

Editora

Luisa Angélica Paraguai Donati

Apoio/Support

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo nº 308457/2020-0) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Finanças 001).

Conflito de interesses

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

Recebido

28 mar. 2023

Versão final

2 abr. 2024

Aprovado

29 ago. 2024

Um método para conversão de modelos de processos de negócio em grafos de conhecimento semânticos para auxílio em tomadas de decisão

A method for converting business process models into semantic knowledge graphs to aid in decision making

Maurício Carvalho Salvador¹ , Anderson Veiga da Silva¹ , Simone Vasconcelos Silva¹ , Mark Douglas de Azevedo Jacyntho¹ 

¹ Instituto Federal Fluminense, Campus Campos Centro, Núcleo de Engenharia de Software. Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: S. V. SILVA. E-mail: <simonevs@iff.edu.br>.

Como citar este artigo/How to cite this article: Salvador, M. C. *et al.* Um método para conversão de modelos de processos de negócio em grafos de conhecimento semânticos para auxílio em tomadas de decisão. *Transinformação*, v. 36, e248136, 2024. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202436e248136>

Resumo

Modelagem dos processos de negócio possui um papel fundamental na representação do fluxo de atividades realizadas por uma organização. Este fluxo é registrado de forma clara, a partir de informações e conhecimento fornecidos pelos envolvidos no processo. Como resultado, os processos modelados podem ser compartilhados, possibilitando a institucionalização desse conhecimento. Para tornar tomadas de decisão mais eficientes e fidedignas, este trabalho tem como objetivo propor um método de conversão capaz de extrair informações de modelos de processos de negócio, descritos com a notação *Business Process Model and Notation*, registrando-as em grafos de conhecimento semânticos, com uso da ontologia *Business Process Model and Notation 1.1 Ontology*. Portanto, propõe-se a construção de uma base de conhecimento formalmente estruturada a partir dos modelos, a fim de viabilizar consultas precisas e extração de indicadores. Para tal, a metodologia utilizada compreende uma revisão da literatura, seguida da elaboração do método de conversão proposto e da validação do mesmo por meio de um estudo empírico. Analisando os resultados, pode-se afirmar que o método obteve sucesso na conversão do modelo do processo na base de conhecimento subjacente, e esta, por sua vez, permitiu a extração automática de indicadores para auxiliar às tomadas de decisão por parte dos gestores envolvidos.

Palavras-chave: BPMN. Grafo de conhecimento. Modelagem de processos de negócio. Ontologia.

Abstract

Business process modeling plays a key role in representing the flow of activities carried out by an organization. This flow is clearly recorded, based on information and knowledge provided by those involved in the process. As a result, the modeled processes can be shared, enabling the

institutionalization of this knowledge. In order to make decision-making more efficient and reliable, this work aims to propose a conversion method capable of extracting information from business process models, described with the Business Process Model and Notation notation, registering them in graphs of semantic knowledge, using the Business Process Model and Notation 1.1 Ontology. Therefore, it is proposed the construction of a knowledge base formally structured from the models, in order to enable precise consultations and extraction of indicators. To this end, the methodology used comprises a literature review, followed by the elaboration of the proposed conversion method and its validation through an empirical study. Analyzing the results, it can be stated that the method was successful in converting the process model into the underlying knowledge base, and this, in turn, allowed the automatic extraction of indicators to assist decision-making by the managers involved.

Keywords: BPMN. Knowledge graph. Business process modeling. Ontology.

Introdução

De acordo com a Association of Business Process Management Professionals (2020), *Business Process Management* (BPM, Gerenciamento de Processos de Negócio) é uma abordagem que possibilita identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de negócio, automatizados ou não, para alcançar resultados consistentes e alinhados com os objetivos estratégicos da organização.

Uma parte importante de BPM é a modelagem de processos, a qual possui diversas aplicações práticas com níveis de detalhamento na representação do processo de negócio, registrando particularidades do negócio e contribuindo com uma visão clara dos procedimentos internos de uma organização (Association of Business Process Management Professionals, 2020; Figueiredo, 2018).

Modelar os processos gera benefícios, servindo como um meio para documentar o processo, provendo uma maior transparência para todas as partes interessadas, assim como, para comunicar as mudanças no processo explicitamente e oferecer suporte ao processo utilizando o modelo como guia na execução (Mertens et al., 2022).

Em geral, as ferramentas de modelagem permitem que os modelos de processos de negócio criados sejam exportados em arquivos no formato *eXtensible Markup Language – Process Definition Language* (XPDL) que corresponde a uma coleção de elementos de diagramas de processos em notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), permitindo que softwares diferentes sejam capazes de importar/exportar modelos de processo de negócio em BPMN (Workflow Management Coalition, 2012).

Com a crescente complexidade e a variedade dos modelos de processos de negócios, surge a necessidade/oportunidade do uso de uma ontologia, definindo formalmente os termos de conceitos e relacionamentos, representando os objetivos do negócio de forma mais bem definida e explícita (Zhang et al., 2008).

Ontologia é um modelo de representação formal de determinada área de conhecimento, baseado em lógica descritiva. Um modelo no qual são descritos conceitos (classes) e propriedades para estabelecer relacionamentos entre estes conceitos (Jacyntho, 2012). O advento da Web Semântica impulsionou, sobremaneira, o uso de ontologias dentro das organizações para criação de bases de conhecimentos semânticas (grafos de conhecimento).

Uma ontologia pode ser criada/reusada para se construir uma base de conhecimento semântica a partir do uso da consagrada notação BPMN da Object Management Group (2011) de modelagem de processos, onde as classes da ontologia são construídas em relação aos termos dos componentes da notação, definindo seus relacionamentos semânticos (Yanuarifiani; Laksitowening; Wibowo, 2015).

Figueiredo e Oliveira (2018) propõem que o uso de ontologia possibilita uma perspectiva para prover processos com semânticas acessíveis por máquinas, possibilitando conceitualizar e organizar a informação desestruturada que está presente nos processos de negócio. Dessa forma, a ontologia é utilizada para estruturar o conhecimento implícito nos processos de negócio, permitindo a compreensão por máquinas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é propor um método capaz de extrair informações de modelos de processos de negócio, descritos com a notação BPMN, registrando-as em grafos de conhecimento semânticos, com uso da ontologia *BPMN 1.1 Ontology* proposta por Fondazione Bruno Kessler (2014). Em outras palavras, visa construir, a partir dos modelos, uma base de conhecimento formalmente estruturada, a fim de viabilizar consultas e extração de importantes indicadores para auxiliar os gestores em suas tomadas de decisão.

Fundamentos

A Web Semântica fornece uma estrutura comum que permite que os dados da Web sejam compartilhados e reutilizados entre aplicativos, organizações e comunidades (World Wide Web Consortium, 2022a). O *World Wide Web Consortium* (W3C) definiu a *Web Ontology Language* (OWL) como uma linguagem para a Web Semântica projetada para representar um conhecimento sobre coisas, seus grupos e suas relações, onde se baseia na lógica computacional de modo que o conhecimento expresso em OWL possa ser explorado por programas de computadores e seus documentos são conhecidos como ontologias (World Wide Web Consortium, 2022b).

Segundo Antoniou et al. (2012), a visão geral da Web Semântica pode ser resumida em como fazer uma Web inteligível por máquinas por meio de grafos como modelos de dados para objetos e suas relações. Nesses grafos, os objetos (classes) representam os nós e as arestas representam as relações (propriedades) entre eles, onde o *Resource Description Framework* (RDF) é o modelo de dados padrão para representação dos grafos. Um grafo RDF é um conjunto de triplas (classe, propriedade, valor).

Segundo Beckett et al. (2014), RDF é uma linguagem de propósito geral para representar informações na Web, possuindo diversas sintaxes textuais. Uma dessas sintaxes é denominada *Turtle* e permite que um grafo RDF seja escrito em formato de texto compacto e natural, com abreviações para padrões de uso e tipo de dados comuns.

Associada ao modelo de dados RDF, tem-se a linguagem de consulta SPARQL (*Protocol and RDF Query Language*), semelhante a sintaxe SQL (*Standard Query Language*), que pode ser utilizada para definir consultas sobre diversas fontes de dados, desde que estas tenham armazenados ou possam ser visualizados em formato de grafos RDF. Uma consulta definida em SPARQL pode retornar desde um grafo em RDF até um conjunto de resultados (Pérez; Arenas; Guitierrez, 2009).

De acordo com Noy e McGuinness (2001), uma forma de verificar se uma ontologia contém informações suficientes para responder a determinados questionamentos é por meio das perguntas de competência. No caso de processos de negócio, de acordo com estas perguntas, o modelo de processo de negócio deverá possuir maior detalhamento, possibilitando a obtenção das respostas por meio de consultas SPARQL sobre o grafo RDF gerado a partir do modelo.

Para a realização deste trabalho, foi selecionada a ontologia *BPMN 1.1 Ontology*, mantida pela Fondazione Bruno Kessler (FBK), tendo o seu desenvolvimento norteado pela descrição do conjunto completo de atributos e tipos de elemento BPMN contidos nas especificações da OMG para a BPMN 1.1 (Fondazione Bruno Kessler, 2014; Object Management Group, 2011).

A ontologia BPMN 1.1 *Ontology* codifica a classificação de todos os elementos BPMN, juntamente com a representação formal dos atributos e condições que descrevem como os elementos podem ser combinados para obter um modelo de processo de negócio. Esta ontologia apresenta uma gramática formal fornecendo uma base ontológica de BPMN, permitindo representar qualquer modelo de processo de negócio BPMN real, explorando serviços de raciocínio baseados em ontologia, como sua utilização em resposta a consultas de perguntas de competência (Rospocher; Ghidini; Serafini, 2014).

A ontologia BPMN 1.1 *Ontology* é a formalização do metamodelo de BPMN, onde cada elemento presente em um modelo BPMN é diretamente mapeado na(s) correspondente(s) classe(s) da ontologia, podendo ocorrer sobreposição de classes na ontologia, quando, no modelo BPMN em questão, houver sobreposição das respectivas classes do metamodelo de BPMN. Portanto, sob a perspectiva desta ontologia, não se faz necessário tratamento especial para classificação múltipla quando do mapeamento de um modelo BPMN. Na Figura 1, apresenta-se a hierarquia de classes da ontologia BPMN 1.1 *Ontology*, representando os seus principais elementos.

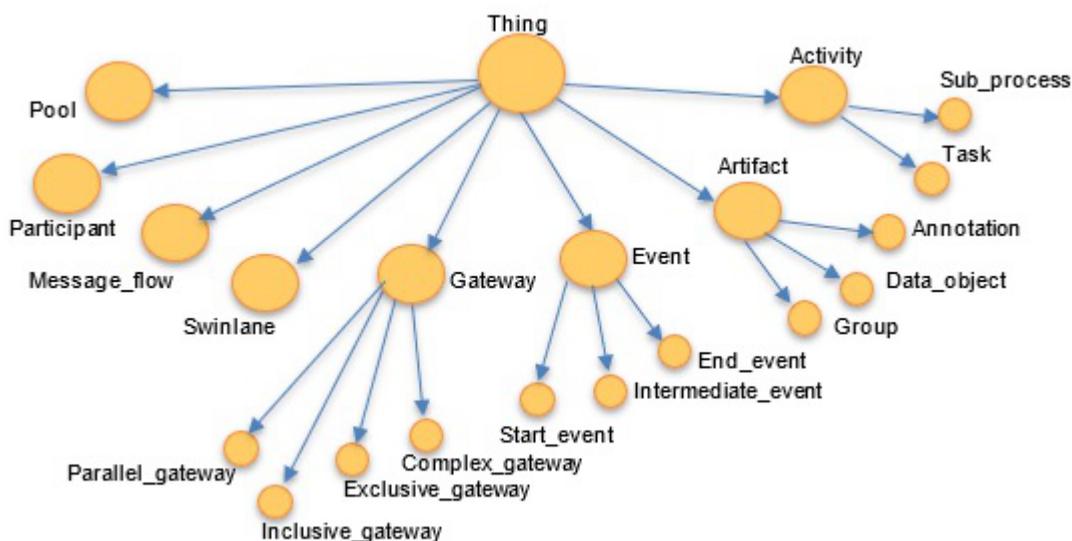


Figura 1 – Hierarquia de classes da ontologia Business Process Model and Notation 1.1 Ontology. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Procedimentos Metodológicos

Neste trabalho, utilizou-se o conceito de *Design Science Research* (DSR) que consiste na criação sistemática de conhecimento, partindo da compreensão de um problema, permitindo a transformação de uma determinada situação a padrões desejáveis, pressupondo rigor metodológico para o alcance da confiabilidade da pesquisa (Dresch; Lacerda; Antunes, 2020).

A metodologia proposta neste trabalho encontra-se dividida em quatro etapas adaptadas a partir das etapas de DSR propostas por Peffers et al. (2007), conforme segue: (i) identificação do problema; (ii) definição e desenvolvimento do artefato (solução); (iii) demonstração; e (iv) avaliação.

De acordo com as etapas acima, primeiramente foi realizada a identificação do problema por meio do levantamento bibliográfico e dos trabalhos relacionados através de pesquisas na literatura. Para levantamento dos trabalhos relacionados ao tema deste artigo foi realizada uma pesquisa na

base de trabalhos científicos da Scopus® com o seguinte tesauro: (“*Business Process Model**” OR “*BPMN**”) AND (*Ontolog**) AND (*Conversion OR Automatic*). Esta pesquisa resultou em 52 resultados e após a análise dos mesmos, foram selecionados 11 estudos que abordaram a aplicação de métodos de conversão relacionados a BPMN e ontologias.

Em seguida, foi elaborada a definição e o desenvolvimento do artefato, ou seja, o método de conversão da modelagem de processos de negócio para grafos de conhecimento semânticos, descrevendo uma sequência de passos a ser executada para realização da conversão proposta. Esta sequência é composta dos seguintes passos: (i) definição do modelo de processo de negócio, em BPMN, a ser convertido; (ii) definição das perguntas de competência; (iii) identificação dos atributos, em formato XPD, que trarão as respostas às perguntas de competência; (iv) escrita do arquivo no formato de grafo RDF; e (v) geração das consultas SPARQL.

Após a concepção do artefato (método proposto), o mesmo foi validado por meio de uma demonstração da sua aplicação em uma organização multinacional da área de Tecnologia da Informação (TI). Para esta validação foi utilizada a modelagem de um dos processos de negócio da organização, a qual foi convertida em grafo RDF, e a partir daí foram realizadas as consultas SPARQL com objetivo de responder as perguntas de competência e gerar automaticamente os indicadores do processo, auxiliando à tomada de decisão organizacional. E por fim, a avaliação do artefato se deu por meio da verificação da corretude dos valores obtidos pelos indicadores.

Resultados

Trabalhos Relacionados

Kchaou et al. (2021) propuseram um conjunto de regras para transformar modelos de processos de negócio utilizando a notação BPMN para ontologias, considerando os aspectos semânticos destes modelos e fornecendo para todos os seus objetos e atividades uma correspondência na ontologia utilizada.

Figueiredo e Oliveira (2019, 2018) apresentam uma ferramenta denominada PM2ONTO para auxiliar a geração de ontologias, e o trabalho possui como objetivo principal o mapeamento dos elementos da modelagem BPMN e das suas documentações para as classes de uma ontologia em criação.

Huang et al. (2017) afirmam que, de forma tradicional, a modelagem de processos de negócios pode ser transferida para a descrição de linguagem de ontologia (OWL), realizando o compartilhamento semântico de processos. Os autores propõem um algoritmo que extrai conhecimento para construção de uma ontologia de processos de negócios.

A proposta de Ternai, Török e Varga (2016) se baseia na exportação dos modelos de processos de negócio para um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*). Cada objeto do modelo de processo de negócio é representado por uma *tag* (etiquetas de orientação) denominada *Instance* e os atributos são representados pela *tag Attribute* na estrutura do arquivo XML. Desta forma, os elementos dos modelos de processos de negócio são mapeados para os elementos apropriados da ontologia.

Guido, Pandurino e Paiano (2016) analisam as etapas metodológicas que trazem ao meta-modelo ontológico da BPMN 2.0, apresentando detalhes de classes e propriedades que compõem o meta-modelo usando a linguagem OWL.

Szabó e Ternai (2016) apresentam uma aplicação semântica capaz de extrair informações dos modelos de processos de negócios, por meio de uma ontologia de referência criada por

Ternai (2015), a partir de outras ontologias relacionadas ao negócio. A ferramenta desenvolvida utiliza a correspondência entre as ontologias para descobrir desvios de uma determinada operação do negócio.

Ternai (2015) propõe um método semiautomático que utiliza a construção e correspondência de ontologias para verificação de conformidade em processos de negócios, transformando o processo em ontologia, construindo uma ontologia de processo como referência, a partir de documentos não estruturados.

Fanesi, Cacciagrano e Hinkelmann (2015) agregam valor semântico aos modelos de processos de negócio, usando a definição de uma ontologia unificada. A primeira camada da ontologia é formada por meta-modelos que contêm as classes da ontologia.

Rospocher, Ghidini e Serafini (2014) propõem uma ontologia para a classificação dos elementos da BPMN 1.1, junto com uma representação formal dos atributos e condições que descrevem como os elementos podem ser combinados para obter um modelo de processo BPMN.

Natschläger (2011) define a ontologia BPMN 2.0 *Ontology*, a qual possui a descrição de um elemento combinada com sua classe correspondente, sendo fornecidas explicações adicionais nas anotações, permitindo uma compreensão mais rápida da BPMN.

Método Proposto para Conversão de Modelos de Processo de Negócio em Grafos de Conhecimento Semânticos

O método proposto neste trabalho apresenta um procedimento para conversão de um modelo de processo de negócio desenvolvido sob a notação BPMN em um arquivo contendo um grafo de conhecimento RDF. Desta forma, este método auxilia na transformação dos modelos de processo em formatos que podem ser utilizados com semântica explícita inteligível por máquinas. Para execução do método proposto são necessários alguns conhecimentos prévios, a saber: (i) notação BPMN, sua simbologia e algumas definições de uso; (ii) modelagem de processos de negócios para compreensão e/ou elaboração do fluxo de execução de atividades do modelo analisado e dos atores envolvidos; (iii) conceito de utilização de tags como linguagem de marcação; e (iv) sintaxe *Turtle* ou outra sintaxe que possa gerar uma representação de dados em RDF.

A elaboração do método foi dividida em uma sequência de cinco passos que devem ser seguidos para executar o processo de conversão, conforme segue:

- Passo 1 – Definição do modelo de processo de negócio a ser convertido: o modelo de processo de negócio deve utilizar a notação BPMN. Caso a organização possua seus processos de negócio modelados com outra notação, faz-se necessária a conversão para BPMN. Caso a organização não possua seus processos modelados, faz-se necessária a elaboração da modelagem BPMN, por meio de diversos softwares disponíveis no mercado para modelagem;

- Passo 2 – Definição das perguntas de competência para o processo: com a modelagem de processo de negócio definida, elencar as perguntas que devem ser respondidas a partir de consultas SPARQL sobre o grafo RDF gerado. No domínio de conhecimento de processos de negócios, as seguintes perguntas de competência de âmbito geral são sugeridas:

- **P1.** “Qual a data de atualização do modelo de processo de negócio?” Verificação se o modelo está atualizado baseado na data de criação ou última modificação. Indicador: data de criação ou data da última modificação;

- **P2.** “Quem foi o autor que gerou o modelo de processo de negócio?” Verificação da responsabilidade sobre o modelo de processo de negócio. Indicador: nome ou ID do autor;

– **P3.** “Quantas áreas funcionais estão representadas no modelo de processo de negócio?”
P3.1. “Quais são as áreas funcionais?” Verificação das áreas funcionais da organização envolvidas no processo. Indicadores: quantidade de “raias” do modelo e nome das “raias”;

– **P4.** “Qual o nome do processo que o modelo representa?” Verificação do nome do processo. Indicador: nome ou ID do processo;

– **P5.** “Possui desvios?” Verificação da existência de decisões no processo. Indicador: quantidade de desvios no modelo;

– **P6.** “Quantas atividades compõe o processo modelado?” Verificação de todas as atividades apontadas que compõem o modelo. Indicador: quantidade de atividades existentes no modelo;

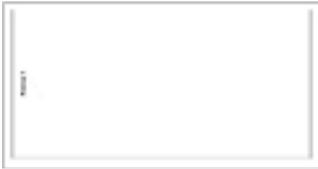
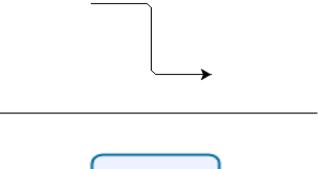
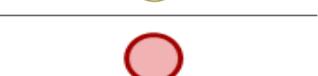
– **P7.** “Possui evento de interrupção de processo de acordo com o tempo?” **P7.1.** “Qual o tempo máximo de interrupção do processo?” Verificação da existência de eventos de interrupção por tempo no processo. Indicadores: quantidade de eventos de interrupção por tempo no modelo e somatório do tempo configurado sobre eventos de tempo;

– **P8.** “Possui subprocessos, quantos?” **P8.1.** “Quais são os apontados?” **P8.2.** “Quantas atividades possuem cada subprocesso?” Verificação da existência de subprocessos no processo. Indicadores: quantidade de subprocessos no modelo, nome ou ID de cada subprocesso, e quantidade de atividades de cada subprocesso.

- Passo 3 – Identificação dos atributos que fornecem respostas às perguntas de competência: neste passo é gerado o arquivo em formato XPDL, ou seja, exporta-se o arquivo que contém a modelagem do processo de negócio para XPDL, que neste trabalho foi elaborado na versão 2.2 normalizada pela *Workflow Management Coalition* (Workflow Management Coalition, 2012). Atualmente, existem diversos softwares de modelagem de processos capazes de exportar o arquivo XPDL. De acordo com as informações geradas pelo arquivo XPDL é possível fazer a relação das principais *tags* a serem identificadas e sua correlação com os principais elementos da notação BPMN, conforme o Quadro 1.

- Passo 4 – Escrita do arquivo no formato RDF: o arquivo contendo o grafo de conhecimento RDF deve ser elaborado com auxílio de um editor de texto, sugere-se o uso do mesmo editor utilizado para a visualização do arquivo XPDL, devendo ser selecionada uma linguagem para a escrita das triplas em RDF. O arquivo RDF deve ser construído levando em consideração a modelagem do processo de negócio alinhado em responder às perguntas de competência elencadas. Desta forma, para cada pergunta de competência é analisado o elemento utilizado na modelagem capaz de respondê-la. Para cada elemento selecionado, é escrito o código referente a ele no arquivo RDF, ou seja, cada *tag* do arquivo XPDL é relacionada ao elemento correspondente na ontologia BPMN 1.1 *Ontology*, usando o mesmo identificador (ID). O arquivo RDF deve ser importado em um banco de dados RDF (*triple store*) a fim de se estabelecer, de fato, uma base de conhecimento de processos de negócio da organização. Esta base de conhecimento mantém todos os processos de negócio da empresa, inclusive podendo manter várias versões do processo, registrando seu histórico de evolução. Trata-se de uma ferramenta fundamental em nível estratégico para as partes interessadas, conhecimento que outrora estava disperso de forma *ad-hoc* pela organização. Um banco de dados RDF nativo fornece os dois mecanismos necessários para a realização das consultas SPARQL. São eles: (i) *raciocinador*, responsável por processar inferência com base nos axiomas das ontologias, deduzindo mais triplas RDF e aumentando o conhecimento; (ii) processador de consultas, responsável por executar as consultas SPARQL com ou sem inferência ontológica habilitada;

Quadro 1 – Principais tags e sua correlação em notação BPMN.

TAG no XPDL	Parâmetro	Descrição	Notação BPMN
<Pool>	Id	Identificador da "piscina".	
	Name	Nome dado à "piscina", normalmente o nome do processo que será representado.	
	Process	Identificador dos fluxos de processos que serão inseridos.	
<WorkflowProcess>	Id	Identificador de fluxo do processo mapeado, ligado ao parâmetro <i>Process da Pool</i> .	
	Name	Nome dado ao fluxo de processo.	
<Lane> Ou <Participants>	Id	Identificador da "raia da piscina".	
	Name	Nome dado à "raia de piscina", normalmente uma função executada por um <i>stakeholder</i> .	
	ParentPool	Identificador da "piscina" associada à "raia de piscina".	
<Association>	Id	Identificador da ligação entre elementos.	
	Source	Identificador do símbolo de origem.	
	Target	Identificador do símbolo de destino.	
	Name	Nome dado ao fluxo de processo.	
<Activity> <Task>	Id	Identificador de tarefa no modelo. Na <i>tag</i> haverá a informação sob outro conjunto de <i>tags</i> identificando o tipo de tarefa representada.	
	Name	Texto que descreve uma atividade, normalmente iniciado com verbo de ação.	
<Event> <StartEvent>		Identificador do evento de início do processo.	
<Event> <IntermediateEvent>		Identificador de evento intermediário do processo.	
<Event> <EndEvent>		Identificador do evento de fim do processo.	
TAG no XPDL	Parâmetro	Descrição	Notação BPMN
<Activity> <Route>		Identificador do <i>gateway</i> , indicando a tomada de decisão, definindo dois ou mais caminhos alternativos, dentro das <i>tags</i> de uma tarefa.	
<Activity> <SubFlow>		Identificador de um subprocesso dentro das tags de uma atividade.	
<DataObject>	Id	Identificador para um artefato de armazenamento de dados.	
	Name	Nome dado ao artefato.	

Note: BPMN: Business Process Model and Notation; TAG: Etiqueta de orientação; XPDL: eXtensible Markup Language - Process Definition Language.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

- Passo 5 – Elaboração das consultas SPARQL: para responder as perguntas de competência a partir do arquivo RDF, utiliza-se a linguagem de consulta SPARQL, ou seja, deve ser codificada uma consulta para cada pergunta de competência (P1 a P8) e executada na base conhecimento semântica.

Aplicação do Método Proposto

A aplicação do método ocorreu em uma organização multinacional do segmento de serviços de Tecnologia da Informação. Esta organização possui mais de 49.000 colaboradores distribuídos em 140 países, sendo mais de 8.000 destes colaboradores atuando no Brasil, em 12 escritórios.

Em uma das unidades da organização, cinco colaboradores atuam no escritório de processos, modelando os principais processos de negócio, documentando o fluxo de atividades e informações complementares. Assim, atende aos conhecimentos prévios necessários para execução do método de conversão proposto neste trabalho.

Para a seleção do modelo de processo de negócio a ser convertido em um grafo de conhecimento semântico, utilizou-se o processo “Novas demandas de software” devido ao fato do mesmo encontrar-se previamente descrito por meio de um fluxograma, enquanto os demais estavam descritos textualmente. O processo selecionado foi modelado utilizando a notação BPMN para atender ao requisito do Passo 1 do método de conversão, conforme pode ser observado na Figura 2.

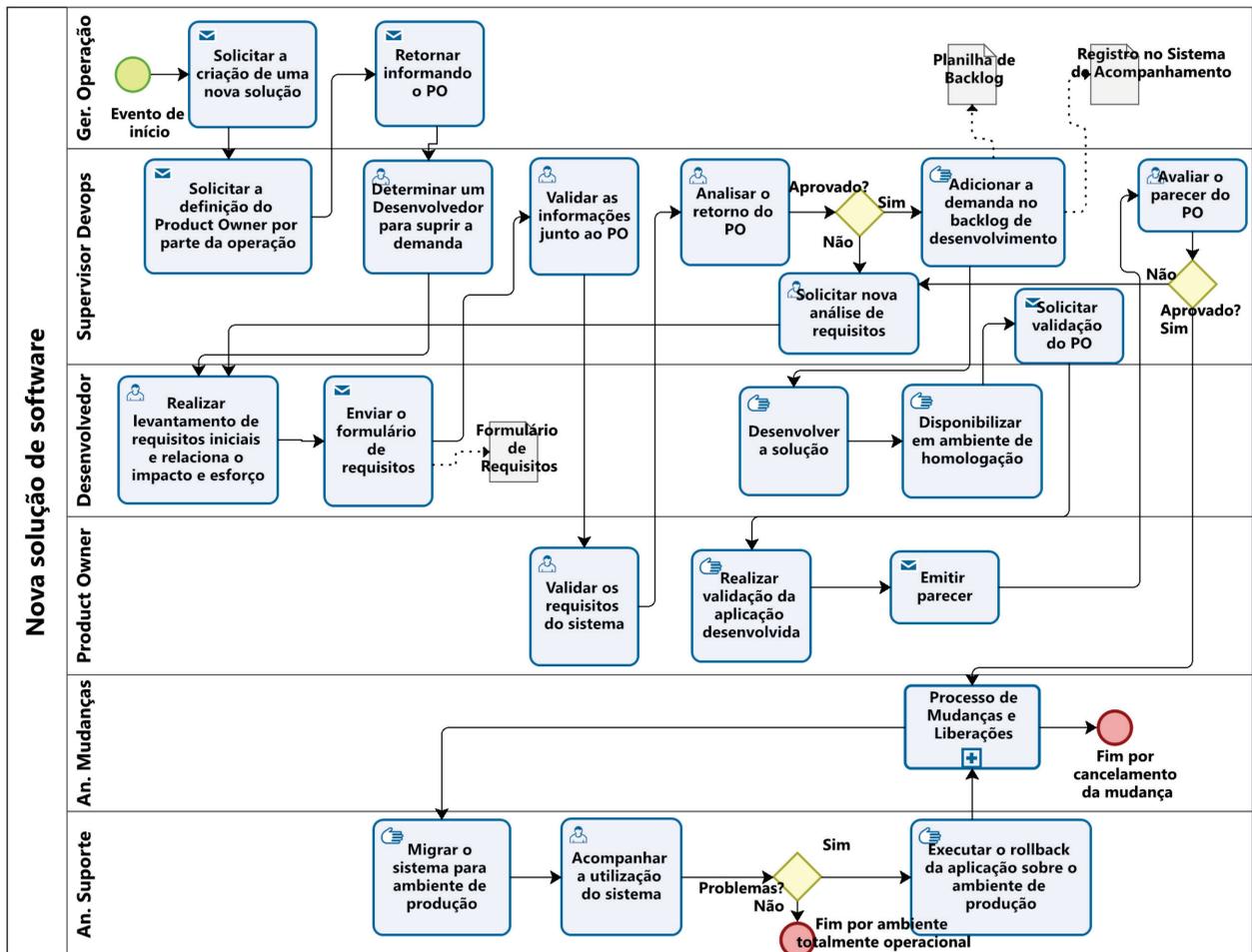


Figura 2 – Modelagem do processo “Gestão de novas demandas de software”.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No Passo 2 foram utilizadas as perguntas de competência definidas na Seção 4.2 deste trabalho, visando a extração de informações úteis sobre o modelo de processo de negócio por meio de semântica computacional. No Passo 3, que visa identificar os atributos que permitem responder às perguntas de competência, exportou-se o arquivo que contém a modelagem do processo de negócio (Figura 2) para o formato XPDL por meio do software *Bizagi Modeler* (Bizagi, 2022) e foram identificadas as *tags* que possuíam as informações necessárias para responder às perguntas de competência, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Tags em XPDL e RDF gerado que respondem às perguntas de competência.

1 de 2

XPDL	RDF
<p>P1. É respondida pelas tags <Created> e <ModificationDate>:</p> <pre><Package Id="c8ccd0d0-5335-439f-b85c-63e7f82c739c" Name="Processo_Novas_Demandas"> ... <Created>2019-09-10T10:20:35.8350455-03:00</Created> <ModificationDate>2019-09-10T11:41:46.1537083-03:00</ModificationDate> ... </Package></pre>	<p>P1. É respondida pelas propriedades <code>has_business_process_diagram_creation_date</code> e <code>has_business_process_diagram_modification_date</code>:</p> <pre>#Package <c8ccd0d0-5335-439f-b85c-63e7f82c739c> a bpmn:business_process_diagram; bpmn:has_business_process_diagram_name "Processo_Novas_Demandas"^^xsd:string; bpmn:has_business_process_diagram_creation_date "2019-09-10T10:20:35.8350455-03:00"^^xsd:dateTime; bpmn:has_business_process_diagram_modificationdate "2019-09-10T11:41:46.1537083-03:00"^^xsd:dateTime.</pre>
<p>P2. É respondida pela tag <Author>:</p> <pre><RedefinableHeader> <Author>mauricio</Author> </RedefinableHeader></pre>	<p>P2. É respondida pela propriedade <code>has_business_process_diagram_author</code>:</p> <pre>#Author <c8ccd0d0-5335-439f-b85c-63e7f82c739c> bpmn:has_business_process_diagram_author "mauricio"^^xsd:string.</pre>
<p>P3. Foram selecionadas todas as ocorrências do parâmetro Name da tag <Participant Id> dentro da tag <Participants>, onde o bloco da tag <Participant Id> se repete para todas as raias do processo.</p> <p>P3.1. Identificou-se o valor de cada parâmetro Name da tag <Participant Id>:</p> <pre><Participants> <Participant Id="615fd5ed-cf9e-42f9-8184-13c2a8455418" Name="Gerente de Operação"> <ParticipantType Type="ROLE" /> ... </Participant> ... </Participants></pre>	<p>P3. Identifica-se a piscina (classe Pool) e suas raias (Roles) e P3.1. Identificou-se todas as ocorrências da propriedade <code>has_role_name</code>:</p> <pre>#Pool <36039e99-71b1-4c2a-90b6-745a6b952e63> a bpmn:pool; bpmn:has_pool_participant_ref <615fd5ed-cf9e-42f9-8184-13c2a8455418>; bpmn:has_pool_participant_ref <1209cae-0909-4ef6-9d3c-64dbbd42030>; bpmn:has_pool_participant_ref <73947e81-352f-4f77-8177-022c513990bd>; bpmn:has_pool_participant_ref <5dbac484-beba-4b30-a91b-7b22a70c2760>; bpmn:has_pool_participant_ref <89be38e0-554e-41a0-a355-fa7aed48a7e8>; bpmn:has_pool_participant_ref <4a0bd4a-565c-432d-b1e9-064afe0b1717>. #Roles .:role1 bpmn:has_role_name "Gerente de Operação"; .:role2 bpmn:has_role_name "Supervisor Devops"; .:role3 bpmn:has_role_name "Desenvolvedor"; .:role4 bpmn:has_role_name "Product Owner"; .:role5 bpmn:has_role_name "Analista de Mudanças"; .:role6 bpmn:has_role_name "Analista de Suporte"; #Participants <615fd5ed-cf9e-42f9-8184-13c2a8455418>; a bpmn:participant; bpmn:has_participant_role_ref .:role1 ... <4a0bd4a-565c-432d-b1e9-064afe0b1717>; a bpmn:participant; bpmn:has_participant_role_ref .:role6.</pre>
XPDL	RDF
<p>P4. Identificou-se o parâmetro Name da tag <WorkflowProcess Id>:</p> <pre><WorkflowProcess Id="f292c64d-8188-47b1-a5b3-a9331bf70dc2" Name="Nova solução de software"> <ProcessHeader> <Created>2019-09-17T10:38:02.8420489-03:00 </Created> ... </WorkflowProcess></pre>	<p>P4. Identificou-se a propriedade <code>has_process_name</code>:</p> <pre>#Process <f292c64d-8188-47b1-a5b3-a9331bf70dc2> bpmn:has_process_name "Nova solução de software"^^xsd:string.</pre>

Quadro 2 – Tags em XPDL e RDF gerado que respondem às perguntas de competência.

XPDL	RDF
<p>P5. Identificou-se a quantidade de blocos da tag <Activity> contendo a tag <Route> que representa a decisão: <Activity Id="e80f53cd-368b-4ad0-929b-27e1a094269c" Name="Aprovado?"> ... <Route /> ... </Activity></p>	<p>P5. É respondida identificando-se o ID gerado no arquivo XPDL para os gateways: #Gateways <e80f53cd-368b-4ad0-929b-27e1a094269c> a :gateway. ...</p>
<p>P6. Identificou-se a quantidade de blocos da tag <Activity> contendo a tag <Task> que representa a tarefa: <Activity Id="78f24818-ad10-4846-ae1-ff939c2cba48" Name="Solicita a criação de uma nova solução"> ... <Task> ... </Activity></p>	<p>P6. Identificou-se o ID gerado no arquivo XPDL para a propriedade has_flow_object_name de cada atividade: #Activities <78f24818-ad10-4846-ae1-ff939c2cba48> a bpmn:activity ; bpmn:has_flow_object_name "Solicita a criação de uma nova solução"^^xsd:string. ...</p>
<p>P7. Buscou-se pela tag <TriggerTimer TimeDate> e P7.1. Buscou-se as tags <TriggerTimer TimeCycle>, ambas pertencentes a tag <Activity>: <Activity Id="942006d7-3332-41e7-bece-9f399bdfcb53" Name="Timer"> ... <IntermediateEvent Trigger="Timer"> <TriggerTimer TimeDate=" " /> ... </Activity> <Activity Id="942006d7-3332-41e7-bece-9f399bdfcb53" Name="Timer"> ... <IntermediateEvent Trigger="Timer"> <TriggerTimer TimeCycle=" " /> ... </Activity></p>	<p>P7. Identificou-se a propriedade has_timer_event_time_date e P7.1. Identificou-se a propriedade has_timer_event_time_cycle: #Event <942006d7-3332-41e7-bece-9f399bdfcb53> a bpmn:intermediate_event; bpmn:has_intermediate_event_trigger_:event_detail_01. _event_detail_01 a bpmn:timer_event_detail; :has_timer_event_time_date_:expression_01. // :has_timer_event_time_cycle_:expression_01. ...</p>
<p>P8. Identificou-se a quantidade de blocos da tag <Activity> contendo a tag <SubFlow> que representa o subprocesso. P8.1. Utilizou-se o parâmetro Name: <Activity Id="8abb3d0-ebd1-42c2-9ba8-4b7bd2ecabfc" Name="Processo de Mudanças e Liberações"> ... <SubFlow /> ... </Activity></p>	<p>P8. Identificou-se a propriedade sub_process e P8.1. Identificou-se a propriedade has_flow_object_name: #SubFlows <8abb3d0-ebd1-42c2-9ba8-4b7bd2ecabfc> a bpmn:sub_process; bpmn:has_flow_object_name "Processo de Mudanças e Liberações"^^xsd:string</p>

Note: XPDL: eXtensible Markup Language - Process Definition Language; RDF: Resource Description Framework.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

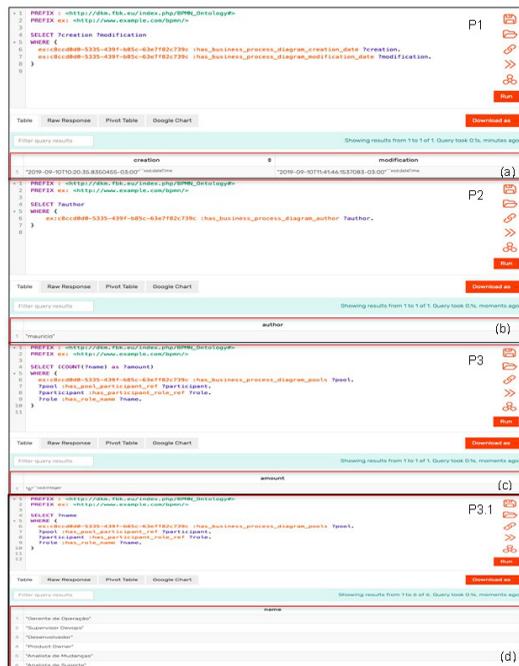


Figura 3 – Consultas SPARQL e Resultados das Perguntas de Competência: P1, P2, P3 e P3.1.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

The figure displays three screenshots of SPARQL query results, labeled P4, P5, and P6. Each screenshot shows a query editor with SPARQL code and a table of results. P4 shows a query for 'Novo subtipo de software' with one result. P5 shows a query for 'deviations' with one result. P6 shows a query for 'amount' with one result.

Figura 4 – Consultas SPARQL e Resultados das Perguntas de Competência: P4, P5 e P6.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

The figure displays four screenshots of SPARQL query results, labeled P7, P7.1, P8, and P8.1. Each screenshot shows a query editor with SPARQL code and a table of results. P7 shows a query for 'amount' with one result. P7.1 shows a query for 'amount' with one result. P8 shows a query for 'amount' with one result. P8.1 shows a query for 'Processos de Mudanças e Liberação' with one result.

Figura 5 – Consultas SPARQL e Resultados das Perguntas de Competência: P7, P7.1, P8 e P8.1.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No Passo 4, para gerar o arquivo RDF utilizou-se o software *Notepad++* com a sintaxe *Turtle* para representar as triplas referentes aos atributos necessários para a conversão dos códigos gerados no Passo 3 em retorno às perguntas de competência para o formato semântico, utilizando a ontologia BPMN 1.1 *Ontology*. As propriedades e classes que compõem as triplas RDF geradas, que são passíveis de interpretação por parte de computadores por meio de softwares denominados raciocinadores, respondendo às perguntas de competência, conforme mostra o Quadro 2. No Passo

5, por meio das correspondentes consultas SPARQL, executadas no banco de dados RDF GraphDB Free v9.6.0 (Ontotext, 2023), sobre grafo RDF resultante, foi possível obter, precisamente, respostas para as perguntas de competência em relação ao modelo de processo de negócio analisado. Tais consultas e resultados são descritos nas Figuras 3, 4 e 5.

Considerando os resultados das perguntas de competência (Figuras 3, 4 e 5) em relação ao processo analisado, pode-se concluir que: (i) P1 – o processo foi modificado pela última vez em 2019, portanto sugere-se uma atualização do mesmo; (ii) P2 – o processo foi criado pelo autor “Maurício”; (iii) P3 – o fluxo do processo é executado por seis áreas funcionais e/ou atores (Gerente de Operação, Supervisor Devops, Desenvolvedor, Product Owner, Analista de Mudanças e Analista de Suporte), o que mostra uma certa complexidade em sua execução por interceptar diversos atores/setores; (iv) P4 – o processo é identificado como “Nova Solução de Software”; (v) P5 e P6 – o processo executa um total de vinte tarefas e três decisões; (vi) P7 – o processo não apresenta evento de interrupção no seu tempo de execução; (vii) P8 – o processo possui somente um subprocesso (Processo de Mudanças e Liberações), do qual não foi possível extrair informações já que o mesmo não se encontrava modelado.

Discussão

Foi realizada uma breve comparação entre os resultados obtidos neste trabalho com os resultados obtidos em trabalhos relacionados. Os resultados obtidos nos trabalhos relacionados podem ser classificados em cinco categorias:

- Desenvolvimento de ontologias próprias de acordo com os modelos de processos de negócio, conforme os trabalhos de Fanesi, Cacciagrano e Hinkelmann (2015), Figueiredo e Oliveira (2019, 2018), Huang *et al.* (2017), Ternai (2015), e Ternai, Török e Varga (2016);
- Análise e aplicação de meta-modelos e ontologias existentes, conforme os trabalhos de Guido, Pandurino e Paiano (2016) e Szabó e Ternai (2016);
- Desenvolvimento de ontologias baseadas nas versões da notação BPMN, conforme os trabalhos de Natschläger (2011) e Rospoche, Ghidini e Serafini (2014);
- Desenvolvimento de ferramenta para automatizar as conversões, conforme os trabalhos de Figueiredo e Oliveira (2019, 2018), Huang *et al.* (2017), e Ternai (2015), Szabó e Ternai (2016);
- Consultas SPARQL a partir da ontologia do modelo do processo, conforme os trabalhos de Figueiredo e Oliveira (2019, 2018).

Perante esses resultados obtidos pelos trabalhos relacionados, pode-se dizer que o método proposto se classifica como: (i) aplicação de ontologias existentes, pois utilizou a BPMP 1.1 Ontology; (ii) embora não tenha desenvolvido ferramentas específicas para automatizar o processo de conversão, utilizou-se de ferramentas existentes para tornar o processo semiautomatizado; e (iii) consultas SPARQL a partir da ontologia do modelo do processo.

Pode-se considerar que os resultados gerados pelo método de conversão proposto trouxeram retornos precisos às consultas SPARQL, embora o processo para obtenção dos mesmos tenha ocorrido de forma consideravelmente rápida. Este fato se deve a dois fatores: primeiramente, porque se refere ao uso dos elementos de uma ontologia já existente, não sendo necessária a criação de uma ontologia própria; e segundo, porque se refere ao fato da utilização de ferramentas já disponíveis, como, por exemplo, o banco de dados RDF GraphDB.

É possível destacar os benefícios e facilidades trazidos pelo método, tais como:

- Criação sistemática de uma base de conhecimento de processos de negócio e suas diferentes versões ao longo do tempo;
- Facilidade de busca precisa por informações importantes para auxiliar a aplicação e aprimoramento dos processos de negócio, bem como as tomadas de decisão na organização;
- Conhecimento gerado automaticamente via inferência ontológica sobre os dados;
- Expertise de especialistas registrada sistematicamente e de forma que possa ser reutilizada;
- Aumento da produtividade e desempenho, considerando que o método proposto provê conhecimento que outrora demandaria mais tempo para ser obtido e assimilado;
- Redução do grau de dependência do conhecimento tácito dos empregados da empresa.

Conclusão

Neste trabalho, apresentou-se um método para conversão de modelos de processo de negócio, descrito sob a notação BPMN, em grafos de conhecimento semânticos (grafos RDF), com conteúdo necessário para que computadores possam realizar o retorno das perguntas de competência de forma automática, auxiliando assim à tomada de decisão por parte dos gestores, por meio de informações extraídas dos modelos de processos de negócio.

O método de conversão foi corroborado por meio do estudo de caso apresentado, o qual demonstrou que é possível extrair indicadores por meio de dados semânticos oriundos da modelagem dos processos. Este trabalho também propôs um conjunto de perguntas de competência capaz de gerar 12 indicadores para cada processo da organização.

Pode-se concluir que por meio do método proposto, para a modelagem de cada processo de negócio da organização, é possível obter indicadores que auxiliam nas tomadas de decisão, tais como: atualização do processo, quantidade de áreas funcionais pelas quais o fluxo do processo é executado, quais são essas áreas funcionais, o total de atividades executadas no processo, o total de decisões que devem ser tomadas ao decorrer do fluxo do processo, o tempo de interrupção que o processo pode causar, e os subprocessos aninhados ao processo em questão.

Como continuação, alguns trabalhos futuros estão previstos, a saber: (i) a aplicação do método proposto em uma organização que já possua todos os seus processos modelados em BPMN, visando obter o conjunto de indicadores de todos os processos organizacionais, bem como identificar outras possíveis questões de competência; e (ii) desenvolvimento de uma ferramenta para geração automática do grafo RDF e das consultas SPARQL, bem como comunicação com o banco de dados RDF, em um único ambiente, assim como a exibição dos indicadores no formato de tabelas e gráficos.

Referências

- Association of Business Process Management Professionals. *BPM CBOK V4.0: Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio*: Corpo Comum de Conhecimento. Brasília, DF: ABPMP Brasil, 2020.
- Antoniou, G. et al. *A Semantic Primer*. 3. ed. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2012.
- Beckett, D. et al. *RDF 1.1 Turtle: Terse RDF Triple language*. [S. l.]: W3C Recommendation, 2014. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/turtle/>. Acesso em: 12 set. 2022.
- Bizagi. *Bizagi Modeler*. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.bizagi.com/>. Acesso em: 20 out. 2022.
- Dresch, A.; Lacerda, D.P.; Antunes, J.A.V.J. *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2020.

- Fanesi, D.; Cacciagrano, D. R.; Hinkelmann, K. Semantic Business Process Representation to Enhance the Degree of BPM Mechanization: An Ontology. *In: International Conference on Enterprise Systems, 2015, Basel, Switzerland. US: IEEE, 2015. p. 21-32. Doi: <https://doi.org/10.1109/ES.2015.10>.*
- Figueiredo, L. R. *Mapeamento de Modelos de Processos de Negócio para Ontologias, incluindo sistema de consultas*. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo, 2018.
- Figueiredo, L. R.; Oliveira, H. C. Automatic Generation of Ontologies from Business Process Models. *In: International Conference on Enterprise Information Systems, 20th., Madeira, Portugal, 2018. Proceedings [...]. Madeira, Portugal, 2018. v. 2, p. 81-91. Doi: <https://doi.org/10.5220/0006709100810091>.*
- Figueiredo, L. R.; Oliveira, H. C. Automatic Mapping of Business Process Models for Ontologies with an Associated Query System. *In: Hammoudi, S. et al. (ed.). Enterprise Information Systems: ICEIS 2018. [S. l.]: Springer, 2019. p. 215-238. Lecture Notes in Business Information Processing, v. 363. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26169-6_11.*
- Fondazione Bruno Kessler. *The BPMN 2.0 Ontology v0.4. [S. l.]: Data & Knowledge Management, 2014. Disponível em: <https://dkm.fbk.eu/bpmn-ontology>. Acesso em: 10 set. 2022.*
- Guido, A. L.; Pandurino, A.; Paiano, R. An Ontological Meta-model for Business Process Model and Notation (BPMN). *International Journal of Business Research and Management, v. 7, n. 3, p. 40-52, 2016.*
- Huang, Y. et al. Business process modeling algorithm based on ontology language. *Journal of System Simulation, v. 29, n. 10, p. 2282-2290, 2017. Doi: <https://doi.org/10.16182/j.issn1004731x.joss.201710008>.*
- Jacyntho, M. D. A. *Um modelo de bloqueio multigranular para RDF*. 107 f. Tese (Doutorado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- Kchaou, M. et al. Transformation of BPMN Model into an OWL2 Ontology. *In: International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, 16., 2021, Setúbal, Portugal. Proceedings [...]. Setúbal, Portugal: ScitePress, 2021. p. 380-388. Doi: <https://doi.org/10.5220/0010479603800388>.*
- Mertens, S. et al. Integrated declarative process and decision discovery of the emergency care process. *Information Systems Frontiers, v. 24, p. 305-327, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10078-5>.*
- Natschläger, C. Towards a BPMN 2.0 Ontology. *In: Dijkman, R.; Hofstetter, J.; Koehler, J. (ed.). Business Process Model and Notation. Berlin: Springer, 2011. p. 1-15. (Lecture Notes in Business Information Processing, v. 95). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-25160-3_1.*
- Noy, N. F., McGuinness, D. L. *Ontology Development 101: A guide to creating your first ontology*. Stanford, CA: Stanford Knowledge Systems Laboratory, 2001. Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880.
- Object Management Group. *Business Process Model and Notation (BPMN): Version 2.0*. Milford, MA: Object Management Group, 2011. Disponível em: <http://www.bpmn.org/>. Acesso em: 18 set. 2022.
- Ontotext. *Ontotext GraphDB*. New York: Ontotext, 2023. Disponível em: <https://www.ontotext.com/products/graphdb/>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- Peppers, K. et al. A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.*
- Pérez, J.; Arenas, M.; Gutierrez, C. Semantics and Complexity of SPARQL. *ACM Transactions on Database Systems, v. 34, n. 3, p. 145, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1145/1567274.1567278>.*
- Rospocher, M.; Ghidini, C.; Serafini, L. An ontology for the Business Process Modeling Notation. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, v. 267, p. 133-146, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.3233/978-1-61499-438-1-133>.*
- Szabó, I.; Ternai, K. Semantic Audit Application for Analyzing Business Processes. *In: Tjoa, A. et al. (ed.). Research and practical issues of enterprise information systems: CONFENIS 2016. [S. l.]: Springer, 2016. p. 3-5. (Lecture Notes in Business Information Processing, v. 268). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-49944-4_1.*
- Ternai, K. Semi-automatic Methodology for Compliance Checking on Business Processes. *In: Kö, A.; Francesconi, E. (ed.). Electronic Government and the Information Systems Perspective: EGOVIS 2015. [S. l.]: Springer, 2015. p. 243-256. (Lecture Notes in Computer Science, v. 9265). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-22389-6_18.*

Ternai, K.; Török, M.; Varga, K. Corporate Semantic Business Process Management. *In: Gábor, A.; Kő, A. (ed.). Corporate Knowledge Discovery and Organizational Learning. [S. l.]: Springer, 2016. p. 33-57. (Knowledge Management and Organizational Learning, v. 2). Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-28917-5_2.*

Workflow Management Coalition. *Workflow Standard: Process Definition Interface – XML Process Definition Language. Version 2.2. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <http://www.xpdl.org/>. Acesso em: 29 set. 2022.*

World Wide Web Consortium. *W3C Semantic Web Activity. [S. l.: s. n.], 2022a. Disponível em: <https://www.w3.org/2001/sw/>. Acesso em: 18 set. 2022.*

World Wide Web Consortium. *Web Ontology Language. [S. l.: s. n.], 2022b. Disponível em: <https://www.w3.org/OWL/>. Acesso em: 18 set. 2022.*

Yanuarifiani A. P.; Laksitowening, K. A.; Wibowo, Y. F. A. A methodology in selecting enterprise architecture framework for corporate information factory. *In: International Conference on Science in Information Technology, 2015, Yogyakarta, Indonesia. Proceedings [...]. Yogyakarta, Indonesia: IEEE, 2015. p. 106-109. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICSITech.2015.7407786>.*

Zhang, J. et al. Ontology acquisition method for business process modelling and improvement. *In: International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 4th., 2008, Dalian, China. Proceedings [...]. Dalian, China: IEEE, 2008. p. 1-4. Doi: <https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.2950>.*

Colaboradores

Conceitualização: M. C. SALVADOR; A. V. SILVA; S. V. SILVA e M. D. A. JACYNTHO. Aquisição de financiamento: S. V. SILVA. Metodologia: M. C. SALVADOR e S. V. SILVA. Escrita – original rascunho: M. C. SALVADOR e S. V. SILVA. Escrita – revisão e edição: M. C. SALVADOR; A. V. SILVA; S. V. SILVA e M. D. A. JACYNTHO.