocupação primária [Klein e Van Vliet 2013, Graciano Neto *et al.* 2017b] e um aspecto central da arquitetura [Emruli *et al.* 2014]. Logo, a importância das relações entre estes SI interoperáveis ocorre pelo fato de que as empresas podem se manter e gerar mais valor caso essas relações sejam melhor investigadas e compreendidas [Santos *et al.* 2018].

SoIS representam uma classe de Sistemas-de-Sistemas (do inglês, *System-of-Systems*, SoS) compostos por SI pré-existentes. Ou seja, constitui-se em uma rede dinâmica de sistemas independentes que concretiza uma junção intra e inter-organizacional para prover serviços novos que não conseguiriam ser disponibilizados por nenhum dos sistemas de forma independente [Fernandes *et al.* 2019]. Dessa forma, SoIS herda as características de SoS, mas também agrega a natureza de negócio oriunda dos SI que o constituem [Graciano Neto *et al.* 2017b].

Por SoIS apresentar uma natureza predominantemente orientada a negócio são necessárias metodologias específicas para capturar suas características e, nesse caso, a modelagem de processos de negócio é potencialmente útil [Graciano Neto *et al.* 2017a]. De acordo com Santos *et al.* (2020), pesquisas combinando modelagem de processos de negócio e SoIS têm utilizado técnicas de modelagem para representar as características de processos inerentes a SoIS. Enquanto a Engenharia de Software tradicional apresenta ferramentas e metodologias para construção e gerenciamento de SI, ainda é necessário pesquisar por novas perspectivas para analisar as ligações entre SI e identificar os fatores que influenciam as relações que os cercam [Fernandes *et al.* 2018].

Sistemas que operam isoladamente impedem a automação da entrega e sincronização de informações, reduzem a associação e compartilhamento de dados entre sistemas e obstruem a comunicação entre diferentes setores, fazendo com que a organização acabe oferecendo aos clientes informações inconsistentes [Fu *et al.* 2010, Kretser *et al.* 2016]. Outro problema é que a falta de integração entre os sistemas aumenta os custos operacionais, de gerenciamento e de coordenação [Georgantzas e Katsamakos 2010]. Além disso, conjuntos de sistemas que apresentam pouca ou nenhuma interoperabilidade causam atrasos na execução dos processos da organização, planos conflitantes e sem coordenação, decisões ineficientes e uma incapacidade de lidar com mudanças rápidas [Boehm 2006, Zafary 2020].

A perspectiva de SoIS pode auxiliar profissionais que desejam mitigar questões relacionadas à falta de interação entre SI. No entanto, de acordo com Teixeira *et al.* (2019), a pesquisa em SoIS apresenta poucos estudos que abordam linguagens, técnicas e ferramentas para modelagem de arquiteturas de SoIS sendo uma lacuna de pesquisa na área. Os autores apontam também a necessidade de uma linguagem de modelagem específica que suporte todas as particularidades da arquitetura de SoIS. Fernandes *et al.* (2018) afirmam que os estudos no tema procuram solucionar problemas particulares em domínios específicos, não oferecendo soluções que apoiem desenvolvedores, gestores e pesquisadores a trabalhar com o dinamismo das estruturas de SoIS.

Considerando o contexto apresentado, a relação desta pesquisa com os Grandes Desafios de Pesquisa em Sistemas de Informação no Brasil 2016 a 2026 é indicada em *“Information Systems and the Open World Challenges”* [Araujo 2017, Boscarioli *et al.* 2017] juntamente com *“Smart Systems-of-Information Systems: Foundations and an Assessment Model for Research Development”* [Boscarioli *et al.* 2017, Graciano Neto *et al.* 2017b]. Isto se dá dado que esta pesquisa explora o uso de processos de negócio na modelagem de SoIS de forma a apoiar gestores de negócio e de tecnologia da informação (TI) na tomada de decisões e no gerenciamento de sistemas, além de abordar a definição e os conceitos de SoIS, buscando uma melhor compreensão do arranjo e suas particularidades.

## 2. Questão de Pesquisa e Objetivos

Com base na seção anterior, as questões de pesquisa (QP) principais que nortearam esta dissertação são: QP1 - *“Como modelos de processos de negócio podem refletir links de interoperabilidade entre os sistemas de uma organização?”*; e QP2 - *“Como gerar a representação arquitetural do arranjo de sistemas resultante com base nesses pontos de interoperabilidade?”*.

Buscando responder essas QP, esta pesquisa teve como objetivo central desenvolver um método baseado na análise de modelos de processos de negócio para a geração de um modelo arquitetural baseado em SoIS, que permita a detecção das necessidades de interoperabilidade entre os SI de uma organização, ou de diferentes organizações, visando atingir as metas organizacionais.

Este objetivo central se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- propor um método para análise e extração de informações de modelos de processos de negócio, extraíndo elementos que serão a base para a criação da representação arquitetural do SoIS da organização;
- identificar interações entre SI de diferentes unidades organizacionais e/ou diferentes organizações a partir de seus processos de negócio;
- elaborar uma representação dos SI da organização na perspectiva de um SoIS, gerando uma arquitetura;
- propor uma ferramenta de apoio ao método para análise e extração de informações de processos de negócio.

## 3. Trabalhos Relacionados

Após buscas em bases acadêmicas/científicas e análises de revisões e mapeamentos sistemáticos da literatura constou-se que poucos trabalhos abordam os temas de arquitetura de SoIS e processos de negócio em conjunto. A Tabela 1 apresenta alguns trabalhos relacionados que de alguma forma abordam a temática de SoIS em conjunto com os conceitos de modelagem/arquitetura, interoperabilidade e/ou modelagem de processos de negócio.

Os trabalhos relacionados encontrados apontam para a necessidade de se abordar os conceitos de negócio que compõem SoIS e para o potencial do uso de técnicas de modelagem de processos de negócio no reconhecimento e apresentação desses conceitos. Além disso, apontam também a necessidade de uma representação de SoIS

que seja capaz de representar de forma concisa os elementos técnicos, humanos e organizacionais que formam um SoIS. Assim, enquanto os trabalhos encontrados discutem a possibilidade de utilização de notações de modelagem de processos de negócio para auxiliar no processo de modelagem de SoIS, nesta dissertação visou-se à utilização prática de análise de modelos de processo de negócio para criação de um modelo arquitetural de um SoIS.

**Tabela 1 – Trabalhos Relacionados.**

<b>Autor</b>	<b>Tópico</b>	<b>Conceitos abordados</b>	<b>Descrição</b>
[Saleh <i>et al.</i> 2015]	Arquitetura de SoIS	SoIS e Arquitetura	Os autores propõem um modelo arquitetônico de SoIS para agregação de serviços de sistemas já construídos.
[Graciano Neto <i>et al.</i> 2017a]	Modelagem de SoIS	SoIS e Business Process Modeling and Notation (BPMN)	O trabalho dos autores visa discutir a possibilidade do uso de notações de modelagem de processos de negócio no processo de modelagem de SoIS.
[Fernandes <i>et al.</i> 2018]	Interoperabilidade em SoIS	SoIS e Interoperabilidade	Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) onde os autores buscam identificar os tipos de soluções que vem sendo utilizadas para providenciar interoperabilidade entre SI, SoS e SoIS.
[Fernandes <i>et al.</i> 2019]	Modelagem de SoIS	SoIS, Interoperabilidade e Modelagem	Os autores propõem um modelo conceitual de SoIS.
[Teixeira <i>et al.</i> 2019]	Estado da literatura de SoIS	SoIS	MSL no qual os autores buscam analisar os trabalhos que compõem a literatura de SoIS de forma a entender os diferentes aspectos das características do sistema.
[Santos <i>et al.</i> 2020]	Modelagem de SoIS	SoIS e BPMN	MSL onde os autores investigam o problema de abordagens e notações atuais não suportarem completamente modelagens de SoIS.

Como pode ser visto na Tabela 1, nenhum dos trabalhos encontrados aborda SoIS observando os aspectos de modelagem/arquitetura, interoperabilidade e modelagem de processos de negócio em conjunto, da forma que se propôs a realizar nesta dissertação. Além disso, alguns trabalhos focam apenas nas características do software de SI, falhando assim em apresentar uma visão sistêmica dos constituintes, enquanto esta pesquisa se propôs a abordar SoIS utilizando os pilares de SI (organizações/processos, pessoas e tecnologias), que apresentam características cruciais que devem ser consideradas na conjectura do arranjo.

#### **4. Metodologia**

A metodologia desta pesquisa foi elaborada de forma a responder as QP e alcançar os objetivos definidos na Seção 2. Assim, esta foi estruturada em três fases principais: (i) fase de concepção, (ii) fase de implementação e (iii) fase de avaliação.

A fase de concepção compreende as etapas 1, 2, 6, 7 e 8 – necessárias para o desenvolvimento do método que visa à elaboração de uma representação arquitetural de SoIS. A fase de implementação engloba as etapas 3 e 9, nas quais ocorre o desenvolvimento do método e ferramental propostos, e a fase de avaliação engloba as etapas 4, 5, 10 e 11, nas quais ocorrem as avaliações das soluções e artefatos propostos. As cinco primeiras etapas da metodologia buscam responder à questão de pesquisa 1,

enquanto as etapas restantes visam responder à questão de pesquisa 2. Deste modo, as etapas desta pesquisa são apresentadas na Figura 1.

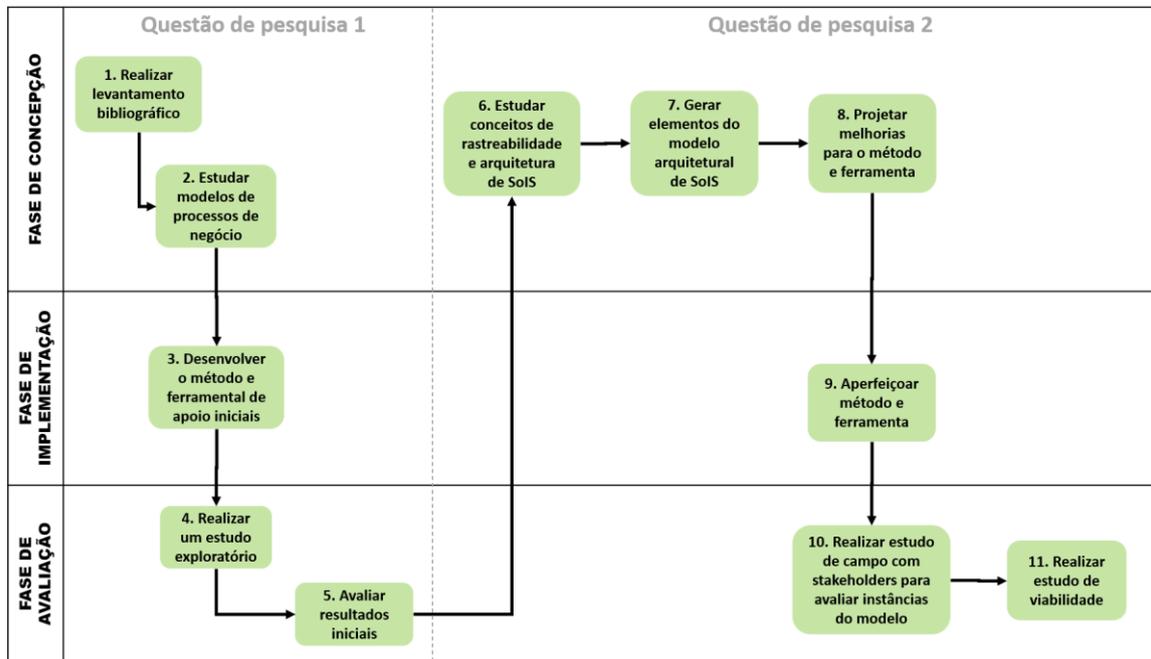


Figura 1 – Metodologia da pesquisa.

### 5. Método BPSoIS

O método proposto nesta dissertação, chamado de BPSoIS (*Business Process to SoIS*), é um método semiautomatizado para extração de informações de modelos de processos de negócio e geração de uma representação arquitetural de SoIS. As etapas contempladas em sua execução são apresentadas na Figura 2, referente ao macroprocesso do método.

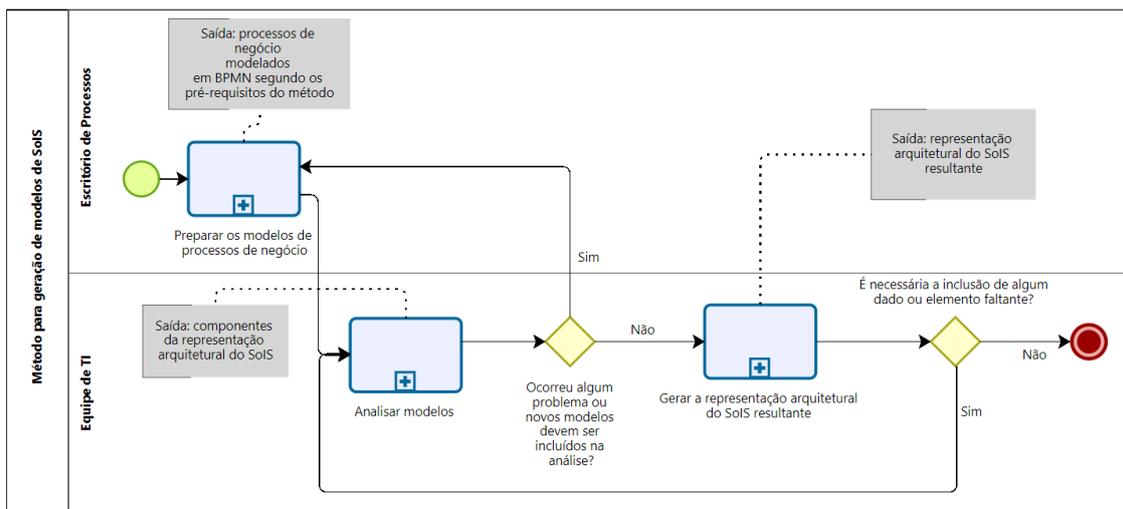


Figura 2 – Macroprocesso do método BPSoIS.

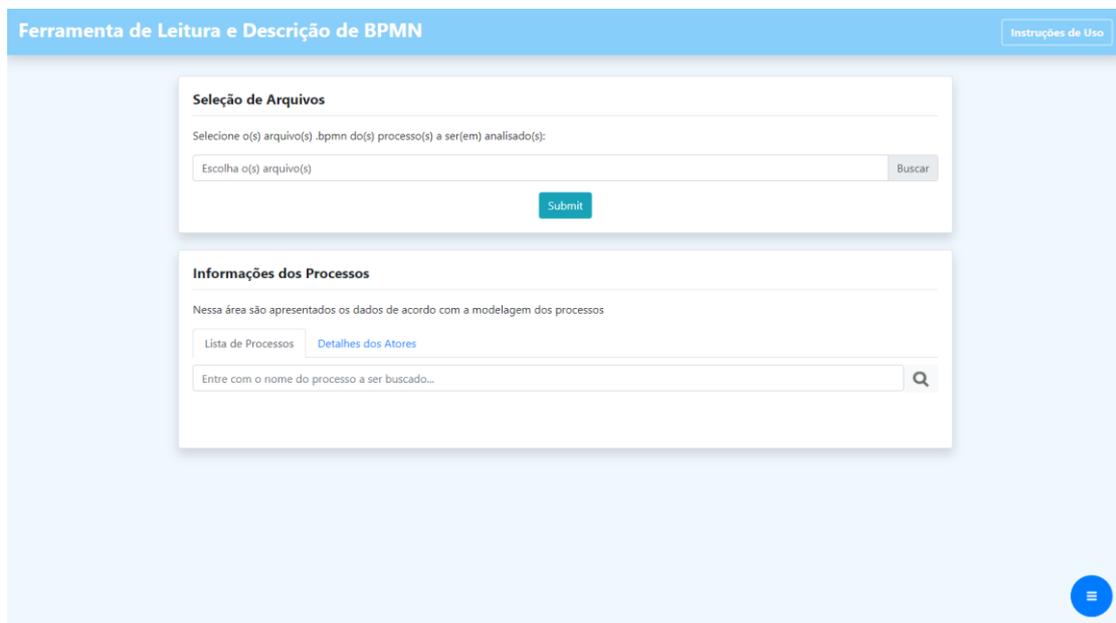
Inicialmente, a equipe do Escritório de Processos (ou os responsáveis pela gestão de processos da organização) realiza a **preparação dos modelos de processos de negócio**, que envolve a modelagem dos processos (caso esta não exista), ou a sua

checagem contra requisitos definidos pelo método e necessários à sua análise. Caso não existam modelos prévios, utiliza-se alguma ferramenta de modelagem para modelar os processos na notação BPMN (do inglês, *Business Process Model and Notation*). A modelagem dos processos deve ser feita seguindo as boas práticas de modelagem e os pré-requisitos definidos pelo método. Após a preparação, a equipe de TI ou o responsável pela aplicação do método executa a **análise dos modelos**. Durante esta etapa, os modelos são examinados com o auxílio do ferramental de apoio e, a partir desta análise, são identificados os links de interoperabilidade entre os sistemas.

Se durante esse passo algum problema ocorrer na análise ou for percebido/decidido que novos modelos de processo devem ser incluídos o usuário pode retornar ao primeiro passo, executá-lo e, em seguida, executar o segundo passo apenas para os modelos necessários. Por fim, com base nos resultados da análise dos modelos, deve ser **gerada a representação arquitetural do SoIS**, em que o usuário segue um conjunto de heurísticas que o guiam na modelagem do SoIS resultante. Da mesma forma que no passo anterior, caso após a execução deste passo, for percebido ou decidido que algum dado está faltando o usuário pode retornar aos passos anteriores e executá-los apenas para os modelos referentes aos dados necessários e, em seguida, utilizar as etapas deste passo para acrescentá-los no modelo arquitetural final.

### 5.1. Ferramental de Apoio ao Método

A fim de apoiar a análise dos modelos de processos de negócio em BPMN e tornar esta atividade mais escalável e confiável, foi desenvolvida uma ferramenta de suporte à execução do método BPSoIS, sendo representada na Figura 3. A ferramenta permite a leitura e análise dos modelos, onde é possível lançar um número  $n$  de modelos de processo, que são analisados e têm suas informações extraídas.



**Figura 3 – Interface da área principal da ferramenta.**

Os elementos presentes nos modelos de cada processo (como atores, tarefas etc.) são salvos em um banco de dados para, em seguida, serem cruzados e comparados. Isso é feito com o intuito de levantar as informações gerais contidas nos modelos,

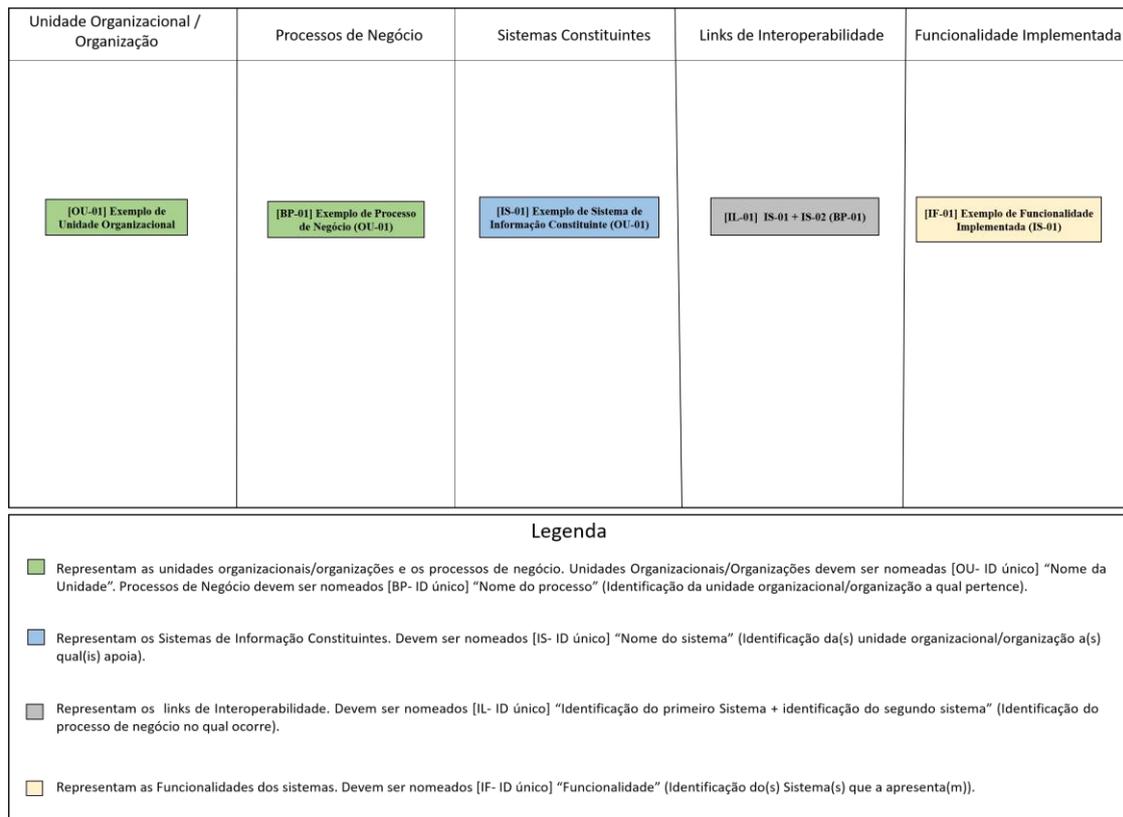


representar a finalidade desta arquitetura, consideram-se equivalentes os conceitos de “Funcionalidade Implementada” e “Capacidade”, presentes no modelo conceitual de [Fernandes *et al.* 2019, Fernandes 2020]. Sendo assim, foram unidos sobre o elemento “**Funcionalidade Implementada**”.

As funcionalidades de um SI devem ser correspondentes aos **Requisitos de Negócio** (ou metas organizacionais), visto que os sistemas buscam cumprir tais requisitos ao oferecer suas capacidades. **Tarefas** são o conjunto de passos que compõem um **Processo de Negócio** e que são executados por um **Ator** de forma a gerar um resultado definível. Um SI apoia a execução de **Tarefas** dos processos de negócio de uma ou mais **Unidades Organizacionais** que compõem uma **Organização**. Os requisitos de negócio fazem parte de pelo menos um processo de negócio que, por sua vez, reflete um ou mais processos de uma organização [Fernandes 2020]. O **SoIS** possui um **Objetivo Principal** e **Objetivos Secundários** que são relacionados a ele e seus constituintes. Estes objetivos são mapeados para diferentes requisitos de negócio, que são alinhados a um ou mais processos [Fernandes *et al.* 2019].

### 5.3. Mapa de Elementos Simplificado

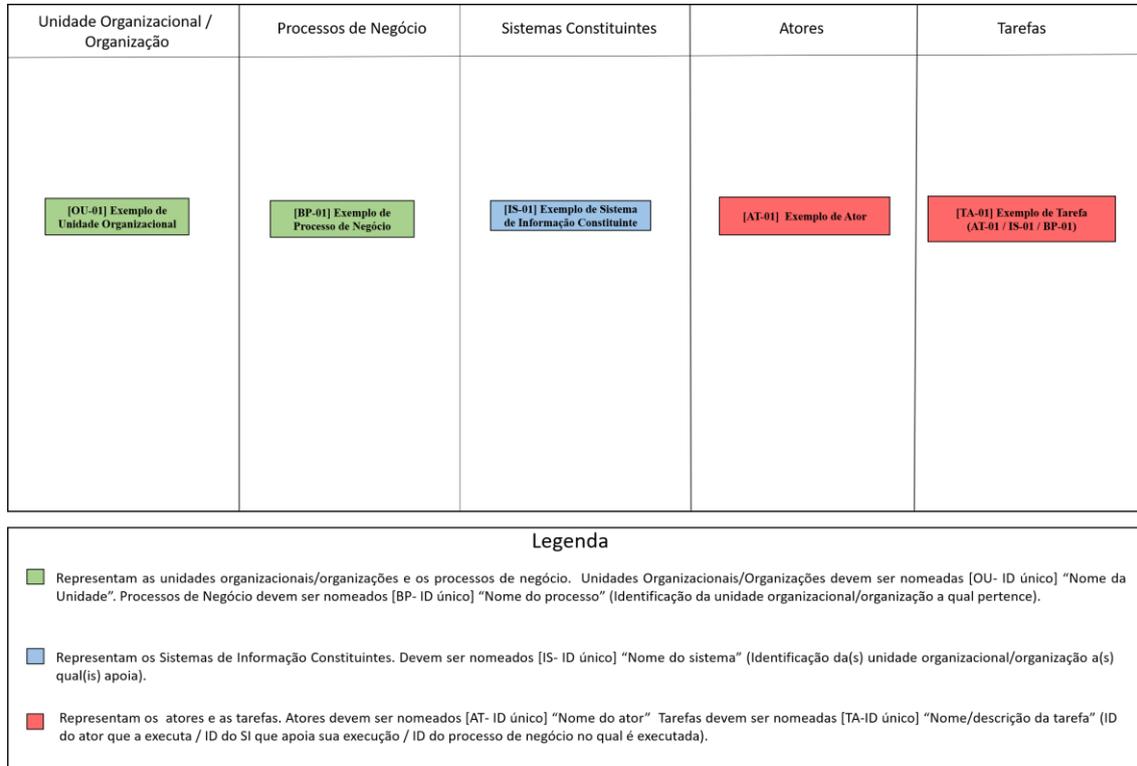
De forma a apoiar a leitura e compreensão das instâncias do modelo arquitetural, foi desenvolvido o mapa de elementos simplificado. Esse mapa apresenta duas versões que podem ser utilizadas independentemente ou em conjunto, a versão de TI (Figura 5) e a versão de negócio (Figura 6).



**Figura 5 – Mapa de elementos simplificado (versão de TI).**

No mapa, são representadas, em forma de tabela, os elementos presentes no modelo arquitetural, contendo identificações únicas e as relações entre os modelos.

Cada versão do modelo apresenta um conjunto de elementos, sendo os elementos “Processos de Negócio” e “Sistemas Constituintes” presentes em ambas e a versão de TI contendo os elementos “Links de Interoperabilidade” e “Funcionalidades Implementadas”; e a versão de negócio apresentando os elementos “Atores” e “Tarefas”.



**Figura 6 – Mapa de elementos simplificado (versão de negócios).**

## 6. Estudos Avaliativos

Durante o desenvolvimento e aprimoração do método BPSoIS, três estudos foram realizados para avaliá-lo em diferentes fases de maturidade. Para realização destes estudos foram utilizados dois diferentes casos: um SoIS de gestão acadêmica de graduação e ensino básico, utilizado nos dois primeiros estudos; e um SoIS de gestão acadêmica de pós-graduação de um Instituto Federal de Ensino, utilizado no estudo final.

Primeiramente, se realizou um **Estudo Exploratório** buscando verificar a viabilidade do uso de modelos BPMN para identificação de necessidades de formação de SoIS. Este estudo foi realizado no setor de Registro Acadêmico (RA) do instituto, onde foram analisados os modelos dos processos de negócio deste com o intuito de avaliar a viabilidade do método e do ferramental propostos.

Neste estudo, a versão inicial do método BPSoIS foi utilizada para encontrar pontos de interoperabilidade que o setor de RA possui com diferentes setores. Sendo possível, deste modo, levantar as necessidades de automatização ou integração entre os diferentes SI que apoiam a execução dos processos e elencá-las de acordo com sua prioridade.

A partir dos processos analisados e da verificação dos resultados do estudo realizado junto ao responsável pelo RA, foram identificados alguns problemas e irregularidades, que podem ocorrer em diferentes contextos (atores que não apresentam nenhuma tarefa nos processos; atores com nomes diferentes e que representam o mesmo papel em diferentes processos; inconsistência na gramática do nome do mesmo ator em diferentes processos; etc). Conseqüentemente, a fim de se obter uma maior eficácia na extração dos dados dos modelos de processos de negócio em BPMN, foi concebido o conjunto de pré-requisitos, definidos a partir dos problemas enfrentados durante o estudo e da análise das boas práticas de modelagem impostas no Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio.

Como resultado foi possível obter alguns indícios de que o método suporta a detecção de necessidade de integração entre SI organizacionais, gerando um possível SoIS. Uma vez que a formação do SoIS ocorrerá com base na análise dos elementos do negócio (por exemplo, atores, tarefas etc.), pode ser possível detectar a rastreabilidade entre esses elementos e os elementos do SoIS, apoiando a criação de uma arquitetura de SoIS baseada no negócio. Em seguida, no ciclo de avaliações, se realizou um **Estudo de Campo** onde foram criadas instâncias que representam cenários reais do Instituto Federal de Ensino. As instâncias são cenários criados com base nos dados extraídos de modelos de processos de negócio do setor de Registro Acadêmico. Os cenários possuem elementos do modelo arquitetural proposto, que representam as relações entre unidades organizacionais, processos de negócio, metas organizacionais e SI. A motivação para este ciclo de avaliação era determinar se os elementos extraídos dos modelos de processos de negócio servem de entradas para instâncias do modelo arquitetural para SoIS.

Assim, a criação das instâncias foi realizada para avaliar dois pontos: (i) a existência dos relacionamentos entre os elementos acima mencionados e (ii) se os cenários desenhados refletem adequadamente o contexto real. O objetivo do ciclo GQM (*Goal-Question-Metric*) [Basili 1992] deste estudo foi definido como: **analisar** relacionamentos entre unidades organizacionais, processos de negócio, metas organizacionais e SI **com o propósito de avaliar com respeito a** verificar percepções **do ponto de vista** dos *stakeholders* dos SI **no contexto** de um cenário real.

A realização deste estudo de campo se deu por meio de entrevistas semiestruturadas, onde os participantes avaliaram a adequabilidade dos cenários apresentados e expressaram ideias para melhorias nos processos envolvidos nos cenários. Os 12 participantes convidados, foram selecionados por conta de sua experiência com os processos e sistemas ilustrados nos cenários.

Os resultados das entrevistas com os *stakeholders* apresentaram uma grande concordância em relação a adequabilidade dos cenários relativos à realidade, sendo obtida uma concordância total de 77%, concordância parcial de 19% e Não Concordância de apenas 4%. Assim, se obteve indícios que o método consegue gerar resultados que se adequam à realidade dos *stakeholders*. Ainda, como resultado foi também obtido um conjunto de sugestões de melhorias dos processos da organização que variam desde melhorias tecnológicas até melhorias na infraestrutura do instituto.

Uma avaliação final do método BPSoIS e dos artefatos de apoio a esse foi realizada na forma de um **Estudo de Viabilidade**. O objetivo deste era avaliar o comportamento do método como um todo em uma execução em cenário real. Para isso,

o método foi executado utilizando um conjunto de processos do setor da Secretaria de Pós-Graduação do mesmo *campus* e instituto onde ocorreram os demais estudos.

O propósito principal desse estudo foi avaliar se o modelo arquitetural proposto é capaz de representar corretamente uma arquitetura de SoIS de um cenário real. Para isso, dois especialistas, um em SoIS e um em negócio e no domínio utilizado na avaliação, foram convidados para avaliar respectivamente a sintaxe e a semântica do modelo arquitetural proposto.

Durante a execução do estudo, para cada participante, foi apresentado e explicado o modelo arquitetural proposto, ambas versões do mapa de elementos simplificado e a instância final do modelo resultante das análises realizadas utilizando o método. Seguindo a apresentação dos artefatos, os participantes foram submetidos ao conjunto de questões específicas ao seu perfil.

Os resultados da avaliação com os especialistas apontaram que o modelo arquitetural proposto é capaz de representar de forma clara e correta uma arquitetura de SoIS de um cenário real. Com base nos resultados das avaliações e nos comentários dos participantes, foram identificadas melhorias nos artefatos propostos. Novas versões dos artefatos (modelo arquitetural e mapa de elementos simplificado) foram desenvolvidas, visando se adequar a algumas das melhorias apontadas, como a melhor apresentação de alguns elementos do modelo arquitetural e a inclusão de elementos no mapa simplificado. Outras melhorias, como a necessidade de uma melhor comunicação dos resultados do método, devem ser realizadas em trabalhos futuros.

## 7. Conclusão

Como detalhado nessa dissertação, SoIS é ainda um tema em desenvolvimento. A comunidade de SI enfrenta um grande desafio para entender, especificar, implementar e avaliar sistemas que fazem parte desse novo arranjo [Araujo 2017]. Em se tratando de uma classe de sistemas complexos, problemas de integração entre os constituintes são normais. Por conta de sua inerente interdisciplinaridade, metodologias que consigam capturar as características de negócio são muito importantes.

Pesquisas em SoIS envolvendo processos de negócio são escassas. Assim, a pequena quantidade de estudos trabalhando com modelagem arquitetural de SoIS aponta que este é um tema importante ainda a ser estudado. Os estudos no tema, em grande parte, tendem a utilizar técnicas e métodos já definidos para SoS ou para processos de negócio. No entanto, estas técnicas e métodos falham em capturar todas as características de SoIS ao serem utilizadas isoladamente, visto que focam em apenas uma das dimensões de SI (organizações/processos, pessoas e tecnologias) contidas em SoIS. Dessa forma, nesta dissertação se buscou abordar SoIS considerando todas as dimensões de SI, de modo a desenvolver uma solução que compreende as particularidades do arranjo.

Desta forma, buscou-se responder as questões de pesquisa dessa dissertação da seguinte forma:

- QP1 – Com base em observações realizadas durante o desenvolvimento da pesquisa e nos resultados dos estudos realizados foi conjecturada a possibilidade de se identificar *links* de interoperabilidade entre sistemas a partir da observação da sequência de atividades de processos de negócio. Isso se dá com a

identificação de pontos no fluxo de execução do processo onde dois ou mais sistemas precisam interoperar para realizar uma tarefa ou um conjunto de tarefas. Assim, o método e ferramental propostos permitem ao usuário uma melhor compreensão do fluxo de dados e informações que são processados pelos SI que apoiam a execução dos processos de negócio, auxiliando os usuários a reconhecer os *links* de interoperabilidade entre os SI.

- QP2 – Os elementos identificados pelo uso do método proposto apresentam relações intrínsecas. Para permitir a compreensão dessas relações a partir de um ponto de vista arquitetural, um novo modelo foi proposto. Este utiliza como base o modelo conceitual de SoIS proposto por Fernandes (2020), e o estende ao acrescentar os elementos da dimensão de negócio de um SoIS, que são identificados por meio da análise dos modelos de processos de negócio.

Esta pesquisa propôs um método para análise de modelos de processos de negócio, suportado por um ferramental de apoio, visando à geração de modelo arquitetural de SoIS. O método e o modelo gerado, este último com base em um modelo conceitual pré-existente e evoluído, visam apoiar os gestores na identificação de problemas para o cumprimento de metas organizacionais. Em suma, pode-se dizer que as seguintes contribuições são derivadas da abordagem proposta: (1) melhor compreensão dos processos de negócio da organização e dos SI que os apoiam; (2) compreensão dos *links* de interoperabilidade entre SI manuais e informatizados, bem como apontamento na necessidade de automatização de SI; e (3) proposição de arquitetura de SoIS que, uma vez implementada, possa apoiar a melhoria da eficácia organizacional.

## 8. Publicações

Os conhecimentos produzidos nesta dissertação foram parcialmente disseminados através de diferentes publicações:

1. Fernandes, J.; Oliveira, L.; Graciano Neto, V. V.; Santos, R. P.; Angarita, R.; Saadaoui, S.; Cardinale, Y. (2022) PIS: Interoperability and Decision-making process any where and anytime. Evolution of Pervasive Information Systems, Springer Nature, Capítulo convidado - Em submissão.
2. Oliveira, L. S.; Vasconcelos, A. P. V.; Silva, S. V.; Santos, R. P. (2022) A Systems-of-Information Systems Identification Method Based on Business Process Models Analysis. **Revista Gestão & Tecnologia**, Submetido - Em revisão. (Qualis A3).
3. Oliveira, L. S.; Vasconcelos, A. P. V.; Santos, R. P. (2020) Um Método para Geração de Modelo de Sistemas-de-Sistemas de Informação a partir da Análise de Modelos de Processos de Negócio. In: X WTDSOft - X Workshop de Teses e Dissertações do CBSOft, 2020, Natal/RN. Anais do XI Congresso Brasileiro de Software: Teoria e Prática (CBSOft). Porto Alegre: SBC.

Demais estudos que não se relacionam diretamente com esta dissertação, mas que foram realizados durante o curso do mestrado, são:

1. Junior, R. G. D. S. V.; de Souza, C. B. D.; Oliveira, L. S.; da Hora, H. R. M.; Neto, R. S. (2019) A Priorização dos Investimentos em Petróleo e Gás: Uma

Revisão Sistemática. **Mundo Livre**: Revista Multidisciplinar, v. 5, n. 2, pp. 40-53. (Qualis B4).

2. Filho, P. P. M. T.; Oliveira, L. S.; Salles S. A. F.; da Hora, H. R. M. (2019) Modelagem Multicritério para Composição de Time Ótimo de Futebol da Premier League. In: XII Encontro Nacional de Modelagem Computacional (ENMC), Juiz de Fora.
3. Rossi, P.; da Hora, H.; Oliveira, L.; Almeida, P.; Naves, F. (2019) Pegada Hídrica e Agronomia: Uma Revisão Bibliométrica. In: XV Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a UNIRIO e FAPERJ (Proc. 211.583/2019) pelo apoio parcial.

### **Referências**

- Araujo, R. (2017) “Information Systems and the Open World Challenges”. In: I GrandDSI-BR: grand research challenges in information systems in Brazil 2016-2026 [S.l: s.n.], SBC, Porto Alegre, Brazil, pp. 42-51.
- Basili, V. R. (1992) “Software Modeling and Measurement: The Goal/Question/Metric Paradigm”. University of Maryland at College Park, College Park, MD, USA.
- Boehm, B. (2006) “A view of 20th and 21st century software engineering”. In 28<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering (ICSE), Shanghai, China. ACM, pp. 12-29.
- Boscarioli, C., De Araujo, R. M., Maciel, R. S., et al. (2017). “I GrandDSI-BR”. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, Brazil.
- Emruli, B., Sandin, F., Delsing, J. (2014) “Vector space architecture for emergent interoperability of systems by learning from demonstration”. *Biologically Inspired Cognitive Architectures*, v. 9, pp. 33–45.
- Fernandes, J., Graciano Neto, V. V., Santos, R. P. (2018) “Interoperability in systems-of-information systems: A systematic mapping study”. In: Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Software Quality, Curitiba, pp. 131–140.
- Fernandes, J., Ferreira, F., Cordeiro, F., Neto, V., Santos, R. (2019) “A Conceptual Model for Systems-of-Information Systems”. In: IEEE IRI, Los Angeles, pp. 364-371.
- Fernandes, J. (2020) “Uma abordagem baseada em modelagem conceitual para compreender fatores que influenciam interoperabilidade em sistemas-de-sistemas de informação”. 2020. 190f. Dissertação (Mestrado) – UNIRIO, Rio de Janeiro.
- Fu, X.-L., Song, M.-Q., Yu, Y.-N. e Chen, M. (2010) “Integration management view of information systems in an enterprise”. In: 2nd International Conference on Information Technology and Computer Science, Kiev, pp. 317-321.
- Georgantzas, N. C. e Katsamakos, E. G. (2010) “Performance effects of information systems integration: A system dynamics study in a media firm”. *Business Process Management Journal*, v. 16, n. 5, pp. 822–846.

- Graciano Neto, V. V., Cavalcante, E., El-Hachem, J., Santos, D. S. (2017a) “On the Interplay of Business Process Modeling and Missions in Systems-of-Information Systems”. In: IEEE/ACM SESoS/WDES, pp. 72-73.
- Graciano Neto, V. V., Oquendo, F., Nakagawa, E. Y. (2017b) “Smart Systems-of-Information Systems: foundations and an assessment model for research development”. In: I GranDSI-BR: grand research challenges in information systems in Brazil 2016-2026 [S.l: s.n.], SBC, Porto Alegre, Brazil, pp.1-12.
- Hasselbring, W. (2000) “Information system integration”. *Communications of the ACM*, v. 43, n. 6, pp. 32–38.
- Klein, J., Van Vliet, H. (2013) “A systematic review of system-of-systems architecture research”. In: ACM Sigsoft QoSA. Vancouver, Canada: ACM Press, pp. 13-22.
- Kretser, M. P., Ogden, J. A., Colombi, J. M., Hartman, P. L. (2016) “Exploring design structure matrices to reduce enterprise information systems complexity”. *Journal of Enterprise Transformation*, v. 6, n. 1, pp. 39–59.
- Majd, S., Marie-Hélène, A. e Alok, M. (2015) “An Architectural Model for System of Information Systems”. In: OTM 2015 Workshops, Rhodes, pp. 411-420.
- O’Brien, J. A.; Marakas, G. M. (2007) “Management information systems”, 10ed. McGraw-Hill/Irwin, New York, USA.
- Saleh, M., Abel, M.-H. (2015) “Information Systems: Towards a System-of-Information Systems”. In: IC3K. Scitepress - Science and Technology Publications, pp. 193-200.
- Saleh, M.; Abel, M.-H.; Mishra, A. (2015) “An Architectural Model for System of Information Systems”. (I. Ciuciu et al., Eds.) *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2015 Workshops. Anais...: Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, pp. 411-420.
- Santos, J. M., Graciano Neto, V. V., Nakagawa, E. Y. (2020) “Business Process Modeling in Systems of Systems”. In: MSSIS Workshop, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, pp. 26-35.
- Santos, R. P., Werner, C., Finkelstein, A. (2018) “Ecosystems effects on software consuming organizations: an experience report on two observational studies”. In: ECSA, NY, USA: Association for Computing Machinery, pp. 1-7.
- Teixeira, P. G., Lopes, V. H. L., Santos, R. P. Dos., Kassab, M., Neto, V. V. G. (2019) “The status quo of systems-of-information systems”. In: IEEE/ACM SESoS/WDES. IEEE Press, pp. 34 41.
- Zafary, F. (2020) “Implementation of business intelligence considering the role of information systems integration and enterprise resource planning”. *Journal of Intelligence Studies in Business*, v. 10, n. 1, pp. 59-74.