



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

# **Interoperabilidade Organizacional: uma abordagem com Ontologia de Processos Intensivos em Conhecimento e Sistemas Multiagentes**

Yuri Rodrigues Fialho

Dissertação apresentada como requisito parcial para conclusão do  
Mestrado Profissional em Computação Aplicada

Orientador  
Prof. Dr. Edison Ishikawa

Brasília  
2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

FF439i FIALHO, YURI RODRIGUES  
Interoperabilidade Organizacional: uma abordagem com  
Ontologia de Processos Intensivos em Conhecimento e  
Sistemas Multiagentes / YURI RODRIGUES FIALHO; orientador  
Edison Ishikawa. -- Brasília, 2022.  
98 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em  
Computação Aplicada) -- Universidade de Brasília, 2022.

1. operações militares. 2. processos intensivos em  
conhecimento. 3. sistemas multiagentes. I. Ishikawa,  
Edison, orient. II. Título.



# Dedicatória

*Dedico este trabalho à minha abençoada família. À minha amada esposa Mirella, minha companheira de todas as horas. Às minhas filhas Letícia e Sofia, as quais são meu legado e minha felicidade. Aos meus pais que, com toda paciência e abnegação, me possibilitam chegar até aqui.*

# Agradecimentos

O resultado de um trabalho não é mérito de uma única pessoa, mas de um conjunto de pessoas, que de alguma forma contribuíram para o seu resultado. Desse modo, é necessário reconhecer todos àqueles que contribuíram.

À minha família, em especial à minha esposa, Mirella Fialho. Às minhas filhas, Leticia Fialho e Sofia Fialho, minhas princesas. Agradeço a vocês pelo apoio e compreensão em todos os momentos que passamos, bons e desafiadores.

Ao estimado amigo Nivando Araújo Cavalcante, companheiro desta e de outras jornadas, pelo apoio, pelas horas de estudo compartilhadas e, principalmente, pela leal amizade. Agradeço a Deus a oportunidade de conhecer pessoas ímpares.

Ao meu Orientador, professor doutor Edison Ishikawa, pela disposição, pela atenção, pelo profissionalismo e abnegação em prol dos alunos, em particular a minha pessoa. Aprendi muito tanto na parte acadêmica como para a vida com esse tão renomado docente.

Ao professor doutor Marcelo Marotta, por quem tenho elevada estima, respeito e admiração. Agradeço pela paciência, pela atenção, pelos ensinamentos e pela grande contribuição neste projeto de pesquisa.

Ao professor doutor Ricardo Choren Noya, ao professor doutor Márcio de Carvalho Victorino e à professora doutora Célia Ghedini Ralha, pela disponibilidade em constituir a banca de defesa de mestrado e qualificação. Todas as contribuições foram de grande valor para o resultado deste trabalho.

Ao Exército Brasileiro por me possibilitar realizar este mestrado. Ao Centro de Desenvolvimento de Sistemas, organização militar a qual estou vinculado, e os meus chefes pela compreensão e apoio durante todo o curso.

Ainda, este trabalho foi patrocinado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF), no âmbito do projeto "Sistemas de informações organizacionais flexíveis baseados em processo de negócio com orientação semântica contextual"; outorga SEI 00193-00000096/2019-78.

Por fim, agradeço à Universidade de Brasília pela oportunidade de realizar este tão conceituado curso. Em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada e aos seus dedicados professores.

# Resumo

A interoperabilidade organizacional é importante para que as organizações consigam trabalhar em conjunto e de maneira colaborativa, de modo a alcançar um objetivo em comum. A interoperabilidade neste nível envolve a integração de diversos órgãos, com aquisição, compartilhamento, armazenamento e uso de conhecimento que, normalmente, dependem de seus executores. Dessa forma, os processos desse nível são considerados Processos Intensivos em Conhecimento (PIC). Os estudos neste nível de interoperabilidade são restritos aos processos estruturados, havendo carência em trabalhos cuja abordagem seja processos não estruturados. Este trabalho seguiu a metodologia *Design Science Research*, focando na resolução desta lacuna de pesquisa, utilizando *Knowledge-Intensive Processes Ontology* e Sistemas Multiagentes. Para isso, é apresentado o modelo Motirão que consegue estabelecer a interoperabilidade em todos os níveis, atendendo, ainda, os PIC e os processos estruturados em contextos dinâmicos e voláteis. A avaliação foi realizada em três diferentes cenários, sendo o Plano de Contingência da prefeitura de Belo Horizonte um deles, o qual foi aplicado um questionário com as características do *Maturity Model for Enterprise Interoperability* para verificar a capacidade do protótipo do modelo em realizar a interoperabilidade operacional. Por fim, após realizada a avaliação, concluiu-se que o modelo consegue realizar a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis, além de apoiar os executores do PIC na tomada de decisão.

**Palavras-chave:** operações militares, processos intensivos em conhecimento, sistemas multiagentes

# Abstract

Organizational interoperability is considered an important asset for organizations, onde it enable them to work together and collaborative way in order to achieve common goals. At this level, interoperability involves the integration of different agencies, with acquisition, sharing, storing and knowledge use would typically be dependent on the executors alone. Thus, processes at this level are considered Knowledge-Intensive Processes (KIP). Studies at this level of interoperability are restricted to structured processes, with a lack of studies that approach unstructured processes. This work followed the Design Science Research methodology, focusing on solving this research gap, by using Knowledge-intensive Processes Ontology and Multi-Agent Systems. For this, the Motirõ model is presented, once it is capable of establishing interoperability at all levels, also meeting the KIPs and processes structured in dynamic and volatile contexts. The evaluation was carried out in three different scenarios, one of them being the Belo Horizonte City Contingency Plan, where a questionnaire with the characteristics of the Maturity Model for Enterprise Interoperability was applied to verify the ability of the model prototype to perform operational interoperability. Finally, after carrying out the evaluation, it was concluded that the model is able to achieve organizational interoperability in dynamic and volatile contexts, in addition to supporting PIC executors in the decision-making.

**Keywords:** military operations, knowledge-intensive processes, multi-agent systems

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Motivação . . . . .	1
1.2	Objetivos . . . . .	3
1.3	Metodologia . . . . .	4
1.4	Estrutura do Documento . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>6</b>
2.1	Operações Interagências . . . . .	6
2.2	Interoperabilidade . . . . .	8
2.3	Knowledge-Intensive Processes Ontology . . . . .	10
2.4	Sistemas Multiagentes . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Revisão do Estado da Arte</b>	<b>16</b>
3.1	Revisão Sistemática da Literatura . . . . .	16
3.2	Análise dos Trabalhos Seleccionados . . . . .	17
3.3	Comparação entre os Trabalhos Seleccionados . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Proposta</b>	<b>25</b>
4.1	O Motirão . . . . .	25
4.1.1	Nível Okara . . . . .	26
4.1.2	Nível Tuixaua . . . . .	35
4.1.3	Nível Paresar . . . . .	37
<b>5</b>	<b>Protótipo</b>	<b>40</b>
5.1	Motor de Fluxo de Processo Não Estruturado e do Controle da Interface de Operação . . . . .	40
5.2	Os Agentes e o Serviço Externo . . . . .	43
5.3	Interface Web . . . . .	45



<b>6</b>	<b>Avaliação</b>	<b>47</b>
6.1	Processo Genérico de Controle . . . . .	50
6.2	Processo Scrum . . . . .	52
6.3	Processo de Contenção de Desastre . . . . .	55
<b>7</b>	<b>Conclusão e Trabalhos Futuros</b>	<b>59</b>
	<b>Referências</b>	<b>61</b>
	<b>Apêndice</b>	<b>66</b>
<b>A</b>	<b>Requisitos do modelo com a Tropos</b>	<b>67</b>
A.1	Projeto do Artefato . . . . .	67
A.1.1	Requisitos Iniciais . . . . .	67
A.1.2	Requisitos Finais . . . . .	69
A.1.3	Projeto Arquitetural . . . . .	70
A.1.4	Projeto Detalhado . . . . .	70
<b>B</b>	<b>Questionário de Avaliação do Cenário do Processo Scrum</b>	<b>71</b>
<b>C</b>	<b>Questionário de Avaliação do Cenário do Processo de Contenção de Desastre</b>	<b>74</b>
<b>D</b>	<b>Respostas da Avaliação do Cenário do Processo Scrum</b>	<b>76</b>
D.1	Sobre o universo pesquisado . . . . .	76
D.2	Sobre o processo, o sistema e as informações constantes nele. . . . .	77
<b>E</b>	<b>Respostas da Avaliação do Cenário do Processo de Contenção de Desastre</b>	<b>81</b>
E.1	Sobre o universo pesquisado . . . . .	81
E.2	Sobre o processo, o sistema e as informações constantes nele. . . . .	82

# Lista de Figuras

1.1	Etapas da <i>Design Science Research</i> . . . . .	4
2.1	Tipos de Operações Interagências . . . . .	7
2.2	Níveis de Colaboração Interagências . . . . .	7
2.3	Níveis de Interoperabilidade . . . . .	9
4.1	Influências na execução conjunta do processo . . . . .	26
4.2	Arquitetura Detalhada do Motirõ. . . . .	27
4.3	Extensão da KIPO com conceitos da ODD-BP. . . . .	30
4.4	Conceitos da ODD-BP utilizados na KIPO para os estados de execução do processo (a) e Conceitos da ODD-BP utilizados na KIPO para representar se condições do processo foram satisfeitas (b). . . . .	31
4.5	Conceitos da ODD-BP utilizados na KIPO para identificar se um determinado conceito do processo é relevante (a) e Extensão na KIPO para representar a magnitude de um risco (b). . . . .	32
4.6	Exemplo de processo genérico com as inferências . . . . .	34
4.7	Comportamento de Registro ao Iniciar (a) e Comportamento de Servir Informações (b). . . . .	36
4.8	Comportamento de Monitoramento dos Agentes Integradores (a) e Comportamento do Monitoramento de Processo (b). . . . .	36
4.9	Comportamento de Registro ao Iniciar . . . . .	38
4.10	Comportamento de Execução Normal (a) e Comportamento de Servir Informações (b). . . . .	39
5.1	Arquitetura do Protótipo do Motirõ . . . . .	41
5.2	Acesso as Interfaces na ferramenta Postman . . . . .	43
5.3	Dashboard SPADE - Nível Tuixaua - Agente Orquestrador . . . . .	44
5.4	Tela do protótipo da Interface Web . . . . .	46
6.1	Processo de Controle Não Preenchido . . . . .	50
6.2	Tela de Controle de Objeto de Dados do Protótipo . . . . .	51

6.3	Tela de Edição do Processo . . . . .	51
6.4	Processo de Confecção do Backlog do Produto . . . . .	52
6.5	Processo de Confecção do <i>Backlog</i> do Produto após execução . . . . .	54
6.6	Processo Scrum - Extrato da tela protótipo pós-execução. . . . .	54
6.7	Processo Scrum - Valores Médios das Respostas. . . . .	55
6.8	Processo Instauração do PCL do Plano de Contingência de BH . . . . .	57
6.9	Processo de Contenção de Desastre - Valores Médios das Respostas. . . . .	58
A.1	Diagrama Tropos para os Requisitos Iniciais . . . . .	68
A.2	Diagrama Tropos para os Requisitos Finais . . . . .	69
A.3	Diagrama Tropos para o Projeto Arquitetural . . . . .	70

# Lista de Tabelas

2.1	Características dos Agentes de <i>Softwares</i> . . . . .	15
3.1	Bases consultadas e resultados . . . . .	17
3.2	Lista de trabalhos selecionados . . . . .	18
3.3	Comparação com os trabalhos relacionados . . . . .	23
6.1	Barreiras e Preocupações da Interoperabilidade . . . . .	48
6.2	Valores das respostas do MMEI . . . . .	49
D.1	Respostas ao Q1. Nível Escolaridade. . . . .	76
D.2	Respostas ao Q2. Experiência em métodos ágeis. . . . .	76
D.3	Respostas ao Q3. Função no time. . . . .	76
D.4	Respostas ao Q4. Uso do Scrum com equipes remotas. . . . .	77
D.5	Respostas ao Q5. Frequência de uso com equipes remotas. . . . .	77
D.6	Respostas ao Q6. Auxílio na tomada de decisão. . . . .	77
D.7	Respostas ao Q7. Clareza e capacidade de descrição dos aspectos legais e estratégicos da organização. . . . .	77
D.8	Respostas ao Q8. Papéis e responsabilidades dos participantes. . . . .	77
D.9	Respostas ao Q9. Negociação dinâmica. . . . .	78
D.10	Respostas ao Q10. Compreensão do processo. . . . .	78
D.11	Respostas ao Q11. Integração e trabalho conjunto. . . . .	78
D.12	Respostas ao Q12. Capacidade de adaptação. . . . .	78
D.13	Respostas ao Q13. Padrões e alinhamento com outros processos. . . . .	78
D.14	Respostas ao Q14. Identificação dos sistemas informatizados. . . . .	79
D.15	Respostas ao Q15. Composição de sistemas informatizados. . . . .	79
D.16	Respostas ao Q16. Preparação da composição dos sistemas. . . . .	79
D.17	Respostas ao Q17. Compartilhamento das informações. . . . .	79
D.18	Respostas ao Q18. Proteção das informações. . . . .	79
D.19	Respostas ao Q19. Anotação semântica das informações. . . . .	80
E.1	Respostas ao Q1. Nível Escolaridade. . . . .	81

E.2	Respostas ao Q2. Quanto a função atual. . . . .	81
E.3	Respostas ao Q3. Participação em operações ou atividades com outros órgãos. . . . .	81
E.4	Respostas ao Q4. Necessidade de estabelecimento de padrões. . . . .	82
E.5	Respostas ao Q5. Quanto a dificuldade. . . . .	82
E.6	Respostas ao Q6. Auxílio na tomada de decisão. . . . .	82
E.7	Respostas ao Q7. Clareza e capacidade de descrição dos aspectos legais e estratégicos da organização. . . . .	82
E.8	Respostas ao Q8. Papéis e responsabilidades dos participantes. . . . .	82
E.9	Respostas ao Q9. Compartilhamento das informações. . . . .	83
E.10	Respostas ao Q10. Compreensão do processo. . . . .	83
E.11	Respostas ao Q11. Identificação dos sistemas informatizados. . . . .	83
E.12	Respostas ao Q12. Proteção das informações. . . . .	83

# Lista de Abreviaturas e Siglas

**AoT** *Agent of Things.*

**API** *Application Programming Interface.*

**BPML** *Business Process Modeling Language.*

**BPMN** *Business Process Model and Notation.*

**CCop** *Centro de Coordenação de Operações.*

**CMMN** *Case Management Model and Notation.*

**CSV** *Comma-Separated-Values.*

**DSR** *Design Science Research.*

**e-GIF** *Government Interoperability Framework.*

**e-PING** *Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico.*

**EIF** *European Interoperability Framework.*

**FA** *Forças Armadas.*

**FIPA** *Fundation for Intelligent Physical Agents.*

**I STAR** *Intentional Strategic Actor Relationships modeling.*

**IoT** *Internet das Coisas.*

**JSON** *JavaScript Object Notation.*

**KIPO** *Knowledge-Intensive Processes Ontology.*

**LCIM** *Level of Conceptual Interoperability Model.*

**LGPD** *Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.*

**LISI** *Level of Information System Interoperability.*

**MMEI** *Maturity Model for Enterprise Interoperability.*

**MWNE** *Motor de Fluxo de Processo Não Estruturado.*

**ODD-BP** *Ontology- and Data-Driven Bussines Process Model.*

**OIM** *Organizationl Interoperability Model.*

**OWL** *Web Ontology Language.*

**PCL** *Posto de Comando Local.*

**PIC** *Processos Intensivos em Conhecimento.*

**PO** *Product Owner.*

**REST** *REpresentational State Transfer.*

**RSL** *Revisão Sistemática da Literatura.*

**SM** *Scrum Master.*

**SMA** *Sistemas Multiagentes.*

**SOA** *Service Oriented Architectures.*

**SOAP** *Simple Object Access Protocol.*

**SoIS** *Sistemas-de-Sistemas de Informações.*

**SPADE** *Smart Python Agent Development Environment.*

**SPARQL** *Protocol and RDF Query Language.*

**UML** *Unified Modeling Language.*

**WSDL** *Web Services Description Language.*

**XML** *eXtensible Markup Language.*

**XMPP** *Extensible Messaging and Presence Protocol.*

# Capítulo 1

## Introdução

A interoperabilidade é a capacidade de entidades, produtos ou sistemas diferentes trocarem informações uns com os outros e utilizarem essas informações em prol de um objetivo maior [1, 2]. Um dos níveis de interoperabilidade é o organizacional. Nesse nível, foca-se na formalização dos processos de negócio e no sistema de decisão, onde as documentações e processos das entidades são preparados para interagir e prestar um determinado serviço [3, 4]. No entanto, obter essa interoperabilidade não é algo trivial.

Devido à dificuldade de se alcançar a interoperabilidade organizacional, observa-se que 60% dos projetos de governo eletrônico, cujo objetivo é realizar essa integração, falham. As falhas ocorrem devido ao estabelecimento de propósitos inadequados e por não considerar o contexto dinâmico e as peculiaridades das organizações envolvidas [5]. Além disso, segundo os trabalhos [4, 6], muitos estudos buscam e trabalham com a interoperabilidade técnica e semântica, contudo, poucos focam na interoperabilidade organizacional, principalmente no contexto civil-militar. Assim, observa-se a necessidade de estudos voltados para a interoperabilidade organizacional.

### 1.1 Motivação

A interoperabilidade organizacional permite que as organizações trabalhem em redes colaborativas [4], pois trata a compatibilidade entre os requisitos de negócio, políticas organizacionais e intenções. Essas redes colaborativas possibilitam que as organizações coordenem esforços para atingir um objetivo em comum e evitar o desperdício de recursos [7]. Além disso, a interoperabilidade organizacional possibilita que os participantes entendam os serviços ofertados e em quais contextos podem ser utilizados [8], resolvendo diversos problemas.

A interoperabilidade organizacional, dentre outros, resolve os problemas relacionados às definições de papéis e responsabilidades dos agentes no fluxo; à definição da integridade



e da política de confidencialidade das informações e dos mecanismos necessários a sua localização e divulgação; aos estabelecimentos dos procedimentos de execução suportados pelos trabalhos colaborativos; à definição de processos intermediários que realizarão a conexão entre duas organizações; e à permissão de colaboração entre serviços de diferentes organizações nas suas operações [4]. Outro aspecto é que, apenas, na interoperabilidade organizacional há o estabelecimento da compatibilidade dos requisitos de negócio entre os participantes, com a definição das regras de negócio, políticas, intenções e com a capacidade de entender os serviços que estão sendo ofertados e em quais contextos podem ser utilizados [8].

Nos estudos recentes que tratam a interoperabilidade organizacional, tanto na integração civil-civil como na civil-militar, as soluções reais são baseadas na descoberta, seleção e composição de serviço de um domínio específico em tempo de projeto [8]. A maioria dos trabalhos observados trata os processos envolvidos como processos estruturados, com utilização de modelagem como: *Business Process Model and Notation* (BPMN) [9, 10], *Case Management Model and Notation* (CMMN)[11, 12] e *Unified Modeling Language* (UML) [13], com tentativas de inclusão de dinamismo no fluxo de processo. Contudo, este tipo de abordagem não é adequado e não promove uma efetiva colaboração entre os participantes, pois mudanças de contexto podem ocorrer em tempo de execução [8].

Os processos produtivos e administrativos são tradicionalmente trabalhos estruturados e bem definidos. No entanto, existem funções de negócios que são colaborativas e que envolvem processos não estruturados, ou seja, são funções de negócio dinâmicas e com pouca previsibilidade. Os processos de diagnóstico médico e as operações em socorro a vítimas de calamidades são exemplos de processos dinâmicos, nos quais a BPMN não é capaz de suportar adequadamente [14, 11, 15]. No caso do diagnóstico médico, há uma necessidade de decisão fortemente centrada no conhecimento do médico e que, dependendo da evidência, sua experiência, do paciente e do contexto, a decisão e o fluxo do processo podem ser totalmente alterados [14]. Outro caso, é a interoperabilidade nas operações militares, pois, por mais que se planeie, o seu desencadear é imprevisível. As operações de apoio às populações vítimas de calamidades, por exemplo, não podem prever quais órgãos participarão deste apoio, pois um desastre é imprevisível. Assim, observa-se que a imprevisibilidade e a dependência da experiência de seus executores são características desses processos, os quais são conhecidos como Processos Intensivos em Conhecimento (PIC) [15].

Os PIC normalmente compreendem uma sequência de atividades baseadas na aquisição, compartilhamento, armazenamento, uso e reuso do conhecimento pelos executores dos processos [16]. Além disso, lidam com definições difusas e tácitas, decisões imprevisíveis, tarefas e fluxos guiados pela criatividade, com execução dinâmica baseada na

experiência dos executores. Por isso, esses processos são mais complexos, dificultando representá-los com modelos tradicionais, com fluxos e atividades bem definidas. O trabalho [6] apresentou uma modelagem de PIC para representar processos que envolvem interoperabilidade, utilizando uma ontologia denominada *Knowledge-Intensive Processes Ontology* (KIPO). Nesse trabalho, conclui-se que a KIPO pode ser uma alternativa para representar processos que necessitam interoperar através de sistemas.

Observando-se a interoperabilidade organizacional nos cenários onde há características dos PIC, é possível concluir que o contexto é dinâmico e volátil, com a necessidade de aplicação de um grande esforço de colaboração entre os agentes decisores apoiado nas experiências e conhecimentos dos atores. Ainda, observa-se a dificuldade de saber previamente tudo que pode acontecer, devido à volatilidade do ambiente, onde agentes e organizações podem ingressar e sair do contexto a qualquer momento. Dada essa volatilidade do ambiente, o trabalho [17] apresentou uma solução conceitual utilizando a capacidade de ações flexíveis dos Sistemas Multiagentes (SMA) para interoperabilidade organizacional, contudo sem considerar os PIC. Portanto, com base nas discussões tratadas até aqui, o problema de pesquisa deste trabalho é:

*Uma abordagem com processos estruturados não realizam adequadamente a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis.*

Ao considerar a interoperabilidade organizacional, nos contextos de grandes incertezas, e as soluções apontadas nos estudos citados anteriormente, é possível formular a seguinte hipótese de pesquisa:

*Com a utilização da KIPO e dos SMA é possível prover a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis.*

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo capaz de realizar a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis, com aplicação da KIPO e dos SMA. Para alcançar esse objetivo, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Mapear um processo de interoperabilidade no contexto das operações interagências civil-militar;
- Estender um motor de *workflow* que suporte Processos Intensivos em Conhecimento (PIC);
- Auxiliar os executores do processo através de sugestão de um possível fluxo de execução;

- Realizar a interoperabilidade entre dois sistemas utilizando o modelo proposto;
- Utilizar os SMA para alcançar a interoperabilidade entre sistemas; e
- Avaliar a solução para confirmar ou refutar a hipótese.

### 1.3 Metodologia

A metodologia que guia esta pesquisa é a *Design Science Research* (DSR), que consiste numa metodologia de pesquisa tecnológica capaz de orientar na construção do conhecimento através de desenvolvimento de artefatos [18]. Ainda, em suma, ela é composta pelas seguintes etapas, mostradas na Figura 1.1: definição do problema, revisão da literatura, sugestões de possíveis soluções, desenvolvimento de um artefato, avaliação e comunicação dos resultados.

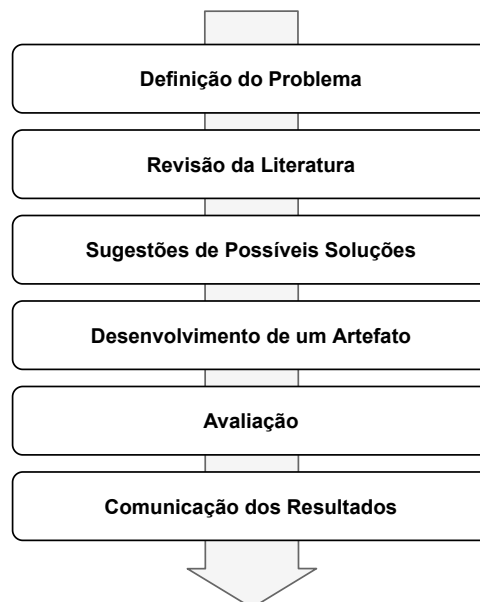


Figura 1.1: Etapas da *Design Science Research* (Fonte: [18])

1. **Definição do problema:** consiste na identificação do problema a ser solucionado, considerando o contexto (interno e externo), além das soluções satisfatórias. Assim, neste trabalho, o problema é que as abordagens modeladas com processos estruturados não realizam adequadamente a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis.
2. **Revisão da Literatura:** consiste na revisão da literatura para compreender e identificar artefatos que ofereçam compreensão do problema, além de perceber as variáveis presentes no contexto trabalhado. Esse passo foi realizado no Capítulo 3, onde foram analisados trabalhos que abordam a interoperabilidade organizacional.

3. **Sugestões de Possíveis Soluções:** nesta etapa é proposto um artefato que soluciona o problema que fora definido, onde o contexto interno e externo é novamente considerado. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar uma modelo com KIPO e SMA para realizar a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis.
4. **Desenvolvimento de um artefato:** consiste na modelagem e implementação dos artefatos, de modo a gerar conhecimento na solução do problema, melhorias ou novas soluções. Esta etapa é abordada no Capítulo 4 e no Capítulo 5, onde são apresentados o modelo proposto e um protótipo implementado do modelo.
5. **Avaliação:** nesta etapa, foi realizada a avaliação do modelo proposto e protótipo produzido em ambiente experimental de três cenários, onde os requisitos e contextos identificados na etapa de definição do problema são comparados com os resultados obtidos na avaliação. Assim, no Capítulo 6, o processo e as métricas são apresentadas, de modo a verificar a efetividade do modelo em resolver o problema.
6. **Comunicação dos Resultados:** é a etapa onde há o compartilhamento do conhecimento obtido. Neste sentido, a comunicação dos resultados desta pesquisa é formalizada na concepção deste trabalho e de artigos científicos.

## 1.4 Estrutura do Documento

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. Primeiro, no Capítulo 2, apresenta-se a base teórica necessária ao entendimento dos conceitos relacionados à interoperabilidade organizacional no contexto de operações interagências. Em seguida, no Capítulo 3, mostram-se os principais trabalhos relacionados à interoperabilidade organizacional. No Capítulo 4, sintetiza-se a proposta deste trabalho. Já no Capítulo 5, apresenta-se o protótipo do modelo. No Capítulo 6, apresenta-se como foi conduzida a avaliação para comprovar ou refutar a hipótese. Por fim, no Capítulo 7, apresentam-se as conclusões obtidas, as limitações e as sugestões de trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os principais conceitos utilizados neste trabalho. Inicialmente, realiza-se uma abordagem sobre operações interagências. Em seguida, mostra-se a ontologia de processos intensivos em conhecimentos (KIPO). Depois, apresentam-se alguns conceitos de SMA e sua importância, no contexto desta pesquisa, para facilitar a compreensão por parte dos leitores. Por fim, relaciona-se a relevância de tais conhecimentos a este trabalho.

### 2.1 Operações Interagências

Segundo [7], as operações interagências são operações de diversos tipos que envolvem interações entre as Forças Armadas (FA) e outros órgãos, Figura 2.1. As operações interagências coordenam esforços e conciliam interesses para atingir objetivos convergentes, otimizando recursos e reduzindo custos. Entretanto, no contexto dos conflitos contemporâneos, há o achatamento dos níveis decisórios (redução do espaço entre o nível tático e estratégico), o incremento das capacidades tecnológicas, a dificuldade de identificação do inimigo e a presença de diversas organizações. Nesses conflitos, a informação precisa e tempestiva é considerada uma arma. Para obter essas informações, no contexto das operações interagências, surge a necessidade de se alcançar a interoperabilidade entre os órgãos com um fluxo de informações atualizadas, permitindo uma atuação integrada, coordenada, harmônica e complementar para alcançar os objetivos estabelecidos. Portanto, as informações atualizadas são cruciais para o sucesso das operações interagências.

Além das informações, as características das operações interagências devem ser consideradas para o sucesso das mesmas. A multifuncionalidade, complexidade e interdependência são características das operações interagências [7]. Nesse sentido, a multifuncionalidade é definida pela especialidade funcional de cada ator envolvido, que, quando aplicada em conjunto, permite alcançar um objetivo em comum. Tem-se a complexidade

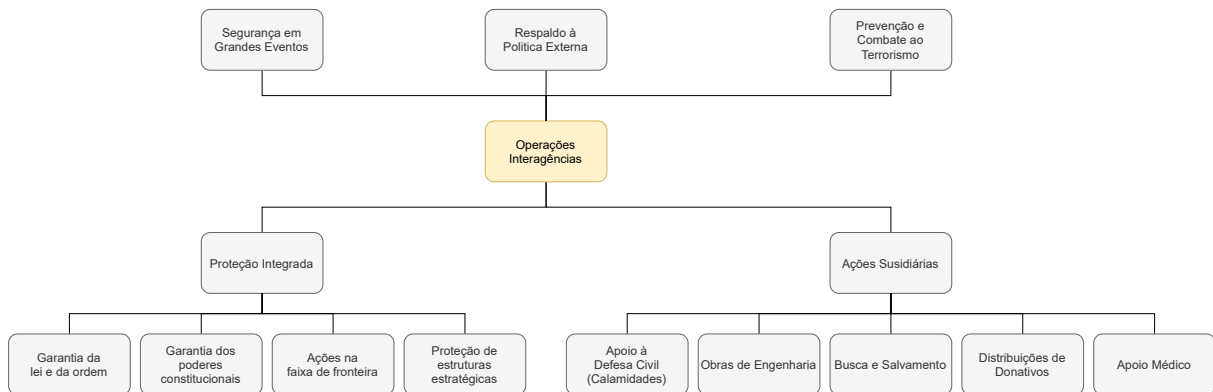


Figura 2.1: Tipos de Operações Interagências (Fonte: Elaboração Própria).

como característica das operações interagências, por elas ocorrerem em um ambiente complexo, volátil, mutável e incerto, com grupos heterogêneos, onde é exigido interação e conhecimento das especialidades, culturas e objetivos de cada órgão participante, desde o planejamento à execução. A interdependência é a característica que rege as relações de dependência mútua entre os elementos envolvidos, onde cada elemento consegue causar efeitos positivos e negativos na operação. Assim, para a correta e efetiva interoperabilidade entre todos os envolvidos, necessita-se que todas essas características sejam consideradas.

Outro aspecto importante, nas operações interagências, é o nível de colaboração entre os participantes dela [7], Figura 2.2, sendo:



Figura 2.2: Níveis de Colaboração Interagências (Fonte: [7]).

- **Minimização de Conflitos:** nível mais básico, onde os integrantes planejam com relativa independência para que um órgão não interfira nas atividades dos demais;
- **Coordenação:** nível comumente utilizado devido à fácil execução. O planejamento é realizado com relativa independência, mas com reuniões de coordenação para partilhar informações;

- **Integração:** neste nível, há atividades para apoio mútuo. No entanto, elas são desenvolvidas de forma descentralizadas. Ainda, existe a figura do coordenador de ações, que expede orientações e protocolo de entendimento. Neste nível, normalmente, existe a estruturação de um Centro de Coordenação de Operações (CCop); e
- **Parceria Genuína:** este é o nível mais alto de colaboração, com alto grau de coesão entre os envolvidos. Ocorre quando há sinergia entre os elementos com uma única estratégia e com planejamento realizado em conjunto para se alcançar um objetivo.

Devido ao elevado nível de dinamismo e volatilidade presente nas operações, um alto grau de coesão e planejamento conjunto adequado são necessários para coordenar e otimizar os recursos envolvidos e, conseqüentemente, alcançar os objetivos definidos. O dinamismo e volatilidade, características das operações interagências, permitem classificar os processos das operações como PIC. Dessa forma, os processos dessas operações, os quais poucos trabalhos analisados abordaram, podem ser utilizados no contexto desta pesquisa, para verificar se é possível estabelecer colaboração entre os participantes de operações interagências por meio da obtenção da interoperabilidade organizacional.

## 2.2 Interoperabilidade

A interoperabilidade é a capacidade de entidades, produtos ou sistemas heterogêneos e distintos trocarem informações e dados, independente da tecnologia, um com os outros para se alcançar um objetivo mútuo [1, 8]. O *Government Interoperability Framework* (e-GIF), Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico (e-PING) e *European Interoperability Framework* (EIF) são algumas iniciativas de *framework* que buscam padronizar e guiar a integração entre sistemas [6]. Entretanto, apesar de haver diversas iniciativas de *framework* para a padronização, a maioria das tentativas de interoperabilidade fracassam [5]. O fracasso é motivado por não se considerar adequadamente diversos elementos envolvidos na interoperabilidade. Entre os elementos, podem-se citar o contexto dos órgãos envolvidos e as interações, principalmente no que tange a interoperabilidade organizacional, devido à forma inadequada com que são trabalhados os processos de negócios de algumas organizações. Assim, para entender melhor a interoperabilidade e como ela é aplicada em diversos contextos, serão apresentados os níveis (camadas) da interoperabilidade.

Diferentes níveis de interoperabilidade, como a técnica, sintática, semântica e organizacional, Figura 2.3, podem ser necessários para que sistemas heterogêneos consigam interagir. Esses níveis de interoperabilidade estão organizados hierarquicamente, sendo a técnica a mais baixa e a organizacional a mais elevada [8]. Ainda, quando todos os níveis

são alcançados pelos envolvidos, tem-se a interoperabilidade plena (*Full Interoperability*). Apesar de não haver um consenso quanto a quantidade e a nomenclatura dos níveis, essa é a classificação mais aceita. A seguir, é realizada uma breve descrição de cada um dos níveis:

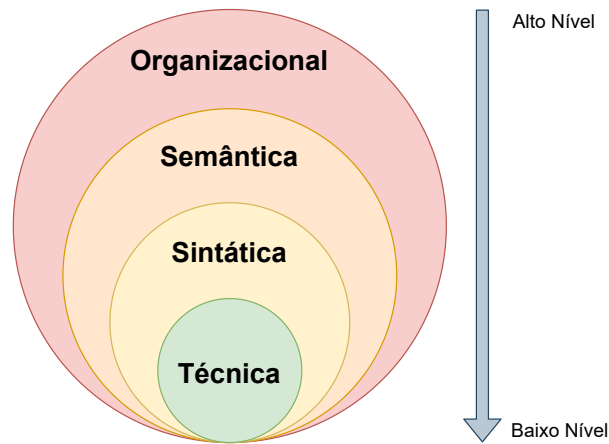


Figura 2.3: Níveis de Interoperabilidade (Fonte: Elaboração Própria).

- **Organizacional:** a interoperabilidade organizacional tem seu foco na ligação de processo entre os diferentes sistemas e organizações, onde os principais objetos são os processos e fluxos. Normalmente, as soluções são conceituais e focam nos modelos arquiteturais e na padronização de processos. O *Service Oriented Architectures* (SOA) com BPMN, *Business Process Modeling Language* (BPML), CMMN e *Web Services Description Language* (WSDL) são exemplos de soluções utilizadas. Ainda, ela trata a compatibilidade entre os requisitos de negócio através de regras de negócio, políticas organizacionais e intenções, onde os participantes devem compreender os serviços que lhes estão sendo ofertados e em quais contextos podem ser utilizados [8]. Além disso, é importante para a organização que trabalha em rede, pois está ligada a formalização do processo de negócio e no sistema de decisão, onde processos e decisões são despachados para várias organizações ou parte delas [4]. Por fim, segundo [4], a interoperabilidade organizacional resolve os seguintes problemas:
  - As definições de papéis e responsabilidades dos agentes no fluxo;
  - A definição da integridade e da política de confidencialidade das informações e dos mecanismos necessários à sua localização e divulgação;
  - Estabelecimento dos procedimentos de execução suportados pelos trabalhos colaborativos;
  - Definição de processos intermediários que realizam a conexão entre duas organizações; e



- As permissões de colaboração entre os serviços de diferentes organizações nas suas operações.
- **Semântica:** o foco da interoperabilidade semântica é no processamento e interpretação dos dados que são recebidos e trocados, onde os principais objetos são as informações. Ontologias, tesouros, diretórios comuns e chave de dados são soluções comumente empregadas nesse nível de interoperabilidade. Em outras palavras, é a capacidade de sistemas e organizações diferentes encontrarem as informações e conhecimentos necessários nos dados trocados entre eles, ou seja, seu significado.
- **Sintática:** o foco da interoperabilidade sintática é no processamento dos dados, de modo que todos os dados enviados sigam os mesmos protocolos de quem irá receber. As soluções mais aplicadas são os padrões de formato de dados, como: o *extensible Markup Language* (XML), *JavaScript Object Notation* (JSON) e *Comma-Separated-Values* (CSV). Ou seja, é o como interoperar.
- **Técnica:** o foco da interoperabilidade técnica é viabilizar tecnicamente a transferência de dados entre os integrantes. Normalmente, associada a sistemas, plataformas, *hardware*, protocolos de comunicação e infraestrutura entre sistemas [19]. As principais soluções utilizadas são a *REpresentational State Transfer* (REST), o *Simple Object Access Protocol* (SOAP) e os SMA.

A modelagem de processo, no contexto da interoperabilidade, possibilita a diminuição de custo operacional, a redução de falhas de comunicações e uma maior precisão nas decisões [6]. O trabalho [6] utilizou a KIPO para modelar a interoperabilidade entre sistemas no contexto de gestão ambiental com PIC. Nesse trabalho, os autores afirmam que a interoperabilidade em Sistemas-de-Sistemas de Informações (SoIS) envolve a necessidade de adquirir e representar o conhecimento sobre o contexto, sobre os diferentes papéis entre os envolvidos e sobre o fluxo de controle das atividades durante as fases de tomada de decisão. Assim, os autores concluíram que a KIPO pode ser uma alternativa para representar processos que necessitam interoperar.

## 2.3 Knowledge-Intensive Processes Ontology

Os modelos tradicionais frequentemente compreendem uma série de atividades bem definidas para se alcançar um objetivo [16]. Nesse sentido, os processos podem ser classificados como estruturados, semiestruturados ou não estruturados. Os processos estruturados são predefinidos, fáceis de modelar e repetitivos, estes possuem uma sequência de atividades

fixas. No caso dos processos semiestruturados, há o compartilhamento de partes estruturadas e de partes não estruturadas, onde nem todas as atividades possuem seus passos definidos. Nos processos não estruturados (ou *ad-hoc*), os fluxos de atividade são imprevisíveis, podendo mudar de uma execução para outra, além de dependerem fortemente de troca de conhecimento tácito durante sua execução. Ainda, o próximo passo é tipicamente definido pelo executor do processo (normalmente um especialista). Assim, estes tipos de processo são chamados de PIC e não são bem representados por modelos de processos tradicionais.

Os Processos Intensivos em Conhecimento (PIC) são sequências de atividades baseadas intensivamente na aquisição, compartilhamento, armazenamento, uso e reuso do conhecimento dos executores dos processos e podem mudar rapidamente dependendo do contexto. Por isso, são processos mais complexos. Além disso, os PIC lidam com definições difusas e tácitas, decisões imprevisíveis, tarefas e fluxos guiados pela criatividade, com execução dinâmica baseada na experiência dos executores [6, 14, 20]. Devido a isso, há uma dificuldade em representá-los com modelos tradicionais e com fluxos e atividades bem definidas. Ainda, segundo [16], os PIC possuem uma série de atributos que impactam na sua representação, sendo:

- **Contingência:** quando o processo pode sofrer influência significativa do ambiente;
- **Interdependência entre processos:** quando os processos possuem interdependências complexas com outros processos;
- **Complexidade do processo:** quando os processos possuem excesso de paralelismo, ações ou repetições;
- **Variabilidade:** quando o processo possui um alto grau de imprevisibilidade, ou seja, muitas possibilidades de execução;
- **Agente de inovação:** quando o agente precisa resolver problemas com criatividade e inovação, inclusive com tomada de decisões de especialistas, podendo o agente assumir um papel no processo, uma ferramenta de *workflow* ou um sistema;
- **Estrutura:** quando a estrutura do processo é pouco definida;
- **Meia vida:** quando o conhecimento adquirido na execução do processo rapidamente se torna obsoleto;
- **Agente de impacto:** quando um agente tem grande influência no resultado do processo;
- **Acesso ao conhecimento:** quando o acesso ao conhecimento é considerado difícil por ser tácito, técnico ou de julgamento individual;

- **Troca de conhecimento:** quando o conhecimento é informal ou baseado em documentação;
- **Representação do conhecimento:** quando a representação do conhecimento é normalmente realizada por dados não estruturados;
- **Controle:** quando os processos possuem objetivos vagos, com falta de clareza para a medição do processo;
- **Orientação ao fluxo de valor:** quando a estrutura do processo permite a obtenção de resultados;
- **Representação do modelo de negócio:** quando o processo integra a representação de negócio com a representação de conhecimento;
- **Priorização de tarefas:** quando é possível determinar e caracterizar quais ações de conhecimento possuem prioridades sobre outros, ou seja, que devem ser executadas primeiro, para apoio a tomada de decisão;
- **Artefatos de conhecimento:** são a representação de conhecimento diferente da representação do negócio;
- **Artefatos dinâmicos:** que permitem a representação de processos e atividades que são mutáveis conforme o contexto;
- **Representação de competências:** quando permite representar as experiências adquiridas sobre a tarefa de conhecimento de cada processo; e
- **Conceitos do domínio:** quando possibilita a representação de conceitos, de modo a contextualizar o ambiente.

Neste trabalho, foram observadas diversas abordagens para realizar a modelagem e representação dos PIC. Dentre elas podemos destacar a BPMN [21], UML, CMMN [12] e com ontologias. Quando analisada a abordagem BPMN, é possível observar que alguns aspectos importantes para a modelagem do PIC estão presentes, como: a contingência, a complexidade do processo, a variabilidade, o agente de inovação, o agente de impacto, o acesso ao conhecimento, a representação do conhecimento, a orientação ao fluxo de valor, a representação do modelo de negócio e a priorização de tarefas. Contudo, as outras características não estão [16]. Ainda, as notações BPMN são úteis no nível de negócio, mas que sozinhas não oferecem nenhum tipo de inferência sobre o processo. Além disso, a BPMN é útil para as ferramentas que constroem fluxos de controle, mas seus elementos gráficos contêm informações textuais limitadas e sem uma semântica formal. Por fim,

observa-se que abordagens com BPMN são indicadas e coerentes para a construção de processos estruturados, mas não para os PIC ou processos não estruturados.

Quanto a CMMN, ela foi criada para resolver os problemas e lacunas encontradas na BPMN quando se trata de PIC [12]. Contudo, a CMMN ainda possui lacunas para descrever completamente os PIC e por não prover suporte a uma estratégia orientada a objetivos [11]. Assim, para resolver esses problemas e ter a modelagem de um PIC que aborde todos os atributos citados anteriormente, o trabalho [16] elaborou a KIPO.

A KIPO é uma ontologia de tarefas cujo objetivo é auxiliar o gestor de conhecimento em PIC a: permear o conhecimento na organização; obter novos conhecimentos de forma mais fácil através da troca de informações; entender melhor o ambiente e os processos não estruturados; apontar os elementos mais importantes para desenvolvimento; e melhorar a base de conhecimento. Destarte, a KIPO abrange todos os elementos de conhecimento do processo, especialmente os que envolvem as regras de negócio, tomada de decisão e colaboração [6]. Além disso, a KIPO é um conjunto de ontologias que organiza e externaliza os PIC. Ela é composta pelas seguintes Ontologias:

- Ontologia de Processo de Negócio (*Business Process Ontology – BPO*): representa os principais conceitos relativos aos processos de negócio, tais como: atividades, papéis, controle de fluxo e objetos de dados;
- Ontologia de Colaboração (*Collaborative Ontology – CO*): organiza os conceitos e relacionamentos entre os processos e agentes no aspecto da troca de conhecimento;
- Ontologia de Decisão (*Decision Ontology – DO*): explica a tomada de decisão pelos agentes do processo, com foco no “porque” e no “como” a decisão foi tomada;
- Ontologia de Regras de Negócio (*Business Rules Ontology – BRO*): representa os conceitos e relações das restrições de execução do processo;
- Ontologia Núcleo de Processo Intensivo em Conhecimento (*Knowledge-Intensive Process Core – KIPCO*): representa os conceitos e relacionamentos centrais dos PIC;
- Ontologia de Comunicação: promove o apoio necessário para a realização da Cooperação, apoiando as interações entre os agentes. Faz parte do papel da Ontologia de Comunicação, também, o estabelecimento de compromissos ou acordos gerenciados pela Coordenação durante o processo de Comunicação e Cooperação; e
- Ontologia de Cooperação: representa elementos relacionados ao trabalho conjunto entre indivíduos.

Dada sua composição e suas características, a KIPO pode ser um metamodelo de processo alternativo e eficiente para modelar processos de organizações que necessitam estabelecer a interoperabilidade organizacional e, até mesmo, a semântica. Contudo, não basta apenas modelar um processo para se estabelecer a interoperabilidade organizacional. Além da modelagem é necessário estabelecer procedimentos de execução dos processos modelados. Nesse sentido, diversos trabalhos [15, 22, 17] utilizaram uma abordagem com SMA, mas com um foco na interoperabilidade técnica.

A abordagem com SMA, no contexto da interoperabilidade organizacional, possibilita a paralelização e descentralização de entidades autônomas para realização de atividades e ações. Além disso, possibilitar uma representação social, onde os agentes interagem para satisfazer seus objetivos. Ainda, os trabalhos [15, 22, 17] também utilizaram os SMA, no contexto de sistemas abertos, onde os agentes podem se ligar e desligar durante a fase de execução, contribuindo com seus próprios objetivos e com os objetivos globais. Portanto, a abordagem com SMA apresenta-se como uma solução adequada a ser incorporada à interoperabilidade organizacional nesta pesquisa.

## 2.4 Sistemas Multiagentes

Agentes de *software* são entidades computacionais adequados para construção de sistemas complexos capazes de ações flexíveis e autônomas em um ambiente dinâmico, imprevisível, volátil e aberto [23]. Eles permitem a decomposição do problema em unidades menores e permitem a modelagem com o foco no gerenciamento de relacionamentos organizacionais por meio de dependências e interações [24]. Na Tabela 2.1, estão as características presentes em um agente de *software*.

Os agentes podem ser classificados segundo sua arquitetura. As arquiteturas são baseadas no tipo de comportamento, no processo de deliberação e na escolha a ser tomada com base em sua percepção [25]. As arquiteturas podem ser classificadas em: agentes reativos simples, que consistem na tomada de decisão do tipo condição-ação; agentes reativos com registro de estado, que consiste em avaliar o estado do ambiente antes de decidir; agentes baseados em objetivos, que consiste em planejar como o ambiente se encontra e como ele ficará após a execução; agentes baseados em utilidade, que consiste em um agente mais complexo que verifica como o ambiente está, o que ocorrerá após execução da ação, qual a utilidade da ação para o estado do ambiente e qual ação o agente pode executar no momento; e agentes baseados em aprendizagem, que de acordo com que vai executando e com o passar do tempo vai evoluindo para atuar de maneira mais eficiente no ambiente ao qual está inserido [26]. Portanto, cada arquitetura possui sua finalidade e aplicação, onde a complexidade e o ambiente no qual está inserido deve ser considerado.

Tabela 2.1: Características dos Agentes de *Softwares*

característica	descrição
Autonomia	possui controle sobre suas ações, inclusive com a capacidade de atuar sem a intervenção direta de pessoas.
Comunicação	possui a capacidade de trocar informações com o ambiente e com outros agentes.
Cooperação e habilidade social	possui a capacidade de interagir com outros agentes cooperando para atingir um objetivo comum.
Inteligência	possui a capacidade para analisar o ambiente e informações para resolver problemas e atingir seu objetivo.
Aprendizado	possui a capacidade de obter conhecimento com base nas suas decisões anteriores a partir da interação e percepção com o ambiente.
Reatividade	possui a capacidade de perceber mudanças no ambiente e responder às mudanças.
Proatividade	possui a capacidade de buscar alcançar seu objetivo sem que seja provocado para isso.
Mobilidade	possui a capacidade de movimentar-se entre ambientes de execução.

Quanto à interação entre os agentes, ela é realizada basicamente por troca de mensagens. Para isso, há necessidade de que os protocolos de comunicação sejam padronizados em um formato comum de conteúdo e ontologias. Essa troca de mensagem serve para que eles consigam coordenar as ações e atingir seus objetivos. Assim, para padronizar os protocolos e os modelos dos agentes, a *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA) definiu um modelo de referência para uma plataforma de agentes e um conjunto de serviços a serem disponibilizados, incluindo os componentes de gerenciamento da plataforma (AMS), a divulgação dos agentes ativos (DF) e o de comunicações (ACC) [27].

Dada as características dos SMA, os requisitos da interoperabilidade organizacional e dos PIC, optou-se por utilizar SMA neste trabalho. Estes agentes realizarão a integração de sistemas que não podem ser modificados, complementando significativamente a precisão e a tempestividade das informações para os executores dos PIC. Além disso, permite que entidades ingressem e se retirem do ambiente em tempo de execução, aumentando a flexibilidade neste ambiente dinâmico dos PIC. Dessa maneira, a junção dos SMA com a KIPO, nos ambientes dinâmicos e voláteis, os quais incluem as operações interagências, pode propiciar uma melhor interoperabilidade organizacional. Ainda, nessa abordagem, pelo fato de se utilizar os SMA na integração de sistemas, acaba-se alcançando, conseqüentemente, todas as camadas de interoperabilidade.

# Capítulo 3

## Revisão do Estado da Arte

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para realizar a revisão do estado da arte relacionado ao problema desta pesquisa. Inicialmente, apresenta-se a Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Em seguida, mostram-se as principais ideias e contribuições dos trabalhos relevantes selecionados. Por fim, apresenta-se um comparativo entre os trabalhos relacionados e o apresentado nesta pesquisa.

### 3.1 Revisão Sistemática da Literatura

A RSL foi adotada para efetuar a primeira etapa desta pesquisa. Esse método permite a realização de uma leitura crítica e detalhada de textos científicos para encontrar erros ou observar hipóteses que ainda não foram pesquisadas, além de considerar os critérios para a inclusão ou exclusão, de modo a se obter as melhores conclusões [28, 29]. A seguir, é apresentada a estratégia de busca e os critérios para seleção das publicações.

**Palavras-Chave em inglês:** *Organizational Interoperability, Pragmatic Interoperability e Business Process Interoperability.*

**Bases Utilizadas:** Scopus, IEEE, Web of Science e ACM.

**Período:** até 2021.

**Tipos de publicação:** *surveys*, artigos em periódicos e conferências, livros, teses, dissertações e relatórios técnicos.

**Critérios de Exclusão:** foram utilizados os seguintes critérios para exclusão de artigos da lista de relevantes:

- Repetidos;

- Em linguagens diferente do inglês;
- Menores que 4 páginas;
- Sem acesso; e
- Fora do contexto de pesquisa, ou seja, que não abordavam interoperabilidade organizacional.

Tabela 3.1: Bases consultadas e resultados

<b>Base</b>	<b>Quantidade de Trabalhos Encontrados</b>	<b>Quantidade de Trabalhos Resultante</b>
Scopus	134	20
Web of Science	1	0
IEEE	33	7
ACM	95	6
<b>TOTAL</b>	<b>263</b>	<b>33</b>

Para obtenção dos artigos foram realizadas pesquisas em 4(quatro) bases, utilizando as palavras-chave definidas nos critérios de busca. No total, foram encontrados 263 trabalhos sobre interoperabilidade organizacional, Tabela 3.1. Inicialmente, foi realizada a leitura do título e do resumo, sendo excluídos os trabalhos consoante os critérios de exclusão: não alinhados com o tema desta pesquisa; cuja linguagem não estava em inglês; os trabalhos repetidos; menores que 4 páginas; e os sem acesso. Após passar pelo crivo anterior, leu-se a introdução, a conclusão e os resultados dos trabalhos remanescentes. Nessa etapa, foram verificados, novamente, os critérios de exclusão e descartados os que não atenderam. Por fim, foram lidos os artigos resultantes, permanecendo apenas os mais importantes e significativos para esta pesquisa.

Com a obtenção dos 33 trabalhos resultantes, foi possível identificar o estado da arte para a interoperabilidade organizacional. Destarte, os trabalhos mais relevantes e atuais foram selecionados para serem analisados e discutidos, Tabela 3.2. Na seção seguinte, é discutido os trabalhos selecionados em relação a esta pesquisa.

## 3.2 Análise dos Trabalhos Selecionados

Segundo Gacitúa *et. al.* [5], existem diversas soluções para a interoperabilidade de governo eletrônico, dividido em várias categorias conforme o tipo do modelo, foco, estratégia e nível de interoperabilidade. As soluções da categoria nível de interoperabilidade abordam as interações de processos de negócios para provimento de serviços. Entretanto, segundo os autores, boa parte dos estudos se limitam a apenas descrever os processos e como organizá-los. Deste modo, o trabalho deles sugere a utilização de novas tecnologias, de ontologias e



Tabela 3.2: Lista de trabalhos selecionados

	<b>Título do Trabalho</b>	<b>Ano</b>	<b>Referência</b>
1	Recent Models for Collaborative E-Government Processes: A Survey	2021	[5]
2	Execution of Knowledge-Intensive Processes by Utilizing Ontology-Based Reasoning	2021	[30]
3	Behavioral modeling of manufacturing skills in OPC UA for automated execution by an independent cell controller	2021	[13]
4	KIPO Opportunities for Interoperability Decisions in Systems-of-Information Systems in the Domain of Environmental Management	2020	[6]
5	Pragmatic interoperability for ehealth systems: The fallback workflow patterns	2019	[9]
6	Towards agent organizations interoperability: A model driven engineering approach	2019	[17]
7	Platform-based collaboration in digital ecosystems	2019	[31]
8	Agent-based business process orchestration for IoT	2019	[32]
9	Autonomous process collaboration framework for C4ISR system interoperation	2017	[10]
10	An Ontology-Based Framework for Virtual Enterprise Integration and Interoperability	2016	[33]
11	A Multi-Agent Solution for the Interoperability Issue in Health Information Systems	2013	[22]

de técnicas de inteligência artificial, para apoiar no dinamismo e volatilidade do contexto. Assim, corroborando com as sugestões dos autores, esta pesquisa utiliza SMA e ontologia (KIPO), para se alcançar a interoperabilidade, seja no governo eletrônico (civil-civil), seja para operações interagências (civil-militar).

Segundo Rietzke *et. al.* [30], as atuais abordagens de processos de negócio são centradas em fluxo com uma flexibilidade limitada, que os autores chamaram de flexibilidade em tempo de projeto ("*flexibility by design*"). Ainda, segundo os autores, esse tipo de flexibilidade não consegue atender plenamente os PIC e aproveitar os conhecimentos obtidos na execução dos processos. Assim, eles apresentaram uma ontologia, para descrever os PIC, centrada em dados - *Ontology- and Data-Driven Bussines Process Model* (ODD-BP) - capaz de ser executada por um motor de inferência. Na proposta, o processo é desenhado dentro de uma ontologia e alguns conceitos do estado de execução são atribuídos aos conceitos do processo, de modo que o motor de inferência apresente as atividades passíveis de execução. Contudo, esse trabalho resume os PIC com um conjunto de 8 conceitos, não conseguindo descrever plenamente todas suas características e conhecimentos inerentes. Assim, esta pesquisa estende o trabalho em comento, ao se utilizar junto à KIPO os conceitos de estado de execução e relevância das atividades para obtenção do objetivo do

processo, além de um motor de inferência para sugerir uma possível execução.

O trabalho [13] realiza uma abordagem combinada de técnicas baseadas nas habilidades e nos comportamentos dos componentes que utilizam o protocolo OPC UA. Esse protocolo é voltado para interoperabilidade de dispositivos de chão de fábrica nas indústrias sendo interpretado por controladores de célula. O objetivo do trabalho é reduzir o esforço da automatização, implementação e programação dos sistemas integrados, por uma abstração de habilidades para a interoperabilidade semântica. Essa abstração modelou o comportamento dinâmico com máquinas de estados e UML. Ainda, a solução apresentada tenta uma abordagem centrada em objetivos, onde os objetivos resultam em um processo sequencial baseado nos comportamentos e nas habilidades dos componentes. Contudo, no processo de manufatura e no modelo proposto pelos autores, o comportamento de todo processo deve ser predeterminado, o que não ocorre nos PIC. Portanto, tenta-se atribuir um dinamismo no processo de produção industrial baseado em objetivos com habilidades e comportamentos, mas todos os comportamento e habilidades devem ser previamente previstas, ou seja, os processos acabam por serem centrados a fluxo. Ainda, cabe ressaltar que o processo fabril utilizado pelos autores é totalmente estruturado. Dessa forma, divergindo do trabalho dos autores, este trabalho utiliza as abordagens realmente centradas em objetivos e em dados com um motor de *workflow* para assistir o processo sempre que ele sofrer alterações, sem a necessidade de se prever totalmente os elementos do processo.

Fernandes *et. al.* [6] apresentam um metamodelo para interoperabilidade de Sistemas-de-Sistemas de Informações (SoIS), onde a KIPO é empregada para representar processos que envolvem decisões de interoperabilidade. Diversas características presentes na interoperabilidade de SoIS apontam para uma grande semelhança com PIC, onde há produção de conhecimento em processos que inicialmente não foram planejados, guiando, assim, para um cenário bastante dinâmico. Além disso, os SoIS são compostos de partes independentes, desde sua existência, as quais podem pertencer a diversas organizações distintas e deixarem ou ingressarem de forma autônoma para contribuir com o objetivo do SoIS. Deste modo, os SoIS necessitam de uma linguagem que represente este dinamismo em tempo de execução, o que foi obtido pelos autores. Contudo, a abordagem apresentada no trabalho somente realiza a modelagem com uma linguagem de notação para representar o processo com a KIPO. Assim, com base no trabalho [6], visualiza-se utilizar os conceitos empregados, como a KIPO, na interoperabilidade organizacional com SMA voltados para os contextos dinâmicos e voláteis. Além disso, este trabalho apresenta uma validação prática e não somente conceitual, com fora realizado no trabalho discutido.

O trabalho [9] modela um sistema de informação para saúde como um sistema sociotécnico que consiga lidar com erros de interoperabilidade focando nos *e-referrals*<sup>1</sup>. No processo de diagnóstico médico, por exemplo, há uma elevada interferência humana e utilização de documentos e informações não estruturadas. Assim, os autores relatam haver uma carência de um fluxo de processo (*workflow*) que realize o processo de obtenção de informações precisas entre os participantes, além da ausência de ações de controle. Para tanto, eles definiram um processo baseado em BPMN para a realização da troca de informações entre sistemas de informação de saúde utilizando os padrões estabelecidos pelo HL7 FHIR [35].

Os processos de saúde e, principalmente, o processo de diagnóstico médico são PIC. Devido a elevada necessidade de conhecimento e experiência envolvidos no processo, eles são considerados dinâmicos e com pouca previsibilidade. Dessa forma, a utilização de processos estruturados nesse contexto é ineficiente [14]. Ainda, o fluxograma apresentado no trabalho [9] é bem complexo, apesar de tratar de um problema específico da saúde. Outro ponto, o HL7 FHIR [35] tem o foco nos níveis semântico, sintático e técnico da interoperabilidade, não abordando o nível organizacional. Não há uma tentativa de realizar um alinhamento de processo entre os participantes, somente viabilizar uma troca de informações e conhecimentos entre os participantes. Portanto, ao relacionar esse trabalho com a presente pesquisa, é possível observar que, mesmo na saúde, há uma carência de uma solução que realize adequadamente a interoperabilidade organizacional e possua todos os conceitos e conhecimentos envolvidos no processo.

Coutinho *et. al.* [17] utilizaram técnicas de *Model Driven Engineering* baseadas na interoperabilidade organizacional e SMA. As técnicas foram utilizadas para resolver o problema de interação entre agentes distintos com base em conceitos organizacionais. O trabalho considerou que um grande sistema é composto de diversos agentes, onde esses agentes distintos e heterogêneos necessitam interagir entre si para alcançar um objetivo global. Deste modo, eles elaboraram um metamodelo conceitual baseado em outros seis modelos organizacionais existentes, para que agentes concebidos em um desses seis modelos possam interagir. Ao considerar a utilização de agentes distintos e que o consenso entre eles são necessários para se alcançar um objetivo global, demonstra-se a necessidade de considerar que cada organização ou sistema é um agente. Entretanto, o trabalho se limita a esses seis modelos existentes, como se fosse um adaptador entre os modelos e apenas no caráter conceitual e apenas no nível organizacional. Ainda, nenhum dos modelos abordados tem foco militar. Assim, este trabalho está alinhado com esse trabalho relacionado no entendimento do uso de SMA para a interoperabilidade organizacional,

---

<sup>1</sup>*e-referral*: ocorre quando um médico solicita formalmente por computador ou sistema a outro médico ou serviço de saúde uma opinião sobre um diagnóstico ou tratamento para uma condição específica [34].

para, de forma prática, realizar a interoperabilidade entre os participantes.

No trabalho [31], Aulkemeier *et. al.* definem que as soluções de interoperabilidade organizacional, atualmente, estão baseadas em padrões estáticos e em sistemas que não foram concebidos para interoperar. Eles apontam que as abordagens em padrões estáticos limitam a possibilidade de interoperar de maneira dinâmica, ocasionando perdas de receitas e de oportunidades, para as organizações com fins lucrativos. Os autores trabalharam com a ideia de Capacidade de Conexão Rápida (QCC), permitindo que os participantes rapidamente consigam se conectar ou desconectar uns com os outros. A QCC, definida pelos autores, consiste na redução do esforço da adição de novos serviços com uma finalidade de interoperar e compartilhar informações. Deste modo, os autores propuseram uma arquitetura voltada para *e-commerce*, onde os participantes podem ingressar para colaborar uns com os outros sob-demanda. Entretanto, o foco da interoperabilidade e da colaboração foi no nível técnico, simplificando muito a interoperabilidade organizacional, além disso, está voltado somente para os aspectos civis e com processos estruturados. Portanto, visualiza-se a oportunidade de explorar a negociação entre os participantes de maneira dinâmica, considerando a QCC entre os envolvidos, e em processos não estruturados.

Kampik *et. al.* [32] apresentam uma arquitetura que orquestra processos de negócio em Internet das Coisas (IoT) com SMA. Para tanto, eles consideram cada equipamento de IoT como um agente, ou seja, um *Agent of Things* (AoT), a ser utilizado num processo de cadeia de suprimento. Além disso, propõem a junção de duas abordagens: a orientado aos processos de negócio e a orientada aos objetivos derivados dos agentes. Contudo, consideram somente os processos estruturados e bem definidos da cadeia de suprimento civil. Além disso, a arquitetura apresentada é somente conceitual sem demonstrar seu funcionamento, principalmente em ambientes dinâmicos. Corroborando com isso, o fato de propor como trabalhos futuros a orquestração de processos de negócio com abordagem baseada em objetivos, disponibilizando os agentes em tempo de execução. Assim, esta pesquisa se alinha com os autores, quando trata de processos de negócio centrada a objetivos e de utilizar agentes, mas incluindo, também, processos não estruturados e uma abordagem centrada dados.

Yang *et. al.* [10] defendem que sistemas sejam interoperáveis dinamicamente em operações militares conjuntas. Segundos os autores, os ambientes de operações conjuntas se modificam constantemente devido suas características. Deste modo, eles apresentam um *framework*, onde participantes das operações compartilham e modificam seus processos. Entretanto, o trabalho deles aborda somente a interoperabilidade entre entidades militares com processos colaborativos bem definidos. Além disso, é uma abordagem somente conceitual, sem uma prova de conceito ou testes que realmente validem o funcionamento

da abordagem. Outro aspecto, é que se limitam a interoperabilidade organizacional, sem nem citar como os outros níveis poderiam ser alcançados. Esta pesquisa, além de focar na interoperabilidade organizacional, cita como seria a integração com os outros níveis, apesar de não aprofundar. Além disso, nesta pesquisa, aspectos como aplicações civis-militares e processo não estruturados são considerados

O trabalho [33] explora a interoperabilidade de empresas virtuais para a construção colaborativas de produtos, baseados em cadeia de suprimento. Para isso, ele apresenta uma proposta baseada em uma ontologia que auxilia um processo definido em tempo de projeto. Apesar dos autores não citarem explicitamente o BPMN, é possível identificar um fluxo bem definido em um fluxograma. Além disso, os autores utilizaram a ontologia para auxiliar no processo decisório da construção do produto, onde existem tarefas que especialistas devem executar. Assim, fica evidente que o processo que eles mapearam é um PIC, o qual, como já discutido anteriormente, o BPMN não representa adequadamente, mesmo com a ontologia utilizada. Esse trabalho se relaciona com a presente pesquisa, por buscar a interoperabilidade nos contextos dos PIC, mas com uma abordagem mais adequada.

O trabalho [22] aborda a integração de sistemas de saúde utilizando os SMA, para compartilhar dados geograficamente distribuídos. Segundo os autores, há vantagens em utilizar os SMA, nos aspectos de distribuição, modularidade, robustez e integração com os sistemas existentes. Contudo, o trabalho focou mais no nível da interoperabilidade técnica e pouco nos outros níveis. Os autores do trabalho foram vagos quando trataram o nível organizacional citando, apenas, em utilizar objetivos nele, mas sem entrar em detalhe no como ele seria alcançado. Esta pesquisa concorda em utilizar os SMA e nas vantagens proporcionadas por eles em todos níveis de interoperabilidade, mas com foco na interoperabilidade organizacional e demonstrando como ela será alcançada.

### **3.3 Comparação entre os Trabalhos Selecionados**

Nesta seção, será realizada uma análise comparativa entre os trabalhos, selecionados e analisados, com este. Para isso, a Tabela 3.3 foi elaborada, facilitando a análise e a visualização das principais contribuições desta pesquisa. A tabela foi organizada para comparar as abordagens, os padrões e as tecnologias utilizadas em cada nível de interoperabilidade dos trabalhos. Além disso, comparam-se os tipos de aplicações (civil, militar ou ambas), os tipos dos processos contemplados (estruturado ou não estruturado) e se há uma prova de conceito nos trabalhos selecionados. O trabalho [5] não foi incluído na tabela por ser um *survey*.

Tabela 3.3: Comparação com os trabalhos relacionados

Trabalho	Interoperabilidade				Apl	Pro	Tipo
	Org	Sem	Sin	Téc			
(2)	Ontologia Dados	Única	-	-	C	NE	PCon
(3)	UML Objetivos	Única	Binário XML	OPC UA	C	E	Con
(4)	Ontologia	-	-	-	C	NE	Con
(5)	BPMN Fluxo	Única	XML JSON	HL7 FHIR	C	E	Con
(6)	Metamodelo	-	-	-	C	E	Con
(7)	Objetivos	-	JSON	REST	C	E	Con
(8)	BPMN Fluxo Objetivos	-	O-DF O-MI	SMA	C	E	Con
(9)	BPMN Fluxo	-	-	-	M	E	Con
(10)	Ontologia BPMN Fluxo	Única	-	-	C	E	Con
(11)	Objetivos	Única	XML	SMA HL7	C	E	PCon
Este trabalho	Ontologia Objetivos Dados	Híbrida	XML JSON	SMA	CM	NE	PCon

Legendas: Org - Organizacional; Sem - Semântica; Sin - Sintática; Téc - Técnica; Apl - Aplicação; Pro - Processos; C - Civil; M - Militar; CM - Civil-Militar; E - Estruturado; NE - Não Estruturados; Con - Conceitual; PCon - Prova de Conceito

O primeiro aspecto a ser observado é que poucos trabalhos abordam todos os níveis. Dos trabalhos que abordam todos os níveis, somente este contempla os processos não estruturados e possui aplicação em ambas, tanto civil-civil como civil-militar. Em relação aos trabalhos que abordam o nível organizacional e processos não estruturados simultaneamente, somente um, o trabalho (2), realiza uma prova de conceito, contudo sua abrangência é limitada, conforme apresentado na seção anterior. Ainda, este é o único trabalho que considera uma abordagem centrada aos objetivos e aos dados para determinação de um possível fluxo de execução.

Além disso, esta pesquisa é a única que aborda o nível semântico de forma híbrida, com mais de uma ontologia, o qual se tem uma ontologia de tarefa global (KIPO) e diversas ontologias locais, nos agentes, a depender do contexto. As abordagens semânticas únicas dependem de uma única estrutura para representar todos os conceitos trabalhados.

Contudo, esses tipos de abordagens podem dificultar o processo de interoperabilidade, pois uma única estrutura deve contemplar todos os conceitos e sendo bastante suscetível a erros, principalmente no contexto dinâmico que precisará de atualizações frequentes. Assim, esta pesquisa propõe a utilização de uma abordagem híbrida, tendo uma ontologia geral e várias locais ligadas a ontologia geral. No Capítulo 4, é idealizado que cada agente integrador possua uma ontologia local para realizar a integração dos sistemas daquele domínio.

Por fim, as principais contribuições deste trabalho, frente aos demais, são: um modelo capaz de alcançar a interoperabilidade em todos níveis, principalmente a organizacional, em contextos dinâmicos e voláteis; e um protótipo funcional do modelo. Além disso, para se alcançar o objetivo principal do trabalho, existem outras contribuições secundárias, como: a concepção e protótipo de um motor de fluxo de processo não estruturado, capaz de sugerir possíveis fluxos baseados na exequibilidade de uma atividade, na relevância e no nível de risco dos elementos do processo; e a extensão da KIPO com outros conceitos. Os elementos considerados (relevância, exequibilidade e nível de risco) para sugerir um possível fluxo é único em comparação com os outros trabalhos.

# Capítulo 4

## Proposta

Neste capítulo, é apresentado o modelo proposto para resolver o problema da interoperabilidade em contextos dinâmicos e voláteis. O modelo proposto foi batizado de Motirõ<sup>1</sup> e considera as características e os problemas que os quatro níveis de interoperabilidade resolvem, com foco no organizacional. Para tanto, os requisitos do modelo no contexto desta pesquisa foram especificados com a metodologia Tropos [37]. Por fim, cada componente do modelo é definido e apresentada sua função.

### 4.1 O Motirõ

Cada organização possui seus objetivos e executam diversos tipos de processos de negócio para alcançá-los. A execução de um determinado processo, seja ele estruturado ou não, é influenciada por diversos fatores (conhecimentos) que impactam no como ele será executado e, conseqüentemente, no resultado. Dentre os diversos fatores que influenciam o processo, a definição do processo, o metamodelo, a instância do processo e o domínio do conhecimento são os mais comuns [30]. A definição do processo especifica um *template* de como ele pode ser. O domínio do conhecimento atribui um determinado contexto ao processo. O metamodelo contém as regras de execução. Ainda, cada instância do processo possui um conjunto de conhecimentos que reflete o mundo real em um determinado momento. Contudo, no contexto da interoperabilidade organizacional, onde o foco é nas ligações de processo entre diferentes organizações, a execução compartilhada ou colaborativa desses processos deve ser considerada, Figura 4.1. Assim, considerando todos esses fatores e o contexto dinâmico e volátil da interoperabilidade organizacional, o Motirõ foi concebido tendo seguido a metodologia Tropos, detalhada no Apêndice A.

---

<sup>1</sup>Motirõ: do Tupi Guarani, é a reunião de uma comunidade para prestar serviços gratuitos aos membros, onde todos tiram proveito [36]



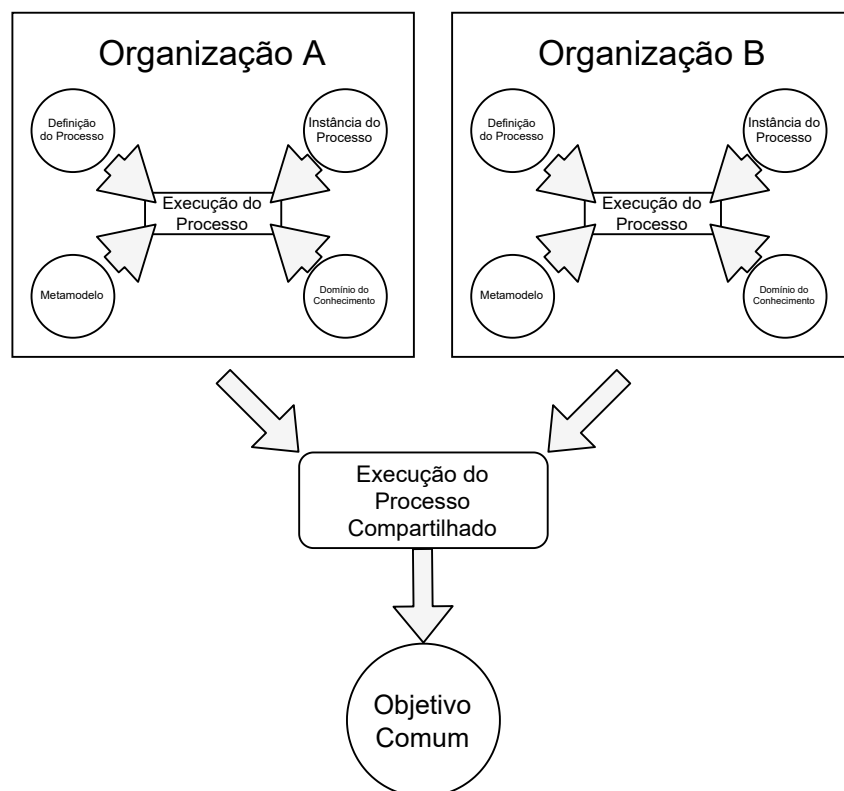


Figura 4.1: Influências na execução conjunta do processo (Fonte: Elaboração Própria).

O projeto detalhado com sua arquitetura, seus componentes, suas funções e o relacionamento entre eles é um dos resultados da metodologia Tropos apresentada na Figura 4.2. O modelo foi dividido em quatro níveis, de acordo com suas funções. O primeiro nível, denominado Okara<sup>2</sup>, é composto pelo Controle da Interface de Operação e do Motor de Fluxo de Processo Não Estruturado (MWNE) - motor de *workflow*. O segundo nível, denominado Tuixaua<sup>3</sup>, é composto pelos agentes orquestradores. Já o terceiro nível, denominado Paresar<sup>4</sup>, é composto pelos agentes integradores. Por fim, o quarto e último nível é composto pelos sistemas integrantes.

#### 4.1.1 Nível Okara

O nível Okara é o coração do Motirõ. Esse nível foi idealizado para ser a interface entre os atores, pessoas e sistemas que necessitam interoperar, e o restante do modelo que manipula os processos de negócio no MWNE. Além disso, delega o processamento de requisições de informações para o nível Tuixaua, quando a informação solicitada não é encontrada

<sup>2</sup>Okara: do Tupi Guarani, é a "praça central da aldeia"[36]

<sup>3</sup>Tuixaua: do Tupi Guarani, é a denominação para chefe em tempo de guerra ou desastres [36].

<sup>4</sup>Paresar ou *Pareç'-ar*: do Tupi Guarani, é a denominação para mensageiro que trocava produtos e informações entre tribos e pessoas [36].

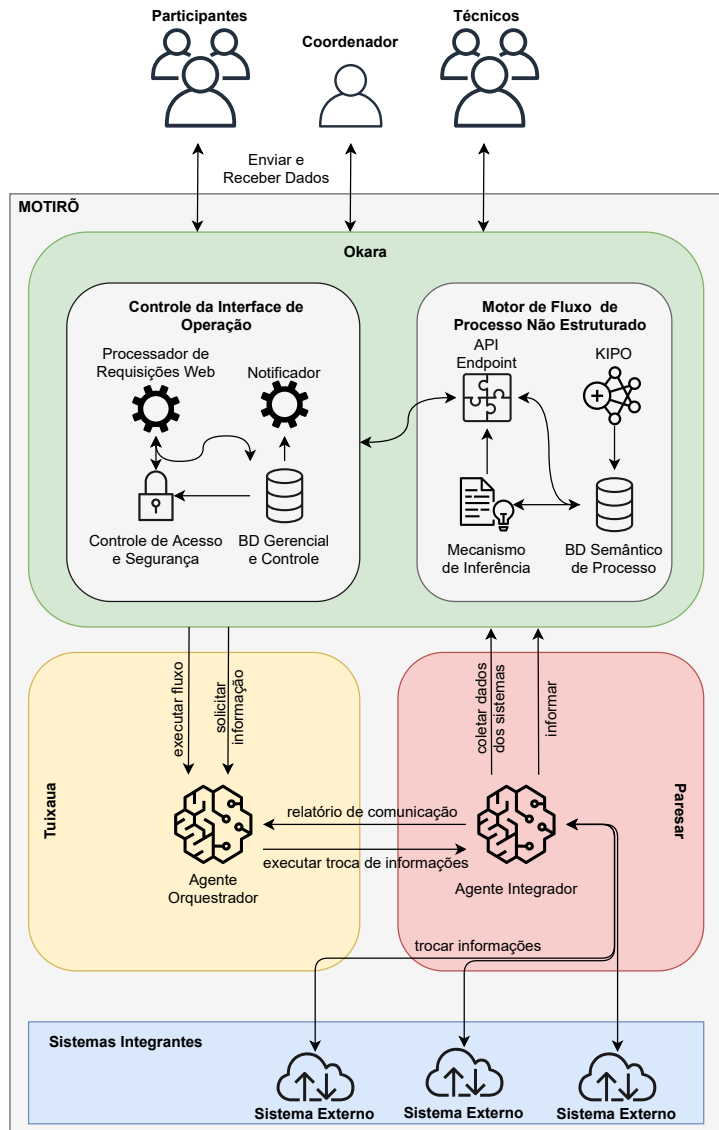


Figura 4.2: Arquitetura Detalhada do Motirô.

no nível Okara, mas está disponível em outros níveis do modelo. Por fim, neste nível, já é possível atender todas as camadas da interoperabilidade, desde a organizacional até a técnica, através dos seus componentes integrantes.

### Controle da Interface de Operação

No Controle da Interface de Operação, as inserções ou solicitações de informações dos atores são processadas pelo Processador de Requisições Web. Os atores podem ser as pessoas ou os sistemas que podem ser adaptados para os padrões e interfaces disponibilizadas. Contudo, os sistemas que não se encaixam nos quesitos anteriores serão integrados por outros níveis deste modelo. Assim, para se alcançar a interoperabilidade técnica e

sintática, optou-se por utilizar o padrão de API REST com JSON, que permite que tanto sistemas como pessoas consigam se comunicar e trocar informações [38].

As requisições efetuadas nas interfaces devem ser verificadas pelo Controle de Acesso e Segurança. Apesar do objetivo e do foco desta pesquisa ser a interoperabilidade e compartilhamento de informações entre os participantes, existem diversas restrições de segurança e, inclusive, legal, como a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) [39], que impedem que todos os atores tenham acesso a tudo. Assim, no modelo, existem dois mecanismos de controle de acesso: (i) ao nível de interface, com a definição dos perfis dos atores (participantes, coordenadores e técnicos), limitando as interfaces que podem ser acessadas; e (ii) ao nível de dados, com a utilização da KIPO para anotar semanticamente o nível de restrição.

Além disso, para não ser somente um modelo reativo, onde cada ator tem que acionar explicitamente a interface, foi idealizado o Notificador. O Notificador, como o próprio nome sugere, serve para informar aos atores que sua atenção é necessária em alguma parte do processo e para encaminhar alguma informação solicitada que não foi possível processar de maneira instantânea.

As interfaces e funcionalidades identificadas como necessárias para o modelo, conforme levantadas no Apêndice A, são:

- **Manutenção do Plano de Operação:** registra todas as informações de planejamento conjunto da operação entre os participantes. O primeiro passo é realizado pelo coordenador, que registra os participantes da operação responsáveis pela definição de suas atividades e objetivos. Cada participante coloca suas capacidades, propostas de atividades, objetivos, riscos e condições iniciais de execução com os elementos da KIPO. Ainda, durante essa atividade, o coordenador ajusta e coordena o que foi inserido. Assim, ao final da fase de planejamento, o plano da operação é obtido, contemplando as diretrizes, papéis, responsabilidades e procedimentos. Por fim, os ajustes no planejamento poderão ser efetuados na fase de execução, garantindo a capacidade de adaptação em tempo de execução.
- **Manutenção dos Processos:** converte o plano de operação na KIPO, armazenando-o como uma ontologia no banco de dados semântico, para que inferências e outros procedimentos possam ser realizados. Além disso, caso haja alteração no fluxo, esta funcionalidade notificará os agentes orquestradores, para eles realizarem as operações necessárias.
- **Notificação dos Participantes:** notifica os atores caso haja necessidade de intervenção ou de urgência de entrega da informação ao interessado.

- **Solicitação de Informações:** realiza a requisição por uma informação específica sobre o processo, sobre os conhecimentos armazenados ou sobre um dos sistemas registrados e integrados.
- **Manutenção das Definições das Informações:** realiza a política de confidencialidade e o alinhamento das informações necessárias, informando, inclusive, sua disponibilidade.
- **Manutenção dos Dados dos Sistemas:** neste ponto, os técnicos realizam a negociação da interoperabilidade entre os sistemas disponíveis, com base nas informações registradas como necessárias na funcionalidade anterior. Os acessos, os protocolos, os tipos de sistemas e as autorizações também são informados. Ainda, busca-se que qualquer sistema possa ser integrado, mesmo que seja um sistema que não esteja preparado para tal finalidade. Em outras palavras, pode ser registrado um endereço de um sistema, onde o acesso às informações é obtido por fora da plataforma de integração. Portanto, essa abordagem permite que o participante saiba onde buscar as informações que ele necessite.
- **Registro de Informes:** registram e compartilham os conhecimentos com todos ou com algum participante específico. Assim, os participantes podem decidir, com maior precisão e menor risco, como alcançar os objetivos definidos. Além disso, essas informações são utilizadas pelo MWNE para auxiliar o executor do processo.

### **Motor de Fluxo de Processo Não Estruturado**

Considerando o contexto desta pesquisa e após avaliar algumas abordagens para representar adequadamente os PIC, a KIPO se demonstrou a mais adequada. A adaptação da KIPO fará o papel de metamodelo, onde os atores a utilizarão para definir seus processos. A definição dos processos com a KIPO permitirá que o MWNE consiga interpretar os processos e sugerir possíveis fluxos de execução, baseados nos objetivos definidos e nos dados necessários. A sugestão de fluxo de execução foi baseada na pesquisa realizada por Rietzke *et. al.* [30], que resultou na ODD-BP, a qual foi utilizada para estender a KIPO, além de considerar as variáveis de risco.

O primeiro passo para realizar a extensão da KIPO foi a equiparação dos conceitos. Na Figura 4.3, são ilustrados os conceitos da definição de processo da ODD-BP (*Documento, Objeto de Dados e Atributo*) relacionados com os da KIPO (*Processo Intensivo em Conhecimento e Atividade Intensiva em Conhecimento*) que foram utilizados. O conceito de *Processo* foi considerado equivalente ao *Processo Intensivo em Conhecimento* da KIPO, abreviado para PIC na Equação 4.1, assim como, o conceito *Tarefa* foi considerado equivalente ao conceito *Atividade Intensiva em Conhecimento*, abreviado para AIC

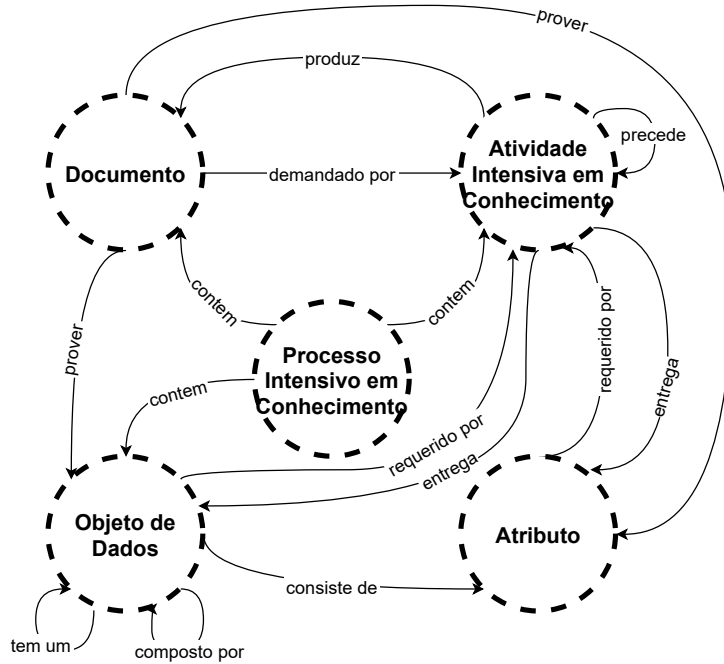


Figura 4.3: Extensão da KIPO com conceitos da ODD-BP.

na Equação 4.2. Ainda, o conceito *Objeto de Dados* existe nas duas ontologias, deste modo não houve necessidade de realizar a equivalência. Por fim, os relacionamentos entre os conceitos, para que o MWNE consiga realizar o processamento pelo Mecanismo de Inferência previsto no Motirõ, foram incorporados à KIPO.

$$\text{PIC} \equiv \text{Processo} \quad (4.1)$$

$$\text{AIC} \equiv \text{Tarefa} \quad (4.2)$$

O Mecanismo de Inferência é responsável pela obtenção de conhecimentos a partir dos processos e dados armazenados na base de dados semântica do Motirõ. Existem diversos mecanismos de inferências capazes de extrair novos conhecimentos a partir de ontologias [40]. No modelo proposto, o mecanismo de inferência extrai novos conhecimentos sobre alguns aspectos do processo e informações: exequibilidade, conformidade, relevância e risco. Essa busca é realizada para auxiliar os executores dos processos compartilhados a atingirem um objetivo comum.

A obtenção da exequibilidade foi realizada estendendo a KIPO com os conceitos (Figura 4.4) e axiomas oriundos da ODD-BP [30]. Neste trabalho, todos os axiomas previstos na ODD-BP foram utilizados, porém somente os axiomas adaptados serão apresentados. Para mais detalhes dos axiomas não apresentados, recomenda-se a leitura da referência [30].

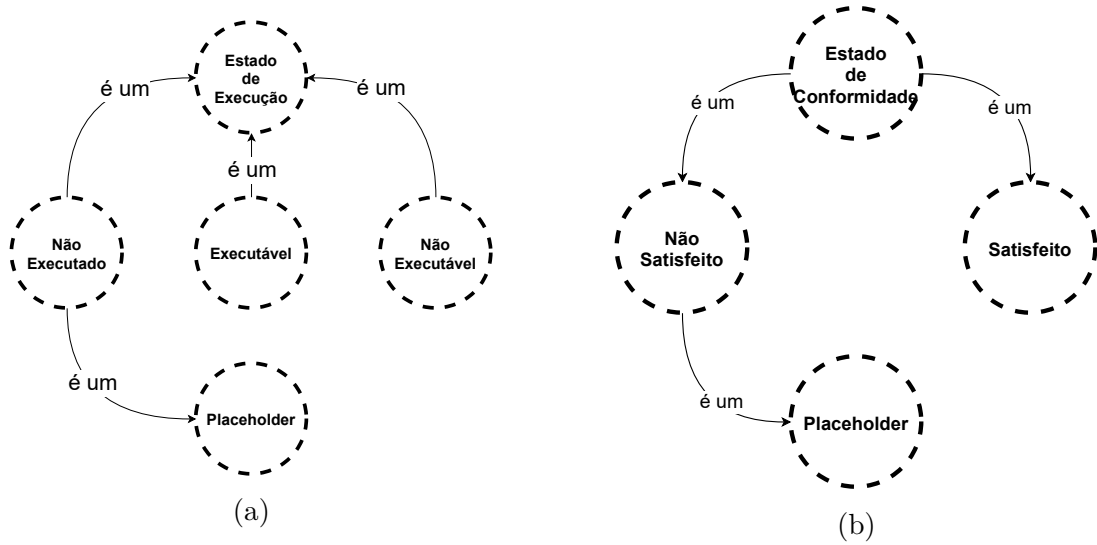


Figura 4.4: Conceitos da ODD-BP utilizados na KIPO para os estados de execução do processo (a) e Conceitos da ODD-BP utilizados na KIPO para representar se condições do processo foram satisfeitas (b).

O conceito *Placeholder* é um marcador de situação inicial para as *Atividades Intensivas em Conhecimento*, os *Documentos*, os *Objetos de Dados* e os *Atributos*. A marcação de uma *Atividade Intensiva em Conhecimento* como *Placeholder* significa que ela não foi executada (Figura 4.4a e Equação 4.3). Para saber se uma *Atividade* é exequível ou não, suas dependências devem ser verificadas.

$$\text{Atividade}_{\text{n\~{a}oexecutada}} \equiv \text{Atividade} \sqcap \text{Placeholder} \quad (4.3)$$

A dependência de uma *Atividade* pode ser uma outra *Atividade* ou um *Dado* (*Documento*, *Objeto de Dados* ou *Atributos*), conforme apresentado na Figura 4.3. O ator tem a possibilidade de definir que a presença de um dado é obrigatória para atividade ser exequível. Na Figura 4.4b, são expostos os conceitos do *Estado de Conformidade*, que somente são aplicados aos dados. Com esses conceitos, quando um determinado dado é colocado como requisito para uma atividade e seus valores não estão presentes na instância, o dado é marcado como *Não Satisfeito* na instância do processo compartilhado. Assim, após definido o processo e suas dependências, o MWNE consegue sugerir uma exequibilidade das atividades.

A sugestão da exequibilidade das atividades, por mais que elas não sejam estruturadas, permite que os executores dos processos verifiquem quais delas podem ser executadas e quais não podem. No caso das que não podem ser executadas, é possível identificar o motivo, melhorando a comunicação entre os executores do processo. Além disso, por terem sido atribuídos os responsáveis pelas atividades e informações, é possível identificar quem

é o responsável pela não execução ou fornecimento dos dados necessários, aumentando a capacidade de gestão e decisão.

Contudo, não basta saber se uma *Atividade* é exequível ou se um *Dado* está presente. É necessário, também, saber o quanto as *Atividades* e *Dados* são relevantes para a obtenção do objetivo. Consumir recursos com atividades que não contribuem para o objetivo final desejado é um desperdício. Além disso, outro aspecto que tem que ser considerado refere-se aos riscos inerentes a execução de uma determinada atividade. A Figura 4.5 apresenta os conceitos relativos à relevância adaptados do ODD-BP. Apresenta, ainda, os riscos, que nenhuma outra abordagem estudada considerou.

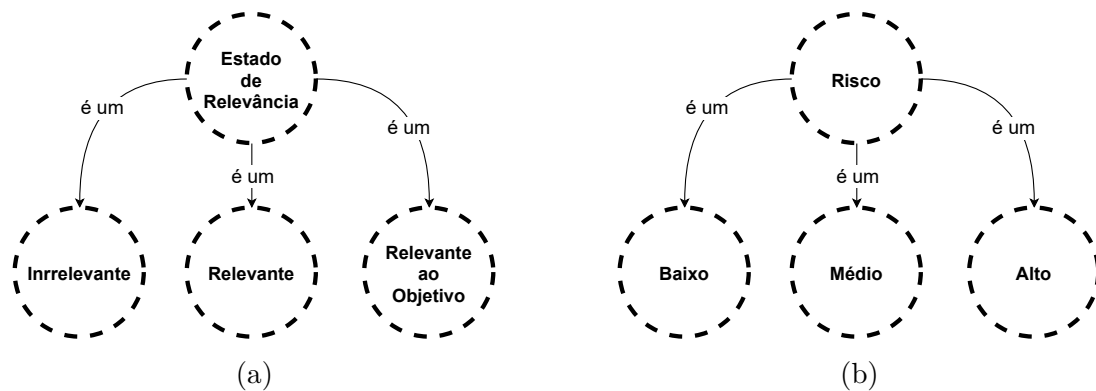


Figura 4.5: Conceitos da ODD-BP utilizados na KIPO para identificar se um determinado conceito do processo é relevante (a) e Extensão na KIPO para representar a magnitude de um risco (b).

Semelhante à abordagem ODD-BP, o Motirõ também necessita que os executores do processo definam explicitamente qual é o objetivo a ser alcançado no momento. Com o objetivo informado, é possível inferir quais elementos do processo são relevantes. Essa inferência considerou os modelos centrados em dados e objetivos que, diferente dos modelos tradicionais baseados em fluxo, verifica quais os elementos obrigatórios estão presentes para atingir o objetivo [41, 42]. Nesse sentido, o processo de inferência busca e marca recursivamente, desde o objetivo, todos os elementos como *Relevante*, *Irrelevante* ou *Relevante ao Objetivo*, de modo a sugerir ao executor quais processos merecem atenção e empenho de recurso.

A KIPO originalmente traz somente o conceito *Risco*. Contudo, somente esse conceito não é suficiente para descrever um risco e auxiliar os executores do processo a tomarem as melhores decisões. O Motirõ, então, realizou a extensão da KIPO, Figura 4.5b, com o conceito simplificado dos níveis de risco (*Alto*, *Médio* e *Baixo*), que representam o resultado após análise da probabilidade e do impacto de um evento ocorrer [43]. Tal medida, possibilita aos decisores avaliarem o impacto da execução de uma determinada atividade. Permite, ainda, verificar a possibilidade de fracasso da execução de um processo

compartilhado. Por fim, o conceito risco pode ser atribuído a qualquer elemento do processo.

O MWNE marca recursivamente o nível de risco (NR, na Equação 4.4) dos elementos que não foram marcados explicitamente, considerando a cadeia de dependência entre os elementos, semelhante ao que foi feito com a relevância. Por exemplo, se uma atividade depende de outra que possui um nível de risco *Alto*, ela será marcada como *Alta* também, conforme apresentado Equação 4.5 com a lógica descritiva. Assim, sempre que um elemento novo é inserido ou reclassificado seu nível de risco, toda ontologia é verificada novamente, possibilitando ao decisor em tempo real saber se as medidas adotadas estão aumentando a chance de alcançar o objetivo com sucesso.

$$NR \equiv Alto \sqcup M\u00e9dio \sqcup Baixo \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} Elemento_{NR} \equiv & \exists requerido\_por.Elemento_{NR} \\ & \sqcup \exists entrega.Elemento_{NR} \\ & \sqcup \exists demandado\_por.Elemento_{NR} \\ & \sqcup \exists produz.Elemento_{NR} \\ & \sqcup \exists prover.Elemento_{NR} \\ & \sqcup \exists precede.Elemento_{NR} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Para exemplificar todos os conceitos e elementos apresentados no MWNE, a Figura 4.6 apresenta um processo gen\u00e9rico com as infer\u00eancias realizadas e valores inseridos. Inicialmente, foi definido o processo com cinco *Atividades Intensivas em Conhecimento* (AIC) e os relacionamentos com os *Objetos de Dados* (DO), os *Documentos* (DOC) e as outras atividades. Destaca-se que, a qualquer momento do tempo de execu\u00e7\u00e3o, esses elementos podem ser alterados, removidos ou inseridos novos. Para analisar o processo gen\u00e9rico e suas infer\u00eancias, seguem-se os seguintes passos:

1. ap\u00f3s definido o processo, um objetivo foi definido, marcando explicitamente a *AIC 3* com o conceito *Relevante ao Objetivo* (*GR*);
2. os participantes identificam a presen\u00e7a de dados, neste caso o *DO1* est\u00e1 presente (marcado com o *SA*) e os *DOC 1*, *DO 2* e *DO 3* est\u00e3o ausentes;
3. o MWNE buscou e marcou todos os elementos com *GR* que merecem aten\u00e7\u00e3o para alcançar o objetivo (*AIC 3*).



4. a atividade *AIC 5* foi marcada como *Irrelevante (I)* pelo MWNE, pois no resultado de sua execução não há uma saída que contribua para objetivo (*AIC 3*); e
5. o *DO 1* foi marcado como *Relevante (R)* pelo MWNE, por está disponível. Significa que ele contribui para o objetivo, mas que a atenção do processo pode ser desviada para outros elementos marcados com *GR* e que estão em condições de executar.

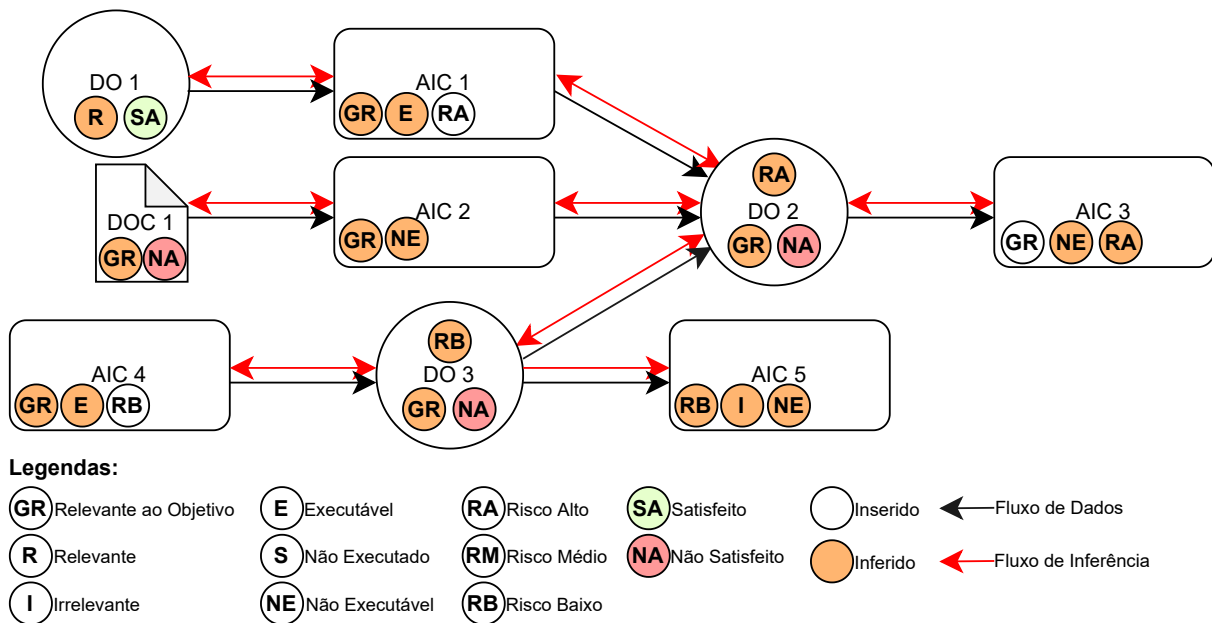


Figura 4.6: Exemplo de processo genérico com as inferências

No exemplo, é possível identificar quais as atividades que já estão em condições de executar. A atividade *AIC 1* já pode executar, pois sua dependência *DO 1* já está *Satisfeita*. A atividade *AIC 4* também já pode executar, pois não possui dependências. Já as outras atividades não podem, pois suas dependências ainda não foram *Satisfeitas*. No caso do objetivo estabelecido (*AIC 3*), depende do *DO 2* que pode ser *Satisfeito* com a obtenção da *DO 3* ou a partir da execução das atividades *AIC 1* ou *AIC 2*.

Os executores marcaram as atividades *AIC 1* e *AIC 4* como de alto e baixo risco respectivamente. Desse modo, o MWNE marcou os riscos dos elementos subsequentes que não estavam preenchidos. Os executores, então, podem escolher como obter o *DO 2*: se pela execução de *AIC 1*, de maior risco e menos passos; ou se pela execução do *AIC 4*, de menor risco e com mais passos.

Considerando apenas o nível Okara, já é possível fazer uma abordagem, mesmo que superficial, em todas as camadas da interoperabilidade. O nível Okara realizou o compartilhamento e alinhamento de informações e processos, através das interfaces definidas e no MWNE. Além disso, abordou as políticas de confidencialidade e segurança das informações com o Controle de Acesso e Segurança. O modelo também contempla a realização

de um trabalho colaborativo e inteligente com as inferências e sugestões realizadas em tempo real, o que permite que o processo seja totalmente modificado em tempo de execução sem a perda de conhecimento. Assim, a utilização do modelo, neste nível, possibilita a realização da interoperabilidade organizacional e semântica.

Além disso, o Motirõ realizou a interoperabilidade técnica e sintática, através dos padrões estabelecidos (API REST). Esses padrões utilizados permitem que os sistemas sejam modificados e construídos para realizar a integração. Contudo, existem sistemas que o custo de adaptação seria elevado ou até inviável para realizar a integração. Assim, idealizou-se no modelo os níveis Tuixaua e Paresar, que têm por objetivo integrar e obter informações desses sistemas.

#### 4.1.2 Nível Tuixaua

O nível Tuixaua é responsável por realizar a coordenação entre o nível Okara e o nível Paresar. Este nível é composto por diversos Agentes Orquestradores que recebem as informações do processo em execução para reagir e coordenar conforme a situação. A coordenação realizada pelos Agentes abstrai e une as informações de diversos sistemas do modelo que não foram integrados diretamente pelo nível Okara. Dessa forma, os Agentes Orquestradores tentam integrar os diversos sistemas que não foram originalmente preparados para interagir com o Motirõ, de forma a deixar transparente para os usuários a complexidade da obtenção das informações de diversas fontes.

##### Agente Orquestrador

No contexto da interoperabilidade de sistemas, há a necessidade de fazer diversos sistemas heterogêneos interagirem entre si [1]. O Agente Orquestrador foi idealizado para conseguir perceber as alterações que o processo em execução sofreu e, com base em suas responsabilidades, executar alguma ação. Uma de suas principais responsabilidades é coordenar um conjunto de Agentes Integradores do nível Paresar, de modo a verificar a disponibilidade destes agentes e, conseqüentemente, as informações que eles podem prover. Com essa função, ele pode transmitir para o nível Okara e para os Participantes se o *Documento*, *Objeto de Dados* ou *Atributo*, requisito para uma atividade, está *Satisfeita*. Assim, ele garante o bom funcionamento de todos sistemas, executando o fluxo do processo conforme foi definido pelos atores e coordenando o acesso à informação, seja por requisição de um dos sistemas que estão integrados, seja pelos atores que interagem pela interface de operação.

Ainda, poderá existir um ou vários Agentes Orquestradores a depender da necessidade do negócio e da quantidade de sistemas envolvidos. A comunicação com o nível

Okara será realizada mediante as interfaces REST já disponíveis. A comunicação com os Agentes Integradores no nível Paresar segue os protocolos de mensagens de comunicações entre agentes definidos pela FIPA [44], ou seja, na implementação, a mensagem entre eles deverá conter minimamente o emissor, o destino, o protocolo FIPA, a linguagem, o conceito ontológico da KIPO e o conteúdo. Dessa forma, os Agentes Orquestradores podem coordenar os Agentes Integradores sob sua responsabilidade e responder às solicitações dos Participantes.

Para atender a sua finalidade, quatro comportamentos foram definidos, Figura 4.7 e Figura 4.8, conforme segue:

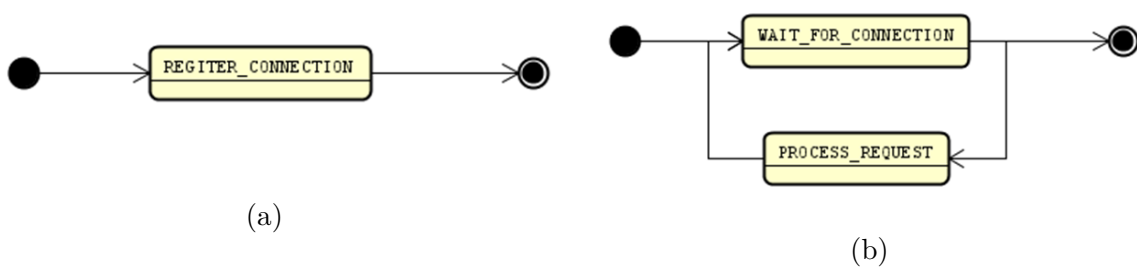


Figura 4.7: Comportamento de Registro ao Iniciar (a) e Comportamento de Servir Informações (b).

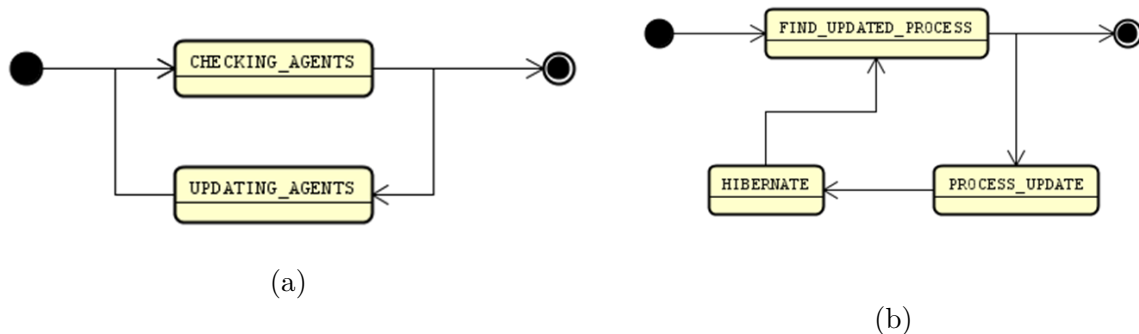


Figura 4.8: Comportamento de Monitoramento dos Agentes Integradores (a) e Comportamento do Monitoramento de Processo (b).

- **Registrar Agente:** o comportamento de registrar agente, representado no diagrama de estado na Figura 4.7a, é o comportamento inicial e executado uma única vez. Esse comportamento serve para inicializar o agente com seu registro no Controle da Interface de Operação e buscar as informações básicas sobre o processo. Dentre essas informações, os dados obrigatórios para execução de uma atividade são coletados no nível Okara, sendo eles a carga inicial do agente.

- **Servir Informações:** este comportamento é responsável por realizar a busca de informações solicitadas, Figura 4.7b. Existem duas situações que o agente realiza este comportamento: a primeira é quando o nível Okara registra a necessidade de uma informação; e a outra é quando um Agente Integrador solicita. O Agente Orquestrador, ao saber da necessidade, busca em sua base de conhecimento se um dos Agentes Integradores subordinados consegue responder. Caso exista, ele realiza uma solicitação ao Agente Integrador que possui a informação. Ainda, caso a demanda tenha vindo de um dos Agentes Integradores, o processo anterior é repetido, contudo, caso a informação não seja encontrada em seu domínio, ele solicita ao nível Okara para ser verificado na base semântica ou em outro Agente Orquestrador.

Um aspecto importante, que também deve ser considerado neste comportamento, é que o nível Tuixaua também sofre com o dinamismo e a imprevisibilidade do contexto. Esse dinamismo e imprevisibilidade devem ser tratados pelo agente orquestrador, pois a mesma informação pode vir de fonte distintas. Nesse sentido, os agentes devem conseguir avaliar e tomar decisões sobre qual a informação mais adequada a ser repassada ao solicitante, justificando, também, a escolha da abordagem com SMA.

- **Monitorar Agentes Integradores:** este comportamento é responsável por identificar se os agentes integradores e as informações provenientes deles estão disponíveis, Figura 4.8a. Assim, cada Agente Orquestrador pode monitorar um conjunto de Agentes Integradores. Cada Agente Integrador, ao iniciar, se registra em um Agente Orquestrador e informa quais informações ele necessita e consegue disponibilizar. Este é um comportamento cíclico, que executa enquanto o Agente Orquestrador estiver ativo.
- **Monitorar Processo:** o comportamento de monitoramento de processo é responsável por identificar alterações no processo, Figura 4.8b. Para isso, o Agente Orquestrador acessa periodicamente as interfaces REST do nível Okara, consulta quais atividades estão prontas para executar e verifica quais informações são necessárias para a execução. Caso, no seu domínio de operação, possua algo que satisfaça as condições apresentadas no processo, ele solicita as informações para os Agentes Integradores subordinados e envia o resultado para o nível Okara.

### 4.1.3 Nível Paresar

No Capítulo 2, é informado que esta pesquisa utiliza uma abordagem de ontologia híbrida, que consiste em utilizar mais de uma ontologia para resolver um determinado problema. No nível Okara é utilizada a primeira ontologia (KIPO), de alto nível (global) e relacionada

ao domínio do processo. Neste nível, são utilizadas outras ontologias (local) localizadas no próprio Agente Integrador. Essas ontologias estão ligadas ao domínio do negócio dos sistemas que estão sendo integrados.

Dessa forma, a principal função do nível Paresar é servir de "tradutor" para os diversos sistemas que não foram integrados diretamente no nível Okara. Assim, cada Agente Integrador tem a função de suportar um determinado conjunto de sistemas, fazendo a conversão das informações recebidas e expedidas por ele e encaminhando-as para o nível superior (nível Tuixaua).

## Agente Integrador

O agente integrador é responsável por realizar a ponte entre os diversos sistemas integrados ao Motirõ. Para isso, ele deve conseguir entender os protocolos, as capacidades e as informações dos diversos sistemas. Contudo, é impossível que um único agente integrador possua a capacidade de integrar todos os sistemas. Por isso, um dos motivos de utilizar a abordagem SMA é a possibilidade de que vários agentes integradores façam parte da solução, cada um responsável por sistemas com protocolos, ontologias e capacidades similares, todos coordenados pelo agente orquestrador. Assim, cada Agente Integrador tem que ser construído especificamente para um conjunto de sistemas.

Para atender a sua finalidade, quatro comportamentos foram definidos, Figura 4.9 e Figura 4.10, conforme segue:

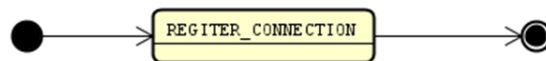


Figura 4.9: Comportamento de Registro ao Iniciar

- **Registrar Agente:** este comportamento é responsável por se registrar em um Agente Orquestrador, o qual está subordinado, Figura 4.9, de modo que o Agente Orquestrador consiga monitorá-lo. Ele será executado uma única vez ao iniciar o agente.
- **Monitoramento e Registro dos Sistemas:** neste comportamento, Figura 4.10a, o agente integrador monitora os sistemas que ele é responsável. Tal monitoramento, permite verificar e indicar ao Agente Orquestrador a disponibilidade das informações.

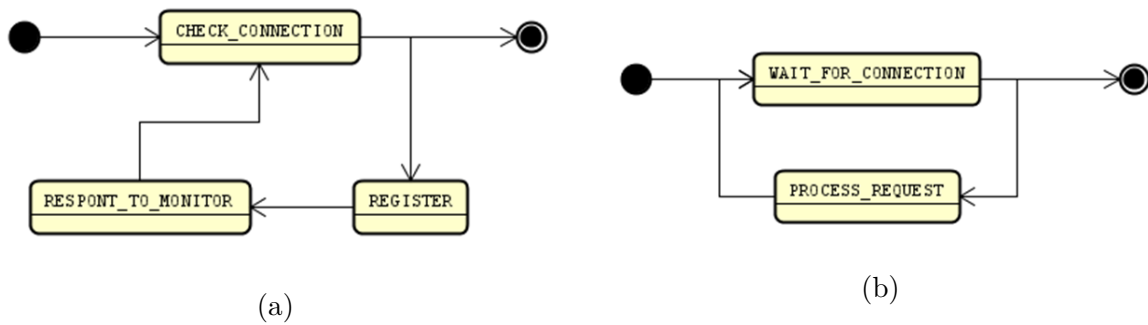


Figura 4.10: Comportamento de Execução Normal (a) e Comportamento de Servir Informações (b).

- **Servir Informações:** este comportamento é executado quando um dos sistemas integrados ou o Agente Orquestrado solicita uma informação. Quando solicitado por um dos sistemas, o Agente Integrador notifica o Agente Orquestrador da solicitação, que decidirá o que será feito. Quando a solicitação vem do Agente Orquestrador, ele executa a requisição em um dos sistemas e aguarda a resposta para encaminhar ao Agente Orquestrador.

Dessa forma, este modelo foi definido para atender todos os níveis da interoperabilidade. Contempla desde os sistemas que possuem disponibilidade e condições de se adequar ao modelo proposto, no nível Okara, até os sistemas que não dispõem destas condições, realizado no nível Tuixaua e Paresar. Outro aspecto é a utilização de ontologias, uma ontologia global (KIPO) e outras locais, para evitar ambiguidade das informações. Além disso, o uso da ontologia permite realizar inferências no processo de negócio compartilhado, sugerindo aos executores do processo possíveis caminhos, considerando a relevância e o risco daquela atividade para atingir o objetivo. Para aumentar a flexibilidade, foram utilizados agentes, de modo que componentes possam ser inseridos ou removidos dinamicamente e possam ser construídos por qualquer participante, além de poder agregar inteligência no processamento das informações. Assim, o modelo possibilita a obtenção, em todos os níveis, da interoperabilidade em contexto dinâmicos e voláteis.

# Capítulo 5

## Protótipo

Este capítulo apresenta o protótipo do modelo detalhando a arquitetura lógica dos componentes, as linguagens de programação e as tecnologias utilizadas. Além disso, expõe as dificuldades encontradas e as abstrações que foram realizadas. Por fim, são apresentadas algumas discussões e análises preliminares sobre o protótipo em comparação com a aderência ao modelo conceitual.

A implementação do protótipo foi guiada pela especificação dos componentes do modelo proposto no Capítulo anterior. Cada componente foi segregado consoante as funcionalidades previstas e tecnologias utilizadas. Os primeiros componentes desenvolvidos foram o MWNE e o Controle da Interface de Operação. Após atingir um nível mínimo de maturidade no protótipo, a ponto de verificar a viabilidade, os agentes foram desenvolvidos com um serviço externo (*Foreign Service*). Na última etapa, foi desenvolvida a Interface Web. Na Figura 5.1, é possível visualizar a arquitetura do protótipo do Motirõ, que será detalhada a seguir.

### 5.1 Motor de Fluxo de Processo Não Estruturado e do Controle da Interface de Operação

Como ponto de partida, foi realizada a extensão de um motor de fluxo de processos, que foi inicialmente desenvolvido para suportar processos estruturados (BPMN) com alguns conceitos de dinamismo. O motor de fluxo de processo original<sup>1</sup> foi desenvolvido utilizando o *framework* Django. O Django é um *framework* de código aberto escrito em Python para desenvolvimento de aplicações Web [45]. Além disso, o *framework* permite que API REST robustas sejam desenvolvidas de maneira rápida. Desta forma, visualizou-se que a junção

---

<sup>1</sup>SfDjango: <https://github.com/glins97/sfdjango>

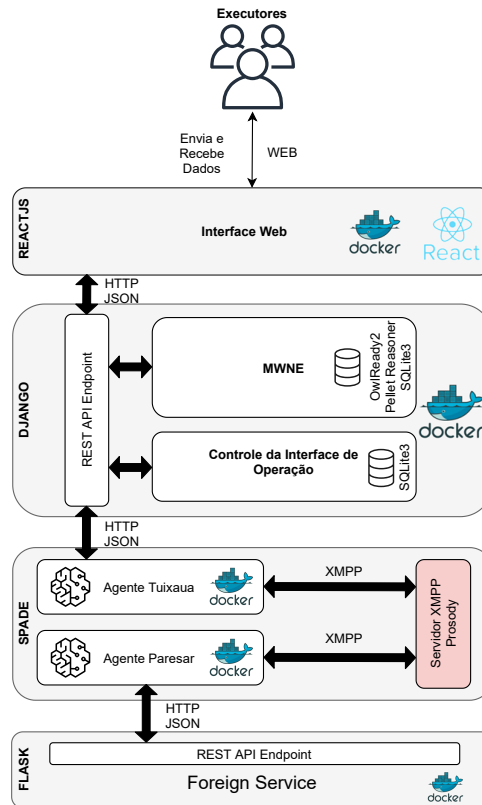


Figura 5.1: Arquitetura do Protótipo do Motirão

do Django com o que já foi implementado no motor original trariam benefícios para o protótipo.

Obtida a base do que é o nível Okara no protótipo, restava incluir a capacidade de representar a KIPO em substituição ao BPMN, existente no motor original. A inclusão da implementação da KIPO no protótipo permite que os executores dos processos definam os processos de negócio e diversos conhecimentos. Desta forma, foi necessário mapear a KIPO, especificada em [16], em um arquivo *Web Ontology Language* (OWL). O arquivo OWL da KIPO, que representa uma ontologia implementada, permite a utilização dessa ontologia por sistemas que são capazes de manipular esse tipo de arquivo. Assim, foi escolhido o pacote Owlready2 em Python, que consegue utilizar OWL de maneira eficiente no MWNE [46].

Ainda, com o Owlready2 é possível realizar a manipulação das classes, instâncias, propriedades de objetos e de dados da ontologia, além de consultas com *Protocol and RDF Query Language* (SPARQL), tudo como objetos e classes do Python de uma forma bem simplificada. Além disso, é possível realizar inferências para deduzir novos fatos e ligar conhecimentos de diferentes ontologias [46], o que permite que novos conhecimentos em uma ontologia possam ser descobertos e reutilizados. Assim, foi realizada a inclusão dessas capacidades no *framework* Django, para se obter um módulo semântico capaz de



suportar processos não estruturados que foram definidos com OWL da KIPO.

Ao importar o OWL, o Django incorpora a ontologia do processo no sistema, de forma que seja disponibilizada como um serviço. Tal fato permite que o processo seja executado por diversos agentes através das interfaces REST. Outro ponto, é a capacidade de modificação do processo em tempo de execução, garantindo a flexibilidade necessária aos processos não estruturados. Além disso, conforme o processo é executado, os conhecimentos inseridos pelos executores alteram o estado do processo, fazendo com que o processo de inferência do MWNE entre em ação. O motor de inferência utilizado no protótipo é o Pellet<sup>2</sup>. Por fim, toda ontologia, importada ou manipulada, é registrada no banco de dados semântico.

O banco de dados utilizado pelo Owlready2 é o SQLite3, dessa forma, também foi utilizada outra instância do SQLite3 para o banco de controle do Django. No banco de dados do MWNE, tanto a ontologia como os dados dos processos estão persistidos e integrados através da propriedade “storid”, que permite identificar o conceito como sendo único. O Django trabalha com o conceito de “*models*” para persistir os dados e informações no banco de dados. Neste sentido, foi necessário estender a classe “*models*”, original do Django, para que ela represente uma classe na ontologia, de modo que suas instâncias sejam os “*individuals*” da ontologia, integrando o Owlready2 com o Django e permitindo que ambos trabalhem de forma transparente. Com isso, ao instanciar uma classe “*models*” no Django, ela já representa automaticamente um conceito na ontologia KIPO com acesso a todos os seus dados e atributos persistidos na ontologia.

Finalizada a implementação do MWNE com as capacidades de representar os processos, de armazenar os conhecimentos e de realizar inferências, iniciou-se o desenvolvimento das interfaces REST para permitir o acesso externo e que os processos e conhecimentos sejam utilizados. Essas interfaces foram desenvolvidas no próprio Django, o que acelerou o processo de desenvolvimento e garantiu uma padronização com todos os retornos em JSON. Outro aspecto e vantagem obtida na utilização do Django, foi a possibilidade de habilitar o módulo de segurança dele, alcançando parcialmente a implementação do componente de Controle de Acesso e Segurança previsto no Capítulo 5. Para simplificar o protótipo, nem todos os aspectos de segurança previstos no modelo foram incluídos. Dessa forma, o único aspecto implementado foi a autenticação ao nível de acesso as interfaces REST mediante a apresentação de um *Token*, todos os outros foram abstraídos. Os aspectos de segurança abstraídos são sugeridos como trabalhos futuros, pois há a necessidade de verificar a autorização e autenticação ao menor nível da informação, o que no tempo destinado a este trabalho não seria viável.

---

<sup>2</sup>Pellet é um motor de inferência utilizado em ontologias disponível em: <https://github.com/stardog-union/pellet>

Para avaliação inicial do funcionamento e da conformidade com o modelo proposto, foi utilizada a ferramenta Postman<sup>3</sup>, Figura 5.2 . A ferramenta Postman permite realizar os testes de interfaces REST. Dessa forma, foram criadas e executadas todas as operações disponíveis no protótipo para avaliar o comportamento de cada uma delas e comparar o resultado com o modelo proposto. Para executar o lado do servidor, o Docker foi utilizado. Ao final dos testes, foi observado que o nível Okara estava funcional e compatível com o modelo.

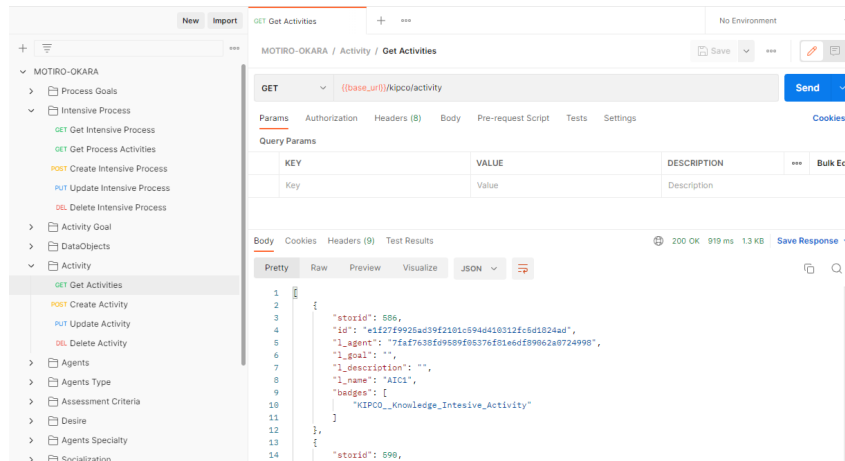


Figura 5.2: Acesso as Interfaces na ferramenta Postman

Esta parte do protótipo foi batizada de Motirõ Okara, reunindo em uma única aplicação Django todo o nível Okara do modelo. Para tornar público os achados e compartilhar o experimento realizado, foi disponibilizado o código-fonte no seguinte endereço: <https://github.com/yurifialho/motiro-okara>. Assim, verificado o funcionamento inicial, prosseguiu-se para a construção dos outros níveis do modelo.

## 5.2 Os Agentes e o Serviço Externo

Conforme definido no modelo Motirõ, Capítulo 4, os agentes são responsáveis por realizar a integração e o monitoramento de sistemas que, por algum motivo, não puderam ser integrados diretamente nas interfaces disponibilizadas no nível Okara. O agente do nível Tuixaua é o responsável por orquestrar a necessidade das informações com a disponibilização delas. Para isso, ele possui diversos comportamentos que realizam diversas ações de modo a atingir seus objetivos. Assim, para desenvolver estes agentes, existem diversas tecnologias e modos de implementá-los, sendo a *Smart Python Agent Development Environment* (SPADE)<sup>4</sup> uma delas.

<sup>3</sup>Postman, disponível em: <https://www.postman.com/>

<sup>4</sup>SPADE, disponível em: <https://spade-mas.readthedocs.io/en/latest/readme.html>

A SPADE é uma plataforma para desenvolvimento de SMA com Python. Essa plataforma suporta as especificações do FIPA e permite se comunicar com agentes e com pessoas através de mensagens instantâneas, pelo protocolo XMPP. Além disso, permite que todos os agentes sejam monitorados em tempo real. Dessa forma, devido utilizar Python como linguagem, suportar a FIPA e permitir o monitoramento, a SPADE se mostrou compatível e adequada para implementação dos agentes do nível Tuixaua e Paresar do Motirõ.

O Orquestrador, no nível Tuixaua, foi o primeiro agente desenvolvido. Nele foram criados os quatro comportamentos, sendo um simples e três como máquina de estado finito, que permitem a construção de comportamentos complexos na SPADE. O "*FSMBehaviour*", uma classe da SPADE que trata o comportamento baseado em máquina de estado finito, define os estados em que o agentes pode transitar e as condições para sua mudança. A utilização dessa classe permitiu atender às especificações do modelo proposto.

A mesma abordagem foi utilizada para o agente integrador. Assim, na Figura 5.3, é possível visualizar o *dashboard* de monitoramento do SPADE para o agente Orquestrador, com os comportamentos que estão em execução e com os agentes Integradores (nível Paresar) que estão lhe subordinados.

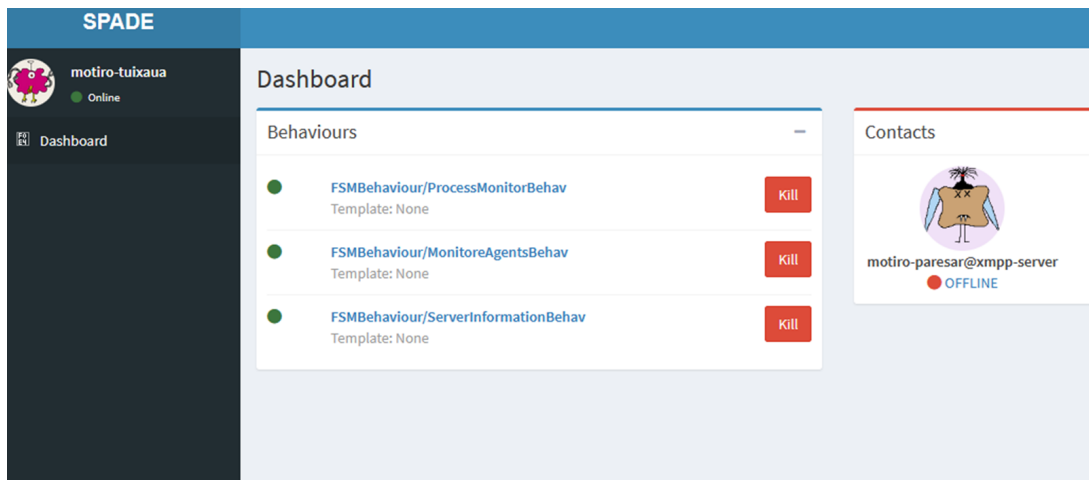


Figura 5.3: Dashboard SPADE - Nível Tuixaua - Agente Orquestrador

Para permitir que os agentes pudessem se comunicar através do protocolo XMPP, foi necessária a disponibilização de um servidor Prosody<sup>5</sup>, um servidor de comunicação de código aberto que permite a troca de mensagem utilizando o protocolo XMPP. Outro aspecto de disponibilização, é que os dois agentes e o servidor Prosody utilizaram o Docker para otimizar os recursos computacionais envolvidos e permitir um fácil acesso ao nível Okara já desenvolvido.

<sup>5</sup>Prosody, disponível em: <https://prosody.im/>

Salienta-se, aqui, alguns aspectos quanto às limitações e às abstrações realizadas neste nível. Primeiro, como o foco do trabalho está no nível organizacional, o agente Integrador não contempla as ontologias locais, conforme especificado no modelo. Outro aspecto, é que foi desenvolvida uma API simples, chamada de *Foreign Service*, para simular um sistema externo que está sendo integrado pelos SMA do protótipo. O *Foreign Service* foi desenvolvido em Python com Flask<sup>6</sup>, contendo um único *endpoint* e com o retorno de um JSON simples. Além disso, não foi implementada o consenso quando a mesma informação é provida por serviços ou fontes distintas para verificar qual a informação que será mantida e qual será descartada.

Por fim, da mesma forma do protótipo do nível Okara, o código-fonte do agente Orquestrador, batizado de Motirõ Tuixaua, foi disponibilizado no seguinte endereço: <https://github.com/yurifialho/motiro-tuixaua>. Da mesma forma, os códigos-fonte do agente Integrador e do *Foreign Service* foram disponibilizados nos seguintes endereços: <https://github.com/yurifialho/motiro-paresar> e <https://github.com/yurifialho/motiro-foreign-service>, respectivamente. Após finalizada esta etapa, verificou-se que havia a necessidade de tornar o protótipo mais amigável e usual para uma pessoa comum. Nesse sentido, foi desenvolvida uma Interface Web, de modo a abstrair a complexidade.

### 5.3 Interface Web

A Interface Web serve de ponto de entrada entre a implementação do modelo (protótipo) com um usuário comum (pessoa), de modo que protótipo possa auxiliá-lo na execução do processo. Na Figura 5.4, é apresentado o resultado de uma das telas da Interface Web. A Interface Web foi construída utilizando a biblioteca React<sup>7</sup>, que permite a criação de interfaces de usuário interativas de uma forma mais fácil.

Definida a tecnologia da construção da Interface Web, todas as chamadas das API REST foram compiladas e disponibilizadas em um conjunto de telas, onde cada uma delas está acessível através de um menu lateral. Outro aspecto, é quanto ao conteúdo, as informações do processo e os conhecimentos foram expostas no formato de tabelas, com as marcações do MWNE coloridas, para facilitar a visualização do executor na tomada de decisão. Ainda, foi adicionado um botão de sincronização, responsável por acionar explicitamente o MWNE. Essa decisão foi tomada em virtude do motor de inferência utilizado (o Pellet).

Segundo Rietzke *et. al* [30], o Pellet não é adequado para ser utilizado em soluções finais e reais, pois à medida que a ontologia e os dados são inseridos e crescem de tama-

---

<sup>6</sup>Flask, um *microframework* para construção de API, disponível em: <https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/>

<sup>7</sup>React, disponível em: <https://pt-br.reactjs.org/>

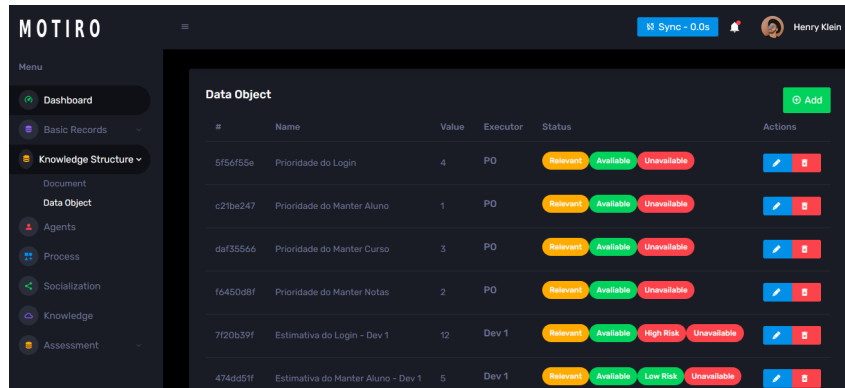


Figura 5.4: Tela do protótipo da Interface Web

no, o motor de inferência demora mais tempo para finalizar seu processamento. Esse fato foi observado, também, no protótipo após realizadas as avaliações que serão explicadas no Capítulo 6. Apesar de observado essa limitação, por restrições temporais, não foi possível executar outros tipos de motores de inferências, como os incrementais [47], para verificar o tempo de resposta e melhorar o desempenho do protótipo nesse aspecto. Assim, será sugestão de trabalhos futuros a substituição do Pellet por outro que tenha um melhor desempenho. Por fim, a Interface Web foi disponibilizada publicamente no endereço: <https://github.com/yurifialho/motiro-frontend>. Assim, realizada a implementação do protótipo com os componentes básicos do modelo, apesar de algumas abstrações, foi iniciado o processo de sua avaliação e, conseqüentemente, do modelo.

# Capítulo 6

## Avaliação

Na metodologia *Design Science Research* (DSR) utilizada nesta pesquisa, há uma etapa onde o artefato produzido é avaliado, seja em um ambiente experimental ou real. Para verificar se os requisitos de contexto identificados na etapa de definição do problema são atendidos pelo modelo proposto, este capítulo apresenta as métricas e os procedimentos utilizados na avaliação.

Para avaliação da interoperabilidade, existem diversos modelos, *frameworks*, metodologias e diretrizes para que uma organização consiga avaliar e atingir os objetivos de interoperabilidade desejados. O *Level of Information System Interoperability* (LISI), *Organizational Interoperability Model* (OIM), *Level of Conceptual Interoperability Model* (LCIM) e *Maturity Model for Enterprise Interoperability* (MMEI) são alguns dos modelos de maturidade e avaliação mais utilizados por diversas organizações [48]. O trabalho [3] realizou uma revisão sistemática da literatura de modo a identificar as abordagens de avaliação da interoperabilidade, sob diversos aspectos. O modelo MMEI [49] é um dos que mais se destaca pelo fato de avaliar tanto quantitativamente, quanto qualitativamente os quatro níveis de interoperabilidade de uma organização. Contudo, o modelo MMEI é indicado para avaliar o nível de maturidade de uma organização real em operação, não podendo ser aplicado integralmente no contexto desta pesquisa. Assim, esta pesquisa utilizou somente os conceitos e aspectos que puderam ser adaptados e aplicados a este trabalho.

O modelo MMEI [49] relata que os problemas de interoperabilidade estão relacionados com os níveis organizacional, semântico, sintático e técnico. Para descrever esses problemas, o autor considera três barreiras (Tabela 6.1): (i) organizacional, que se refere à incompatibilidade das estruturas, regras de negócio, cultura e gestão; (ii) conceitual, que se refere ao mais alto nível de modelagem e abstração de uma organização que envolve os níveis semântico e sintático; (iii) e técnica, que se refere aos padrões tecnológicos de compartilhamento e troca de dados. Assim, as avaliações efetuadas buscaram responder aos seguintes questionamentos:

Tabela 6.1: Barreiras e Preocupações da Interoperabilidade

		Barreiras		
		Organizacional	Tecnológica	Conceitual
Preocupações	Negócio	Regras de Negócio Legislação	Infraestrutura	Cultura Estratégia
	Processo	Processo de Negócio	Interfaces Ferramentas de Suporte	Semântica e Sintaxe dos Processo
	Serviço	Responsabilidades Gestão dos Serviços	Arquitetura das Interfaces	Descrição Semânticas dos Serviços
	Dados	Responsabilidades Gestão dos Dados	Protocolos de Troca de Dados	Representação Semântica dos Dados

- Sobre o negócio:
  - Auxilia o processo de decisão de modo a atingir os objetivos de negócio?
  - Consegue descrever a legislação, cultura e estratégia das organizações participantes?
  - É possível identificar os papéis e responsabilidades?
  - Há a negociação dinâmica entre os participantes?
- Sobre os processos:
  - Consegue descrever de maneira clara o processo?
  - Consegue integrar e fazer processos distintos trabalharem em conjunto?
  - O processo consegue ser adaptado dinamicamente?
  - Utiliza padrões para alinhamento com outros modelos de processo?
- Sobre os serviços:
  - Identifica os diversos sistemas informatizados?
  - Possibilita uma composição e operação conjunta dos diversos sistemas?
  - Possui a capacidade de modelar e descrever os sistemas para preparar a interoperabilidade?
- Sobre os dados:

- Compartilha informações entre os integrantes?
- Possui segurança de acesso e proteção das informações?
- As informações são anotadas semanticamente de modo a remover as ambiguidades?

Ainda, seguindo a MMEI, dentre os conceitos utilizados e os questionamentos citados anteriormente, existem as possíveis respostas: Não Atingido (NA), Parcialmente Atingido (PA), Largamente Atingido (LA) e Plenamente Atingido (FA). Para cada uma das respostas, um valor atribuído foi considerado:

Tabela 6.2: Valores das respostas do MMEI

Item	Valor Considerado
Não Atingido (NA)	0.15
Parcialmente Atingido (PA)	0.50
Largamente Atingido (LA)	0.80
Plenamente Atingido (FA)	1.00

Segundo Guédria *et. al* [49], o nível de maturidade é determinado se o nível de maturidade  $k$  é atingido calculando a métrica  $M_k$ , conforme a Equação 6.1. O  $n_i$  é o número de barreiras de interoperabilidade a serem avaliadas e  $n$  é o número de preocupações de interoperabilidade. O  $(S_{ij})$  é o valor, Tabela 6.2, associado à preocupação de interoperabilidade  $j$  ao nível da interoperabilidade  $i$ . O nível é considerado alcançado se o valor obtido ( $M_k$ ) for maior ou igual que 0.51.

$$M_k = \frac{\sum_{i,j=1}^{n,n_i} S_{ij}}{n \times n_i} \quad (6.1)$$

Com base nos questionamentos alinhados com o modelo MMEI e no protótipo do modelo, que fora apresentado no capítulo anterior, foram confeccionados três cenários para avaliar o protótipo e, conseqüentemente, o modelo proposto.

- O primeiro cenário é o Processo de Controle, que fora exposto na Figura 4.6, de modo a verificar se o protótipo reflete as especificações definidas no Capítulo 4;
- O segundo cenário é um processo de confecção de um *Backlog* de Produto, esse cenário tem por objetivo avaliar a capacidade do modelo em executar um PIC em contexto dinâmico. Esse cenário foi proposto para avaliar plenamente o modelo e o protótipo; e
- O terceiro cenário foi elaborado para avaliar o modelo no contexto das operações interagências. Contudo, para avaliar plenamente esse cenário seria necessário que



uma operação estivesse em andamento e que todos os órgãos envolvidos autorizassem e se dispusessem a participar da pesquisa. Assim, neste cenário não foi avaliada a execução, sendo avaliado somente o nível organizacional.

## 6.1 Processo Genérico de Controle

Este cenário tem por objetivo ser o ponto de controle entre o modelo proposto no Capítulo 4 e o protótipo confeccionado conforme exposto no Capítulo 5. Ainda, deve ser considerado que nem todos os aspectos presentes no modelo foram implementados, pois o foco da pesquisa é na interoperabilidade organizacional. Deste modo, alguns aspectos presentes no modelo foram abstraídos.

Inicialmente, foi inserido no protótipo do Motirõ o processo de controle, Figura 6.1, de forma, que ao final da inserção do processo, tenham-se os elementos básicos definidos no modelo e seja possível verificar se as inferências realizadas pelo protótipo refletem as especificadas no modelo. Para percorrer todos os níveis da interoperabilidade, foram cadastradas cinco atividades genéricas, três objetos de dados e um documento. Ainda, foram marcadas as atividades *AIC 1*, *AIC 3* e *AIC 4* com os conceitos *Risco Alto*, *Relevante ao Objetivo* e *Risco Baixo*, respectivamente.

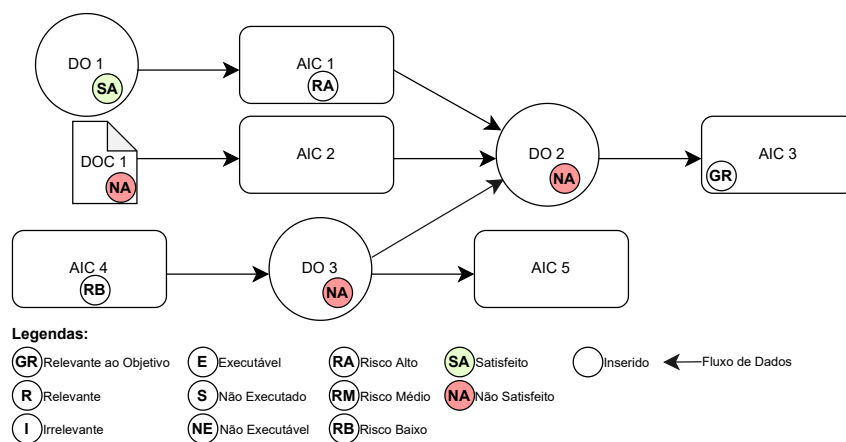


Figura 6.1: Processo de Controle Não Preenchido

Nas Figura 6.2 e Figura 6.3 são apresentadas as telas do protótipo com as informações dos *Objetos de Dados* e *Atividades* após serem processadas pelo MWNE. Foram cadastrados os objetos de dados e quem os fornecem, chamado no protótipo de *Agents*. O objeto de dados *DO1* é fornecido pelo *Agent Foreign Service*, que é um sistema definido no Capítulo 5 para simular um sistema externo. Desta forma, o Motirõ requisitou a informação para o nível Tuixaua, que solicitou ao nível Paresar a disponibilização da informação do sistema *Foreign Service*. Ao retornar a informação para o nível Okara, foi marcado o *DO1* como disponível e atribuído o valor vindo do *Foreign Service*, que no caso é "Teste".

#	Name	Value	Executor	Status	Actions
b90eb475	DO1	Teste	Foreign Service	Relevant Available	[Edit] [Delete]
775f9820	DO2		Pessoa	High Risk Goal Relevant Unavailable	[Edit] [Delete]
abbf9614	DO3		Pessoa	Goal Relevant Low Risk Unavailable	[Edit] [Delete]

Figura 6.2: Tela de Controle de Objeto de Dados do Protótipo

#	Name	Executor	Status	Action
e1f27f99	AIC1	Pessoa	Goal Relevant Executable High Risk	[Eye] [Delete]
cf34d5a1	AIC4	Pessoa	Goal Relevant Executable Low Risk	[Eye] [Delete]
de7d15f6	AIC3	Pessoa	Goal Relevant Not Executable High Risk	[Eye] [Delete]
d90cd77d	AIC5	Foreign-Service	Irrelevant Not Executable Low Risk	[Eye] [Delete]
180fd615	AIC2	Pessoa	Goal Relevant Not Executable	[Eye] [Delete]

Figura 6.3: Tela de Edição do Processo

Os objetos de dados *DO2* e *DO3* receberam os marcadores de relevância ao objetivo (*Goal Relevant*) e de indisponibilidade (*Unavailable*) automaticamente pelo Motirõ após todos os objetos de dados e atividades terem sido cadastrados e vinculados. O marcador de alto risco (*High Risk*) e baixo risco (*Low Risk*) foram atribuídos pelo executor do processo ao *DO2* e *DO3*, respectivamente. Desta forma, o executor do processo já consegue visualizar quais as informações são relevantes, o seu nível de risco e quem pode fornecê-las.

Esta avaliação permitiu verificar se o protótipo reflete o que foi idealizado no modelo. Além disso, verificou-se a possibilidade de realizar a interoperabilidade em todos os níveis. A interoperabilidade organizacional foi obtida com a capacidade de representar o processo, as atividades intensivas em conhecimento, as responsabilidades e as conexões entre os elementos. A semântica foi obtida com a utilização da ontologia, que fica transparente para o usuário que está utilizando o protótipo. A sintática e técnica foram alcançadas com as interfaces REST no nível Okara e pelos agentes, dois simulando o nível Tuixaua e Paresar e um simulando um sistema externo (*Foreign Service*), que permitiu a recuperação de uma informação necessária para a execução do processo que fora apresentado. Contudo, apesar de ser possível visualizar no protótipo que no processo simulado a interoperabilidade foi alcançada, a avaliação não foi feita com um PIC real, com pessoas reais e no contexto dinâmico. Assim, foi realizada mais duas avaliações: uma com o Processo Scrum; e outra

com um Processo de Contenção de Desastre.

## 6.2 Processo Scrum

O Scrum é um *framework* normalmente utilizado para conduzir o desenvolvimento de produtos ou sistemas complexos [50]. No Scrum, há diversos papéis, artefatos, eventos e regras que conduzem o desenvolvimento, além de ser dependente de seus executores e permitir a junção de diversas outras técnicas, podendo ser adaptada em tempo de execução. Nesse sentido, foi escolhida a confecção de *Backlog* de Produto para ser simulada no protótipo.

Segundo Schwaber e Sutherland [50], o *Backlog* do Produto é uma lista ordenada com as necessidades e prioridades estabelecidas pelo Dono do Produto, *Product Owner* (PO). Além disso, o *Backlog* é dinâmico, ou seja, sofre alterações no decorrer da vida do produto. Diversos times Scrum podem trabalhar em um mesmo *Backlog*, com adição de detalhes, estimativas e modificações na ordenação das necessidades inicialmente estabelecidas. Dessa forma, na Figura 6.4, o processo simplificado de confecção de um *backlog* de produto priorizado e estimado é apresentado.

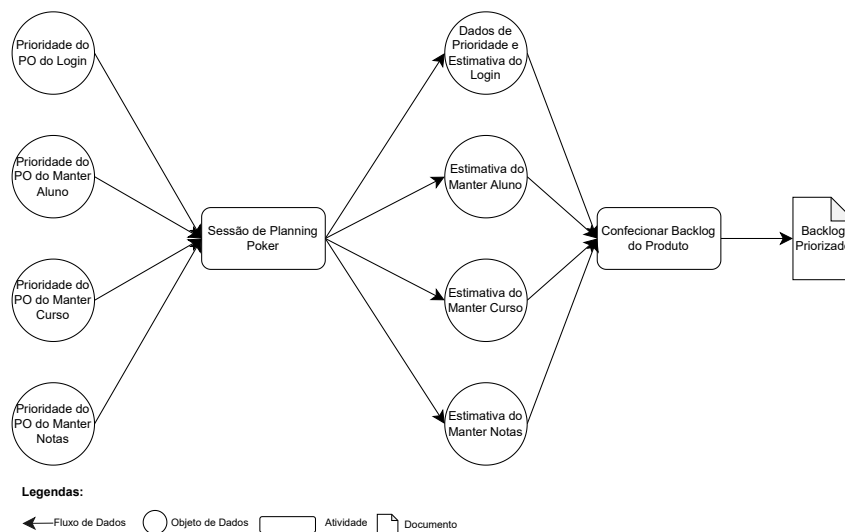


Figura 6.4: Processo de Confecção do Backlog do Produto

Para confecção do *Documento Backlog* Priorizado e condução desta avaliação, foi estabelecido que neste processo o produto deveria ter quatro funcionalidades: o *login* do usuário, o manter aluno, o manter curso e o manter notas. Cada funcionalidade seria priorizada pelo PO, para, posteriormente, ser estimada pelos integrantes do time. A estimativa, realizada pelo time, poderia ser feita com qualquer técnica conhecida por eles, mas que deveria ter como resultado um valor numérico maior que zero. Além da estimativa, os participantes devem identificar o nível do risco para cada funcionalidade. Após isso,

o PO deve confeccionar o *Backlog* do produto com ajuda das informações apresentadas no protótipo. Ao final do experimento, todos os participantes preenchem o questionário exposto no Apêndice B.

O questionário foi elaborado com dezenove perguntas, sendo cinco referentes à experiência dos participantes e quatorze referentes aos critérios definidos no MMEI. Para as perguntas referentes à experiência dos participantes, buscou-se verificar a familiaridade deles com os métodos ágeis, em particular com o Scrum. As quatorze perguntas referentes ao modelo buscaram verificar o nível de maturidade do protótipo em todas as camadas de interoperabilidade.

A avaliação foi realizada em um órgão público federal especializado em desenvolvimento de sistemas. Sete servidores deste órgão foram voluntários para realização da pesquisa. Todos os sete servidores possuem mais de três anos de experiência com métodos ágeis. Ainda, nenhum deles trabalhou com métodos ágeis de forma remota, o que significa que não possuem experiência quando o processo é auxiliado, em sua totalidade, por ferramentas. Por fim, quanto aos papéis desempenhados atualmente dos voluntários, no que determina o Scrum, 72% atuam como PO, 14% atuam como *Scrum Master* (SM) e 14% atuam como Desenvolvedor.

Compreendido o perfil e experiência dos participantes desta avaliação, foi atribuído aleatoriamente a cada voluntário um papel do Scrum, sendo um PO e seis desenvolvedores. Essa distribuição de papéis teve como finalidade definir as responsabilidades de cada um na execução do processo de construção do *backlog* de produto desta avaliação. Após realizada a distribuição dos papéis, foram apresentadas as funcionalidades do protótipo, como operá-las e qual o objetivo do processo. Realizada a apresentação do protótipo, foi solicitado que os participantes executassem o processo.

Após executado pelos participantes, o processo e as informações ficaram conforme apresentado na Figura 6.5. Cada desenvolvedor criou um objeto de dado para cada item do *backlog* para informar o nível do risco e atribuir sua estimativa de tamanho. Após a inserção de todas as informações pelo PO e pelos desenvolvedores, o protótipo marcou todos objetos de dados com o conceito *Available*. Além disso, um dos desenvolvedores (Dev 1) marcou a funcionalidade de Login como de Risco Alto, o que fez com que o Motirõ inferisse que todas as atividades e objetos seguintes fossem marcados como de alto risco também, Figura 6.6. Essa abordagem, fez com que o voluntário que estava fazendo o papel de PO, ao visualizar a informação no sistema, questionasse o desenvolvedor o motivo. O Dev 1 explicou o motivo e manteve a sua opinião, assim como, convenceu o PO, que manteve as inferências realizadas pelo protótipo.

Finalizada a execução do processo, foram aplicados os restantes das perguntas constantes no questionário, Apêndice B, referente a utilização do protótipo. O valor de cada

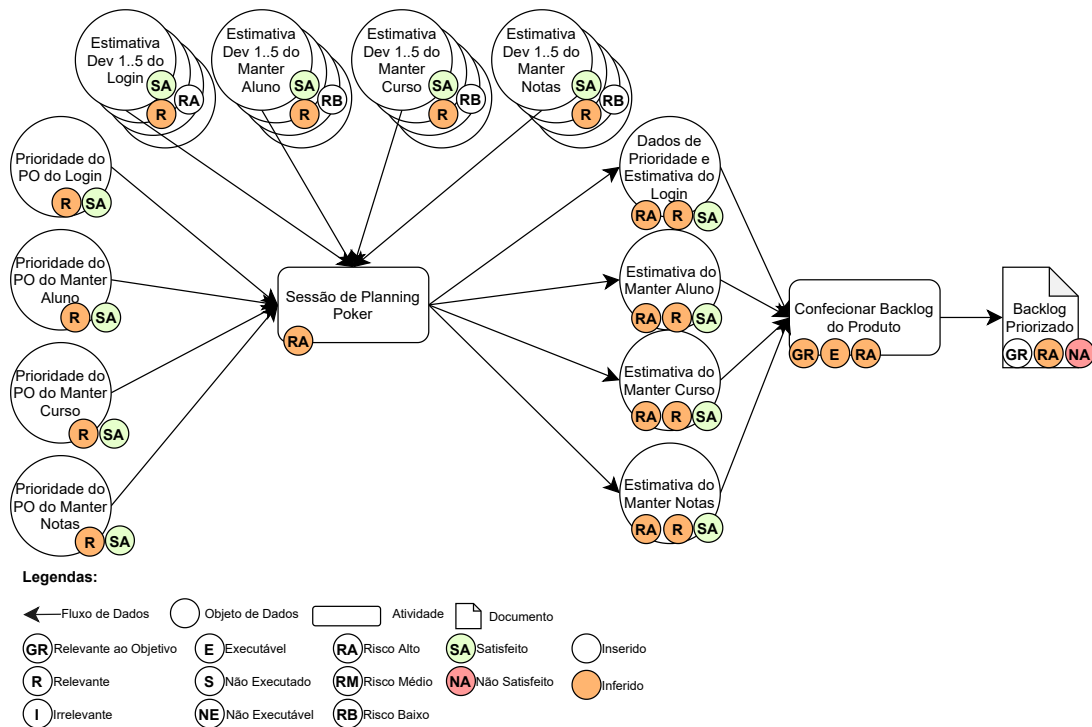


Figura 6.5: Processo de Confecção do *Backlog* do Produto após execução

#	Name	Value	Executor	Status	Actions
5f56f55e	Prioridade do Login	4	PO	Relevant Available	[Edit] [Delete]
c21be247	Prioridade do Manter Aluno	1	PO	Relevant Available	[Edit] [Delete]
daf35566	Prioridade do Manter Curso	3	PO	Relevant Available	[Edit] [Delete]
f6450d8f	Prioridade do Manter Notas	2	PO	Relevant Available	[Edit] [Delete]
7f20b39f	Estimativa do Login - Dev 1	12	Dev 1	Relevant Available High Risk	[Edit] [Delete]
474dd51f	Estimativa do Manter Aluno - Dev 1	5	Dev 1	Relevant Available Low Risk	[Edit] [Delete]

Figura 6.6: Processo Scrum - Extrato da tela protótipo pós-execução.

questão foi compilado através de uma média simples das respostas dos participantes a uma determinada questão. A média do resultado de cada questão, Figura 6.7, foi submetida aos critérios do MMEI para identificar o nível de maturidade da interoperabilidade do protótipo e, conseqüentemente, do modelo.

Para os valores médios das respostas obtidas, foi aplicada a Equação 6.1 para o nível 4 do MMEI. O nível 4 do MMEI é chamado de adaptado, nível mais alto de maturidade

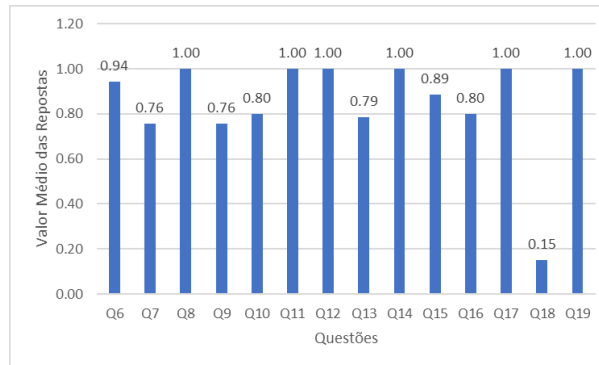


Figura 6.7: Processo Scrum - Valores Médios das Respostas.

de interoperabilidade, que consiste na capacidade de adaptação e ajustes dinâmicos em tempo de execução [49]. Nesta avaliação é possível observar que o valor alcançado para  $M_4$  foi de **0,85**, o que indica que o protótipo atingiu uma Plena Interoperabilidade em todas as camadas.

Contudo, como foi mencionado no início do capítulo, o MMEI é utilizado para verificar a maturidade de organizações reais e precisou ser adaptado. Dessa maneira, este trabalho não considerou todos os critérios que fazem julgamento da infraestrutura da organização, por exemplo, se possui máquinas e servidores dedicados para estabelecer a comunicação. Outro critério que não foi considerado, é a existência de políticas e normativos legais na organização para estabelecimento da interoperabilidade e do compartilhamento de dados com outras organizações.

Por fim, esta avaliação buscou verificar se o protótipo e o modelo conseguiriam realizar a interoperabilidade em todas as camadas. Um processo simplificado de confecção de um *backlog* de produto do *framework* Scrum foi utilizado na avaliação. O protótipo foi carregado com o processo e foi solicitado a um conjunto de sete voluntários com experiência em métodos ágeis que executassem o processo. Ao final do processo os voluntários avaliaram o protótipo com base em critérios estabelecidos pelo MMEI para se obter o nível de maturidade de interoperabilidade. O nível de maturidade obtido foi o 4, com o valor de 0,85, que é considerado Plenamente Alcançado. Assim, verifica-se que o protótipo estabelece a interoperabilidade em todas camadas para o contexto que foi aplicado.

### 6.3 Processo de Contenção de Desastre

Na avaliação anterior, foi possível verificar que o modelo atende a capacidade de realizar a interoperabilidade com PIC em todas as camadas. Um dos diferenciais deste trabalho é capacidade do modelo realizar a interoperabilidade em operações interagências. Contudo, o processo de Scrum, apresentado na avaliação anterior, não é uma operação interagências.

Desta forma, buscou-se na literatura e em documentos de alguns órgãos processos de operações interagências que pudessem ser utilizados.

O Plano de Contingência para enfrentamento de desastre em Belo Horizonte é um dos documentos encontrados na busca e que melhor se encaixou para o contexto deste trabalho [51]. No plano, há o Anexo Externo II que trata do protocolo de atuação integrada na gestão de situações críticas. O anexo descreve todos os processos, atividades e responsabilidades no caso de ocorrer um desastre na cidade de Belo Horizonte. Além disso, esse anexo traz uma situação simulada, de queda de aeronave, com os órgãos participantes e quais as medidas adotadas por cada um deles. Com base nesses documentos, foi elaborado este cenário de avaliação, onde o protótipo é carregado com o processo e com as informações da situação simulada.

Por não ser possível executar o processo de contenção de desastre, em sua plenitude nesta pesquisa, pois necessitaria de mais tempo, o envolvimento de diversas organizações que se predispusessem a participar, a confecção de um exercício simulado de elevada complexidade e emprego de recursos, esta avaliação limitou-se a verificar a interoperabilidade na camada organizacional e os aspectos de negócio definidos pela MMEI. Ainda, dentre todos os processos e atividades definidas no Anexo Externo II, foi escolhido o subprocesso de Instaurar Posto de Comando Local (PCL) para simplificar a avaliação e otimizar o tempo de execução da avaliação. O PCL é um local próximo à ocorrência onde os responsáveis imediatos se articulam e realizam gestões [52]. A instalação do PCL considera a avaliação do impacto do desastre para determinar o melhor local e estabelecer o plano de ação que será executado [51]. Deste modo, com base nas informações levantadas, foi registrado no protótipo o processo de instauração do PCL, Figura 6.8, para um desastre de queda de aeronave.

O processo conta com nove atividades, seis objetos de dados, quatro atributos e três documentos. A atividade Instaurar PCL foi definida como objetivo do processo. Ainda, foram preenchidos os atributos dos objetos de dados Gravidade dos Feridos, Estrutura Atingidas e Informações Vias de Acesso com os valores da simulação do Anexo Externo II do Plano de Contingência de Belo Horizonte [51]. Os riscos Alto e Médio, explicitamente atribuídos aos objetos de dados Gravidade dos Feridos e Estruturas Atingidas, não constavam no Anexo Externo II, mas foram inseridos para simular a classificação dos riscos nesse contexto. Após a inserção dos elementos no protótipo, o MWNE apresentou as inferências, destacadas em laranja na Figura 6.8. Para avaliar o protótipo, foram selecionados dois voluntários que participaram de operações interagências para participar da avaliação e responder o questionário, Apêndice C. Da mesma maneira que foi realizada a avaliação anterior, o primeiro grupo de perguntas do questionário identificou o perfil dos participantes. O segundo grupo de perguntas avaliou o nível de maturidade em in-

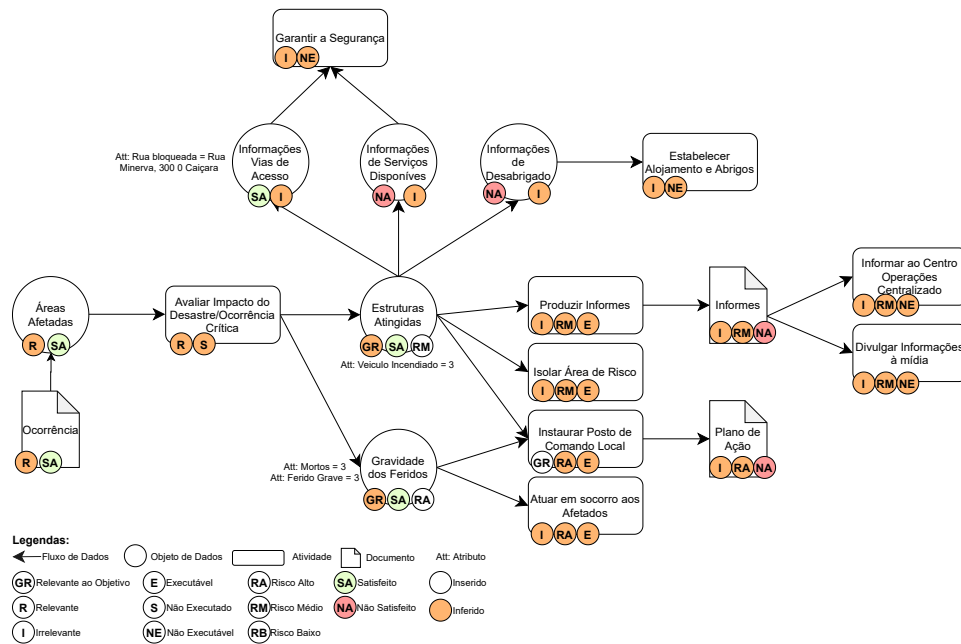


Figura 6.8: Processo Instauração do PCL do Plano de Contingência de BH

teroperabilidade organizacional do protótipo em contexto de operações interagências. A avaliação deste cenário foi conduzida nos seguintes termos:

1. foi realizada uma contextualização explicando o objetivo da pesquisa;
2. foi apresentado o Anexo Externo II do Plano de Contingência de Belo Horizonte e como ele seria utilizado;
3. foi realizada a leitura da ocorrência simulada e informado qual o objetivo a ser alcançado;
4. foi apresentado o protótipo com as informações do processo já inseridas e após execução do motor de inferência, Figura 6.8;
5. foi solicitado que fosse preenchido o questionário, Apêndice C, com base no que foi visualizado e na experiência dos voluntários em operações interagências.

Na Figura 6.9, mostram-se os valores médios das respostas dos participantes para cada questão. Nos valores apresentados, há uma resposta semelhante entre as questões, exceto pela Q10 e Q12. As respostas da Q12 foi uniforme como Não Alcançado, em virtude da abstração, no protótipo, das questões relativas à restrição de acesso às informações, o que de fato os participantes não teriam como visualizar. Nas respostas da Q10, foi identificado que os voluntários estão habituados a ver o processo em diagramas BPMN e, no protótipo, foi apresentado em forma de tabelas, o que pode ter prejudicado a compreensão e clareza do processo.



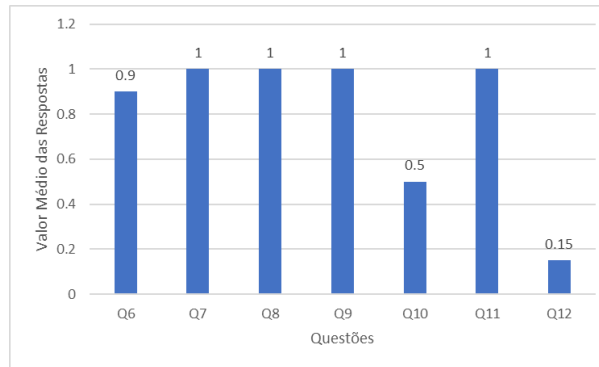


Figura 6.9: Processo de Contenção de Desastre - Valores Médios das Respostas.

De posse dos valores médios das respostas, foi aplicado o processo prescrito no MMEI para obter o nível de maturidade da interoperabilidade, que neste cenário, só serão verificados os aspectos de negócio e a camada organizacional. Dessa forma, foi aplicada a Equação 6.1 para o obter o valor do  $M$  no nível 4 do MMEI, o qual foi obtido o valor **0,79**. Como o valor obtido foi superior a 0,51, foi considerado que o nível 4 do MMEI foi alcançado. Contudo, diferente da avaliação anterior que alcançou a Interoperabilidade Plena, esta avaliação alcançou Largamente a Interoperabilidade, pois não ultrapassou o valor de 0,80. Apesar dessa diferença, ocasionada, principalmente, pelos valores da Q12, é possível afirmar que o protótipo realiza a interoperabilidade organizacional no contexto de operações interagências.

Após realizada a avaliação do protótipo e, conseqüentemente, do modelo nos três cenários apresentados e obtidos os resultados, chega-se a algumas conclusões. No primeiro cenário, o Processo Genérico de Controle, cujo objetivo foi verificar a conformidade do protótipo do com o Motirõ, o resultado foi positivo, o qual se verificou que o protótipo representa o modelo e realiza inferências conforme especificado. No segundo cenário, o Processo Scrum, cujo objetivo foi verificar a capacidade de realizar a interoperabilidade em todas as camadas, obteve-se como resultado a capacidade de realizar a interoperabilidade plena na maturidade de nível 4 do MMEI. No terceiro cenário, o Processo de Contenção de Desastre, que teve o objetivo de avaliar o modelo no contexto de operações interagências, foi verificado a capacidade do protótipo em realizar Largamente a Interoperabilidade Organizacional no nível 4 do MMEI, que foi um pouco menor que o cenário anterior em virtude da abstração do controle de segurança no protótipo. Assim, com base nas avaliações efetuadas, conclui-se que o modelo Motirõ possui, em tese, a capacidade de realizar a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis, confirmando a hipótese estabelecida neste trabalho.

# Capítulo 7

## Conclusão e Trabalhos Futuros

As organizações buscam trabalhar em conjunto para alcançar um objetivo comum de benefício mútuo, para isso elas devem estabelecer a interoperabilidade, principalmente a organizacional, que envolvem os processos de todas as organizações participantes. No entanto, há uma carência de abordagens que tratam dessa interoperabilidade quando os processos envolvidos são PIC e em contextos dinâmicos e voláteis. Esta pesquisa apresenta um modelo, o Motirão, capaz de alcançar a interoperabilidade nesses contextos.

O Motirão é um modelo com foco na interoperabilidade organizacional, mas especifica, também, a interoperabilidade em todas as camadas, desde a organizacional à técnica. O modelo utilizou uma extensão da KIPO e SMA para alcançar a interoperabilidade. Nesse sentido, quatro níveis foram propostos: o nível Okara, responsável pela interface com os participantes (sistemas e pessoas) e pelo MWNE; o nível Tuixaua, responsável pela orquestração e monitoramento das necessidades de integração; o nível Paresar, que faz o papel de adaptador entre o nível Okara e os sistemas externos; e o quarto nível, representado pelos sistemas externos.

Para verificar a viabilidade e avaliar o modelo, um protótipo foi confeccionado. Foram utilizadas diversas tecnologias, sendo o Django e o SPADE algumas delas. No Django, foi realizada uma adaptação para comportar o motor semântico e disponibilizá-lo na forma de serviço. Contudo, algumas especificações do modelo foram abstraídas, como: a autorização do módulo de controle e segurança; e as ontologias locais, no agente integrador. Tais abstrações foram necessárias por restrições temporais. Para realizar a avaliação do modelo, foram utilizados três cenários. O primeiro, cenário de controle, foi utilizado para verificar a aderência do protótipo às especificações. Os outros dois cenários avaliaram o nível de maturidade em interoperabilidade do modelo, conforme os critérios do MMEI.

O MMEI necessitou ser adaptado para os cenários deste trabalho. As questões referentes à infraestrutura dedicada e às políticas estabelecidas da organização foram removidas, devido a se aplicar somente a organizações reais. Feito isso, dois questionários foram ela-

borados, um para cada cenário. O primeiro questionário foi aplicado em uma empresa de desenvolvimento, onde sete participantes executaram um processo do Scrum no protótipo. O segundo questionário foi respondido por dois militares com experiência em operações interagências, que analisaram um processo de contenção de desastre simulado do Plano de Contingência da prefeitura de Belo Horizonte no protótipo.

Finalizadas as avaliações para os três cenários, foi possível concluir que, em um ambiente controlado, o modelo proposto consegue alcançar a interoperabilidade organizacional em contextos dinâmicos e voláteis, confirmando a hipótese estabelecida no início da pesquisa. Ainda, verificou-se, nos mesmos critérios, que o modelo consegue estabelecer a interoperabilidade nas outras camadas, além de sugerir um possível fluxo de execução do processo, baseado na relevância das atividades ou dados, nos riscos envolvidos e nas disponibilidades dos dados. Isso permite que o executor do processo foque nos eventos e nos recursos que, de fato, merecem atenção.

Por fim, no modelo proposto neste trabalho, os experimentos realizados foram em um grupo pequeno e com partes de um processo. Nesse caso, visualiza-se aumentar a quantidade de participantes na avaliação, com processos mais complexos e, se possível, em condições reais. Sugere-se como trabalho futuro a substituição do motor de inferência Pellet por outro que realize inferência de maneira incremental. Outra sugestão, é a inclusão no protótipo dos aspectos abstraídos do modelo. Sugere-se, ainda, um estudo substituindo os agentes tradicionais por agentes baseados em microsserviços.

# Referências

- [1] IEEE: *The authoritative dictionary of ieee standards terms, seventh edition; the authoritative dictionary of ieee standards terms, seventh edition*. IEEE Std 100-2000, páginas 1–1362, 2000. <http://standards.ieee.org/>. 1, 8, 35
- [2] Dias Valle, Pedro Henrique, Lina Garcés e Elisa Yumi Nakagawa: *A typology of architectural strategies for interoperability*. Em *Proceedings of the XIII Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse*, número i em *SBCARS '19*, páginas 3–12, 2019, ISBN 9781450376372. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3357141.3357144>. 1
- [3] da Silva Serapião Leal, Gabriel, Wided Guédria e Hervé Panetto: *Interoperability assessment: A systematic literature review*. *Computers in Industry*, 106:111–132, 2019, ISSN 01663615. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.002>. 1, 47
- [4] Blanc-Serrier, Séverine, Yves Ducq e Bruno Vallespir: *Organisational interoperability characterisation and evaluation using enterprise modelling and graph theory*. *Computers in Industry*, 101:67–80, outubro 2018, ISSN 01663615. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.012>. 1, 2, 9
- [5] Gacitua, Ricardo, Hernan Astudillo, Bernhard Hitpass, Mariutsi Osorio-Sanabria e Carla Taramasco: *Recent Models for Collaborative E-Government Processes: A Survey*. *IEEE Access*, 9:19602–19618, 2021, ISSN 21693536. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050151>. 1, 8, 17, 18, 22
- [6] Fernandes, Juliana, Fernanda Baião e Rodrigo Pereira dos Santos: *KIPO Opportunities for Interoperability Decisions in Systems-of-Information Systems in the Domain of Environmental Management*. Em Santos, Rodrigo Pereira dos, Cristiano Maciel e José Viterbo (editores): *Software Ecosystems, Sustainability and Human Values in the Social Web*, páginas 21–41, Cham, 2020. Springer International Publishing, ISBN 978-3-030-46130-0. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-46130-0\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-46130-0_2). 1, 3, 8, 10, 11, 13, 18, 19
- [7] Comando de Operações Terrestre: *Eb70-mc-10.248: Operações interagências*. Boletim do Exército nº 53, de 31 de dezembro de 2020, 2020. 1, 6, 7
- [8] Maciel, Rita Suzana P, José Maria N David, Daniela Barreiro Claro e Regina Braga: *Full Interoperability: Challenges and Opportunities for Future Information Systems*. I GrandSI-BR – Grand Research Challenges in Information Systems in Brazil 2016-2026, páginas 107–118, 2017. <http://dx.doi.org/10.5753/sbc.2884.0.9>. 1, 2, 8, 9

- [9] Weber, Jens H. e Craig Kuziemy: *Pragmatic interoperability for ehealth systems: The fallback workflow patterns*. Em *Proceedings - 2019 IEEE/ACM 1st International Workshop on Software Engineering for Healthcare, SEH 2019*, páginas 29–36. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., maio 2019, ISBN 9781728122519. <https://doi.org/10.1109/SEH.2019.00013>. 2, 18, 20
- [10] Yang, Lin, Minggang Yu e Qingchao Dong: *Autonomous process collaboration framework for C4ISR system interoperation*. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 28(6):1098–1113, 2017, ISSN 16711793. <https://doi.org/10.21629/JSEE.2017.06.08>. 2, 18, 21
- [11] Di Ciccio, Claudio, Andrea Marrella e Alessandro Russo: *Knowledge-intensive processes: characteristics, requirements and analysis of contemporary approaches*. *Journal on Data Semantics*, 4(1):29–57, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13740-014-0038-4>. 2, 13
- [12] Object Management Group: *Case management model and notation (cmmn)*, 2016. <https://www.omg.org/spec/CMMN/1.1/PDF>, acesso em 2022-01-10. 2, 12, 13
- [13] Trautner, Thomas, Iman Ayatollahi, Diana Strutzenberger, Thomas Frühwirth, Florian Pauker e Burkhard Kittl: *Behavioral modeling of manufacturing skills in OPC UA for automated execution by an independent cell controller*. Em *Procedia CIRP*, volume 99, páginas 633–638. Elsevier B.V., 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.03.085>. 2, 18, 19
- [14] Ciccio, Claudio Di, Andrea Marrella e Alessandro Russo: *Knowledge-intensive Processes: An Overview of Contemporary Approaches*. Em *CEUR Workshop Proceedings*, páginas 33–47. CEUR Workshop Proceedings, maio 2012. [http://ceur-ws.org/Vol-861/PROCEEDINGS\\_KiBP2012.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-861/PROCEEDINGS_KiBP2012.pdf). 2, 11, 20
- [15] Rasouli, Mohammad Reza: *Intelligent process-aware information systems to support agility in disaster relief operations: a survey of emerging approaches*. *International Journal of Production Research*, 57:1857–1872, março 2019, ISSN 1366588X. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1509392>. 2, 14
- [16] Santos França, Juliana Baptista dos, Joanne Manhães Netto, Juliana do E. S. Carvalho, Flávia Maria Santoro, Fernanda Araujo Baião e Mariano Pimentel: *KIPO: the knowledge-intensive process ontology*. *Software and Systems Modeling*, 14(3):1127–1157, 2015, ISSN 16191374. <http://dx.doi.org/10.1007/s10270-014-0397-1>. 2, 10, 11, 12, 13, 41
- [17] Coutinho, Luciano R., Anarosa A.F. Brandão, Olivier Boissier e Jaime S. Sichman: *Towards agent organizations interoperability: A model driven engineering approach*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9, 2019, ISSN 20763417. <https://doi.org/10.3390/app9122420>. 3, 14, 18, 20
- [18] Lacerda, Daniel, Aline Dresch, Adriano Proença e José Antonio Valle Antunes Júnior: *Design science research: A research method to production engineering*. *Gestão & Produção*, 20:741–761, dezembro 2012. <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/?lang=pt>. 4

- [19] Astudillo, Juan David Méndez: *Um Modelo de Interoperabilidade de Sistemas para Empresas Virtuais*. Universidade Federal de Santa Catarina, página 176, 2019. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/211391/PEAS0320-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. 10
- [20] Hagen, Cornelia Richter Von, Dietmar Ratz e Roman Povalej: *Towards Self-Organizing Knowledge Intensive Processes*. Journal of Universal Knowledge Management, 0:148–169, novembro 2005. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.123.1814&rep=rep1&type=pdf>. 11
- [21] Object Management Group: *Business process model and notation (bpmn)*, 2013. <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/PDF>, acesso em 2022-01-10. 12
- [22] Sernani, Paolo, Andrea Claudi, Luca Palazzo, Gianluca Dolcini e Aldo Franco Dragoni: *A Multi-Agent Solution for the Interoperability Issue in Health Information Systems*. Em *14th Workshop From Objects to Agents*, páginas 24–29, 2013. <http://ceur-ws.org/Vol-1099/paper14.pdf>. 14, 18, 22
- [23] Jennings, N R e S Bussmann: *Agent-based control systems: Why are they suited to engineering complex systems?* IEEE Control Systems Magazine, 23:61–73, 2003. <https://doi.org/10.1109/MCS.2003.1200249>. 14
- [24] Jennings, N.R., P. Faratin, A.R. Lomuscio, S. Parsons, M.J. Wooldridge e C. Sierra: *Automated negotiation: Prospects, methods and challenges*. Group Decision and Negotiation, 10:199–215, março 2001. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008746126376>. 14
- [25] Wooldridge, Michael: *An Introduction to MultiAgent Systems*. Wiley Publishing, 2nd edição, 2009, ISBN 0470519460. 14
- [26] Russell, Stuart e Peter Norvig: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall Press, 3rd edição, 2009, ISBN 0136042597. 14
- [27] Mora Lizán, Francisco José e Carlos Rizo-Maestre: *Intelligent Buildings: Foundation for Intelligent Physical Agents*. Journal of Engineering Research and Application, Vol. 7(Part-2):pp.21–25, maio 2017, ISSN 2248-9622. <https://doi.org/10.9790/9622-0705022125>. 15
- [28] Kitchenham, Barbara e Stuart Charters: *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE Technical Report, 1, 2007. [https://www.elsevier.com/\\_\\_data/promis\\_misc/525444systematicreviewsguide.pdf](https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf). 16
- [29] Pereira, Aldo Fontes: *Revisão Sistemática da Literatura: Como Escrever um Artigo Científico em 72 Horas*. Amazon Livros, 2017, ISBN 978-85-922461-4-3. 16
- [30] Rietzke, Eric, Carsten Maletzki, Ralph Bergmann e Norbert Kuhn: *Execution of knowledge-intensive processes by utilizing ontology-based reasoning: Odd-bp: An ontology- and data-driven business process model*. Journal on Data Semantics, 10:3–18, junho 2021, ISSN 18612040. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13740-021-00127-w>. 18, 25, 29, 30, 45

- [31] Aulkemeier, Fabian, Maria Eugenia Iacob e Jos van Hilleberg: *Platform-based collaboration in digital ecosystems*. *Electronic Markets*, 29(4):597–608, 2019, ISSN 14228890. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-019-00341-2>. 18, 21
- [32] Kampik, Timotheus, Avleen Malhi e Kary Främling: *Agent-based business process orchestration for IoT*. *Proceedings - 2019 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, WI 2019*, páginas 393–397, 2019. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3350546.3352554>. 18, 21
- [33] Asmae, Abadi, Ben Azza Hussain, Sekkat Souhail e El Moukhtar Zemmouri: *An ontology-based framework for virtual enterprise integration and interoperability*. *Journal of Communication and Computer*, 13, abril 2016, ISSN 15487709. <https://doi.org/10.17265/1548-7709/2016.04.004>. 18, 22
- [34] Naseriasl, Mansour, Davoud Adham e Ali Janati: *E-referral solutions: successful experiences, key features and challenges-a systematic review*. *Materia socio-medica*, 27(3):195, 2015. <https://doi.org/10.5455/msm.2015.27.195-199>. 20
- [35] Bender, Duane e Kamran Sartipi: *HL7 fhir: An agile and restful approach to healthcare information exchange*. Em *Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, páginas 326–331, 2013. <https://doi.org/10.1109/CBMS.2013.6627810>. 20
- [36] Navarro, Eduardo de Almeida: *Dicionário tupi antigo: a língua indígena clássica do Brasil : vocabulário português-tupi e dicionário tupi-português, tupinismos no português do Brasil, etimologias de topônimos e antropônimos de origem tupi*. Global, São Paulo, 2015, ISBN 9788526019331. 25, 26
- [37] Bresciani, Paolo, Anna Perini, Paolo Giorgini, Fausto Giunchiglia e John Mylopoulos: *Tropos: An agent-oriented software development methodology*. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 8(3):203–236, 2004. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:AGNT.0000018806.20944.ef>. 25, 67
- [38] Fielding, Roy Thomas: *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. University of California, Irvine, 2000. 28
- [39] Brasil: *Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. lei geral de proteção de dados pessoais (lcpd)*. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 2018. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm), acesso em 2022-01-10. 28
- [40] C, Bock, Fokoue A, Haase P, Hoekstra R, Horrocks I, Ruttenberg A, Sattler U e Smith M: *Owl 2 web ontology language structural specification and functional-style syntax (second edition): W3c recommendation*, 2012. <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-syntax-20121211/>. 30
- [41] Cohn, David e Richard Hull: *Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes*. *IEEE Data Eng. Bull.*, 32(3):3–9, 2009. <http://www.diag.uniroma1.it/degiacom/didattica/software-services/>

aa2009-10/lectures/Lecture01-02/additional%20material/IEEE%20Data%20Engineering09.pdf#page=5. 32

- [42] Bhattacharya, Kamal, Richard Hull e Jianwen Su: *A data-centric design methodology for business processes*. Em *Handbook of research on business process modeling*, páginas 503–531. IGI Global, 2009. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-288-6.ch023>. 32
- [43] Associação Brasileira de Normas Técnicas: *Nbr iso 31000:2009. gestão de riscos – princípios e diretrizes*, 2009, ISBN 978-85-07-01838-4. 32
- [44] Poslad, Stefan: *Specifying protocols for multi-agent systems interaction*. ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS), 2(4):15–es, 2007. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1293731.1293735>. 36
- [45] Django: *Django - the web framework for perfectionist with deadlines*, 2020. <https://www.djangoproject.com/>, acesso em 2020-12-12. 40
- [46] Lamy, Jean Baptiste: *Owlbready: Ontology-oriented programming in python with automatic classification and high level constructs for biomedical ontologies*. Artificial Intelligence in Medicine, 80:11–28, julho 2017, ISSN 18732860. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2017.07.002>. 41
- [47] Reyes-Álvarez, Liudmila, Danny Morales, Yusniel Hidalgo Delgado, Maria del Mar Roldan e Jose Aldana Montes: *Exploring Incremental Reasoning Approaches Based on Module Extraction*. Em *CEUR Workshop Proceedings*, volume 1219, páginas 1–12. Citeseer, abril 2014. <https://doi.org/10.13140/2.1.2000.8322>. 46
- [48] Margariti, Vicky, Dimosthenis Anagnostopoulos, Anastasia Papastilianou, Teta Stamatí e Sofia Angeli: *Assessment of organizational interoperability in e-Government: A new model and tool for assessing organizational interoperability maturity of a public service in practice*. Em *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, páginas 298–308. ICST, setembro 2020, ISBN 9781450376747. <https://doi.org/10.1145/3428502.3428544>. 47
- [49] Guédria, Wided, Yannick Naudet e David Chen: *Maturity model for enterprise interoperability*. Enterprise Information Systems, 9:1–28, janeiro 2015, ISSN 17517583. <https://doi.org/10.1080/17517575.2013.805246>. 47, 49, 55
- [50] Schwaber, Ken e Jeff Sutherland: *Guia do scrum: Um guia definitivo para o scrum: As regras do jogo*, 2017. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/Scrum-Guide-Portuguese-BR.pdf>, acesso em 2022-07-20. 52
- [51] Grupo Gestor de Risco e Desastre de Belo Horizonte: *Plano de contingência 2021/2022 para enfrentamento de desastres em belo horizonte*. Prefeitura de Belo Horizonte, 2021. <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestruturadefesa-civil/plano-de-contingencia>, acesso em 2022-05-15. 56



- [52] Oliveira, Marcos de: *Sistema de comando em operações - guia de campo*. Florianópolis: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2010. <https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/09/Guia-Sistema-de-Comando-em-Opera%C3%A7%C3%B5es.pdf>, acesso em 2022-07-20. 56
- [53] Mendonça, Giovane D'Avila e Gilleanes T. A. Guedes: *Metodologia Tropos: Uma Análise do Estado-da-Arte por Meio de uma Revisão Sistemática*. Em *Anais da III Escola Regional de Engenharia de Software*, páginas 167–174. SBC, 2019. <https://sol.sbc.org.br/index.php/eres/article/view/8509/8410>. 67

# Apêndice A

## Requisitos do modelo com a Tropos

### A.1 Projeto do Artefato

Nesta seção será apresentada a modelagem do artefato e o conjunto de artefatos necessários para solução do problema levantado anteriormente. O artefato foi batizado Motirõ. Neste sentido, para o projeto do artefato, que é um sistema multiagente, foi utilizada a metodologia Tropos, que é uma metodologia de desenvolvimento de sistemas orientada a agentes que cobre todo o ciclo de desenvolvimento de sistemas, com foco na engenharia de requisitos [37, 53]. Assim, o foco desta metodologia é permitir o desenvolvimento de sistemas conforme as necessidades da organização, observando a perfeita junção entre o sistema e o contexto no qual está inserido.

A metodologia tropos é composta de cinco fases bem definidas, sendo: Requisitos Iniciais (*Early Requirements*), Requisitos Finais (*Late Requirements*), Projeto Arquitetural (*Architectural Design*), Projeto Detalhado (*Detailed Design*) e Implementação (*Implementation*).

#### A.1.1 Requisitos Iniciais

A primeira fase da metodologia tropos refere-se aos requisitos iniciais. Nesta fase, é realizada a modelagem e análise dos requisitos, visando compreender o contexto organizacional onde o sistema será implantado. Ainda, é onde são identificados os atores sociais e as dependências de um com os outros para atingir as metas, realizar tarefas e fornecer recursos. A análise é orientada a metas, tendo como resultado o diagrama que apresenta as dependências entre pares de atores e a troca de recursos entre eles. O diagrama foi modelado com *framework I\** – *Intentional Strategic Actor Relationships modeling* (I STAR),

utilizando a ferramenta piStar Tool<sup>1</sup>, que permite realizar a modelagem diretamente na web e exportar o resultado.

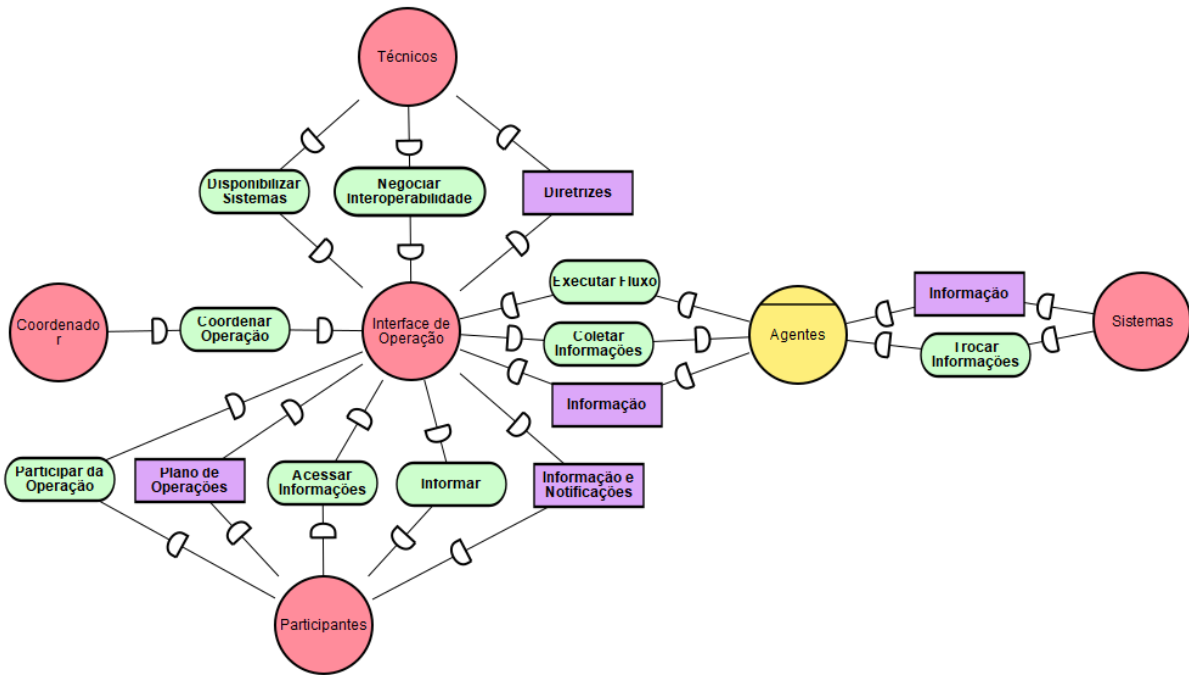


Figura A.1: Diagrama Tropos para os Requisitos Iniciais

O processo inicia com a oficialização por lei da operação em questão, onde são indicados o órgão coordenador e os órgãos participantes. O coordenador é responsável por sincronizar as ações entre todos os órgãos participantes, desde o planejamento até a execução. Os participantes buscam participar da operação com integração entre os envolvidos de modo a evitar desperdício de recursos e duplicidade de ações. Para tanto, é primordial que o planejamento seja realizado em conjunto para atingir o nível de colaboração de parceria genuína e, conseqüentemente, o objetivo em comum. Além disso, durante toda a operação, os participantes buscam se manter informados sobre a situação, tomar decisões com base nos conhecimentos e especialidades inerentes a cada um e informar a todos os participantes ou a quem necessitar ser informado.

A interface de operação tem por objetivo realizar essa integração entre todos os envolvidos através de uma interface web, na qual a execução dos fluxos de processos são baseados em Processos Intensivos em Conhecimento. Para tanto, a gestão e tráfego de conhecimento são auxiliados por agentes inteligentes que coletam dados e analisam o motor de processo dentro do sistema. Ainda, para a coleta de informações, há a necessidade que os técnicos de cada órgão negociem a interoperabilidade, no sentido de informar na interface quais são os sistemas disponíveis, suas características, protocolos e forma de acesso,

<sup>1</sup>piStar Tool: <https://www.cin.ufpe.br/~jhcp/pistar/tool/#>

considerando a diretriz de planejamento da operação e, inclusive, as restrições e níveis de acesso. Assim, com as informações disponíveis sobre a operação, sistemas e participantes, os agentes podem ir orquestrando o fluxo de processo e informações.

### A.1.2 Requisitos Finais

Nesta fase, é realizado o refinamento do modelo confeccionado na fase anterior, Figura A.2. Para isso, há a decomposição dos atores participantes em possíveis órgãos que podem integrar uma operação. O ator técnico, em civil e militar, e o ator coordenador, que pode ser um órgão militar ou um órgão público. Além disso, é possível observar os agentes que compõem o modelo, o agente orquestrador e o agente integrador. Assim, fica mais evidente o papel de cada um dos agentes, sendo o orquestrador responsável por mediar todo o fluxo de processo, com base nas regras e conhecimentos obtidos no motor de fluxo de processo contido na Interface de Operação, e enviar comandos de busca ou envio de informações para o agente integrador. O agente integrador, quando acionado por um sistema interno (agente orquestrador), realiza o processamento das informações e envia para a Interface de Operação, notificando o orquestrador das ações e decisões que foram realizadas, que logo em seguida realizará alguma ação conforme estiver definido no processo da operação.

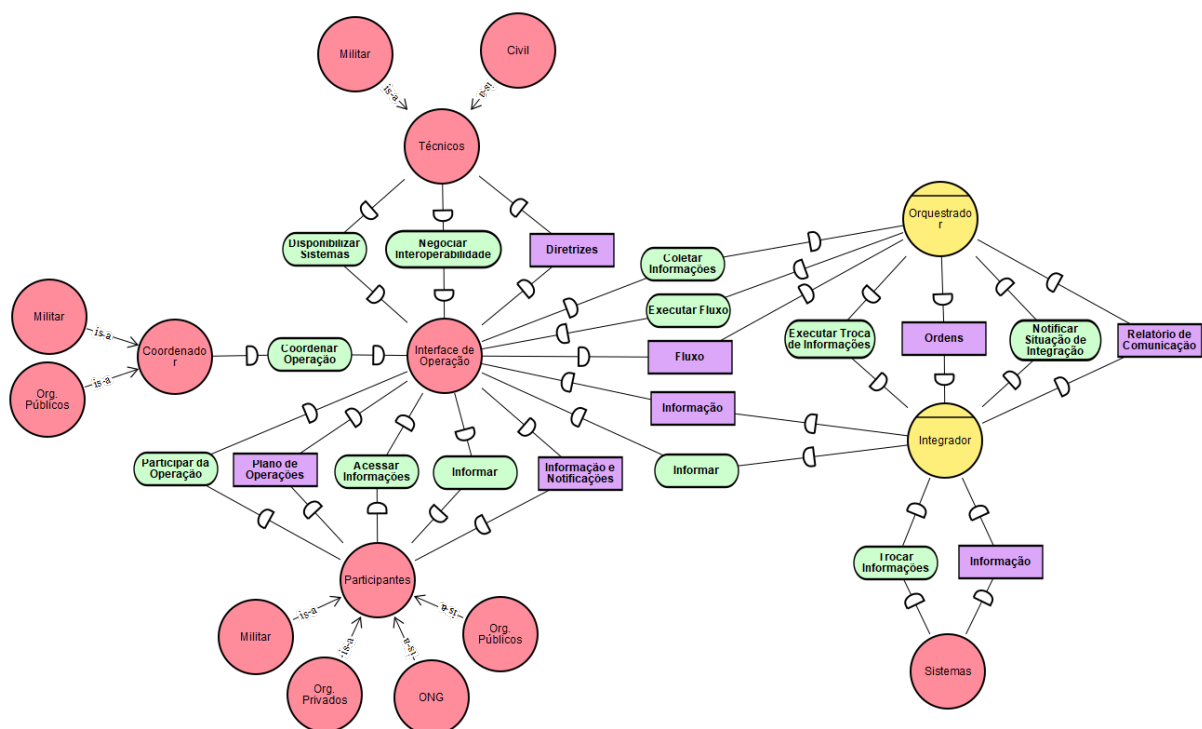


Figura A.2: Diagrama Tropos para os Requisitos Finais

### A.1.3 Projeto Arquitetural

Nesta fase, é apresentada uma visão global do sistema no diagrama de projeto arquitetural, Figura A.3. O projeto arquitetural demonstra o detalhamento interno dos agentes (orquestração e integração) e da interface de operação, com seus objetivos, relacionamentos e tarefas, sendo basicamente os requisitos funcionais do projeto. Além disso, nesta fase fica bem clara a função de cada agente no projeto. O agente orquestrador tem como principal objetivo a coordenação e execução do fluxo de processo não estruturado, que se encontra armazenado no motor de fluxo de processo dentro da interface de operação, e na coordenação do acesso à informação, disparando solicitações de informações caso esteja previsto fluxo ou se for explicitamente solicitado. No caso do agente integrador, ele realiza a mediação da troca de informações e a entrega das informações para a interface de operações, de modo a entregar aos solicitantes as informações requisitadas e registrar na base de conhecimento. Por fim, há o detalhamento dos objetivos internos e tarefas da interface de operação, que, além de servir como interface central de interação dos atores, mantém a base de conhecimento, o motor de fluxo de processo e os dados de controle do sistema.

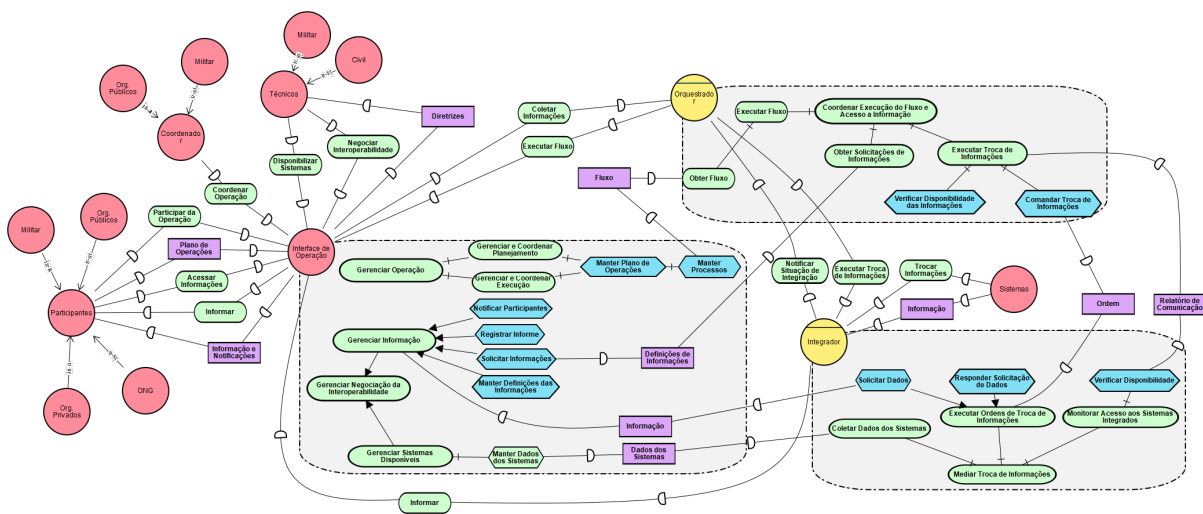


Figura A.3: Diagrama Tropos para o Projeto Arquitetural

### A.1.4 Projeto Detalhado

O projeto detalhado é a última fase da metodologia Tropos. Nesta fase, os detalhes adicionais do Motirô são apresentados, com seus módulos, componentes e interações. Para tanto, as especificações estão apresentadas nos Capítulo 4 e Capítulo 5.

## Apêndice B

### Questionário de Avaliação do Cenário do Processo Scrum

## Questionário de Avaliação do Cenário do Processo Scrum Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Com o objetivo de avaliar as informações existentes em um processo de negócio no contexto de operações interagências e o impacto dela no processo decisório, pesquisadores da Universidade de Brasília estão realizando este estudo.

Por esta razão, você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa "Interoperabilidade Organizacional: uma abordagem com Ontologia de Processos Intensivos em Conhecimento e Sistemas Multiagentes", sob responsabilidade do aluno Yuri Rodrigues Fialho e orientação do Professor Dr. Edison Ishikawa do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília. Cabe ainda destacar que as informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. Assim, a instituição para a qual você trabalha não terá o nome divulgado e tampouco terá acesso às respostas individuais. Seu nome será mantido anônimo, sendo mantido o mais rigoroso sigilo sobre qualquer informação que possa identificá-lo(a). Os dados provenientes de sua participação ficarão sob a guarda do pesquisador responsável.

- Sua participação na pesquisa não implica nenhum risco;
- O tempo total de duração será de aproximadamente 10 minutos;
- Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício;
- Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento;
- A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios; e
- Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, não hesite em entrar em contato.

Cordialmente,  
Yuri Rodrigues Fialho,  
yurirfialho@gmail.com

SOBRE VOCÊ				
Q1. Qual seu nível de escolaridade?				
Nível Médio ( <input type="checkbox"/> )	Graduação ( <input type="checkbox"/> )	Especialização ( <input type="checkbox"/> )	Mestrado ( <input type="checkbox"/> )	Doutorado ( <input type="checkbox"/> )
Q2. A quanto tempo utiliza métodos ágeis?				
Não Utiliza ( <input type="checkbox"/> )	< 1 ano ( <input type="checkbox"/> )	1 a 3 anos ( <input type="checkbox"/> )	> 3 anos	
Q3. Qual função exerce no time?				
Desenvolvedor ( <input type="checkbox"/> )	Scrum Master ( <input type="checkbox"/> )		Product Owner ( <input type="checkbox"/> )	
Q4. Já praticou ou utilizou métodos ágeis com equipes remotas?				
Sim ( <input type="checkbox"/> )			Não ( <input type="checkbox"/> )	
Q5. Se sim, quantas vezes?				
_____				
SOBRE O PROCESSO, O SISTEMA UTILIZADO E INFORMAÇÕES CONSTANTES NELE				
Q6. O processo e informações auxiliariam na tomada de decisão?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q7. O processo e informações estão claros e consegue descrever aspectos legais e estratégias das organizações participantes?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q8. É possível identificar os papéis e responsabilidades dos participantes?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q9. Há negociação dinâmica entre os participantes?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q10. O processo é apresentado de maneira clara e de fácil compreensão?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q11. Consegue integrar e fazer processos distintos trabalharem em conjunto?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q12. O processo consegue ser adaptado dinamicamente?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q13. Utiliza padrões para alinhamento com outros modelos de processo?				

NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )
Q14. Identifica os diversos sistemas informatizados?			
NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )
Q15. Possibilita uma composição e operação conjunta dos diversos sistemas?			
NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )
Q16. Possui a capacidade de modelar e descrever os sistemas para preparar a interoperabilidade?			
NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )
Q17. É possível identificar as informações que serão compartilhadas e por quem?			
NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )
Q18. Possui segurança de acesso e proteção as informações?			
NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )
Q19. As informações são anotadas semanticamente de modo a remover as ambiguidades?			
NA ( )	PA ( )	LA ( )	FA ( )

Legendas: Não Atingido (NA), Parcialmente Atingido (PA), Largamente Atingido (LA) e Plenamente Atingido (FA).



## Apêndice C

# Questionário de Avaliação do Cenário do Processo de Contenção de Desastre

## Questionário de Avaliação do Cenário do Processo de Contenção de Desastre Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Com o objetivo de avaliar as informações existentes em um processo de negócio no contexto de operações interagências e o impacto dela no processo decisório, pesquisadores da Universidade de Brasília estão realizando este estudo.

Por esta razão, você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa "Interoperabilidade Organizacional: uma abordagem com Ontologia de Processos Intensivos em Conhecimento e Sistemas Multiagentes", sob responsabilidade do aluno Yuri Rodrigues Fialho e orientação do Professor Dr. Edison Ishikawa do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília. Cabe ainda destacar que as informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. Assim, a instituição para a qual você trabalha não terá o nome divulgado e tampouco terá acesso às respostas individuais. Seu nome será mantido anônimo, sendo mantido o mais rigoroso sigilo sobre qualquer informação que possa identificá-lo(a). Os dados provenientes de sua participação ficarão sob a guarda do pesquisador responsável.

- Sua participação na pesquisa não implica nenhum risco;
- O tempo total de duração será de aproximadamente 10 minutos;
- Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício;
- Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento;
- A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios; e
- Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, não hesite em entrar em contato.

Cordialmente,  
Yuri Rodrigues Fialho,  
yurirfialho@gmail.com

SOBRE VOCÊ				
Q1. Qual seu nível de escolaridade?				
Nível Médio ( <input type="checkbox"/> )	Graduação ( <input type="checkbox"/> )	Especialização ( <input type="checkbox"/> )	Mestrado ( <input type="checkbox"/> )	Doutorado ( <input type="checkbox"/> )
Q2. Qual função exerce hoje?				
Administrativa ( <input type="checkbox"/> )		Operacional ( <input type="checkbox"/> )		
Q3. Já Participou de operações ou atividades envolvendo outros órgãos?				
Sim ( <input type="checkbox"/> )		Não ( <input type="checkbox"/> )		
Q4. Nestas operações ou atividades houve a necessidade de estabelecer procedimento, alinhamento e metas?				
Sim ( <input type="checkbox"/> )		Não ( <input type="checkbox"/> )		
Q5. Houve dificuldades na realização destas atividades?				
Sim ( <input type="checkbox"/> )		Não ( <input type="checkbox"/> )		
SOBRE O PROCESSO APRESENTADO E INFORMAÇÕES CONSTANTES NELE				
Q6. O processo e informações auxiliariam na tomada de decisão?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q7. O processo e informações estão claros e consegue descrever aspectos legais e estratégias das organizações participantes?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q8. É possível identificar os papéis e responsabilidades dos participantes?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q9. É possível identificar as informações que serão compartilhadas e por quem?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q10. O processo é apresentado de maneira clara e de fácil compreensão?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q11. É possível identificar quais atores ou participantes são sistemas informatizados?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	
Q12. É possível identificar as restrições de acesso as informações ou dados?				
NA ( <input type="checkbox"/> )	PA ( <input type="checkbox"/> )	LA ( <input type="checkbox"/> )	FA ( <input type="checkbox"/> )	

# Apêndice D

## Respostas da Avaliação do Cenário do Processo Scrum

### D.1 Sobre o universo pesquisado

Tabela D.1: Respostas ao Q1. Nível Escolaridade.

Item	Quantidade	Percentual
Nível Médio	0	0%
Graduação	0	0%
Especialização	5	71%
Mestrado	0	0%
Doutorado	2	29%

Tabela D.2: Respostas ao Q2. Experiência em métodos ágeis.

Item	Quantidade	Percentual
Não Utiliza	0	0%
< 1 ano	0	0%
1 a 3 anos	0	0%
> 3	7	100%

Tabela D.3: Respostas ao Q3. Função no time.

Item	Quantidade	Percentual
Desenvolvedor	1	14%
Scrum Master	1	14%
Product Owner	5	72%

Tabela D.4: Respostas ao Q4. Uso do Scrum com equipes remotas.

Item	Quantidade	Percentual
Sim	0	0%
Não	7	100%

Tabela D.5: Respostas ao Q5. Frequência de uso com equipes remotas.

Valor	Percentual
0	100%

## D.2 Sobre o processo, o sistema e as informações constantes nele.

Tabela D.6: Respostas ao Q6. Auxílio na tomada de decisão.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	2	29%
FA	5	71%

Valor médio obtido no Q6: 0,94.

Tabela D.7: Respostas ao Q7. Clareza e capacidade de descrição dos aspectos legais e estratégicos da organização.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	1	14%
LA	6	86%
FA	0	0%

Valor médio obtido no Q7: 0,76.

Tabela D.8: Respostas ao Q8. Papéis e responsabilidades dos participantes.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	7	100%

Valor médio obtido no Q8: 1,00.

Valor médio obtido no Q9: 0,76.

Tabela D.9: Respostas ao Q9. Negociação dinâmica.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	1	14%
LA	6	86%
FA	0	0%

Tabela D.10: Respostas ao Q10. Compreensão do processo.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	7	100%
FA	0	0%

Tabela D.11: Respostas ao Q11. Integração e trabalho conjunto.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	1	14%
LA	5	72%
FA	1	14%

Valor médio obtido no Q10: 0,80.

Valor médio obtido no Q11: 1,00.

Tabela D.12: Respostas ao Q12. Capacidade de adaptação.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	7	100%

Valor médio obtido no Q12: 1,00.

Tabela D.13: Respostas ao Q13. Padrões e alinhamento com outros processos.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	1	14%
LA	5	72%
FA	1	14%

Valor médio obtido no Q13: 0,79.

Valor médio obtido no Q14: 1,00.

Tabela D.14: Respostas ao Q14. Identificação dos sistemas informatizados.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	7	100%

Tabela D.15: Respostas ao Q15. Composição de sistemas informatizados.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	4	57%
FA	3	43%

Valor médio obtido no Q15: 0,89.

Tabela D.16: Respostas ao Q16. Preparação da composição dos sistemas.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	7	100%
FA	0	0%

Valor médio obtido no Q16: 0,80.

Tabela D.17: Respostas ao Q17. Compartilhamento das informações.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	7	100%

Valor médio obtido no Q17: 1,00.

Tabela D.18: Respostas ao Q18. Proteção das informações.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	7	100%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	0	0%

Valor médio obtido no Q18: 0,15.

Tabela D.19: Respostas ao Q19. Anotação semântica das informações.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	7	100%

Valor médio obtido no Q19: 1,00.

# Apêndice E

## Respostas da Avaliação do Cenário do Processo de Contenção de Desastre

### E.1 Sobre o universo pesquisado

Tabela E.1: Respostas ao Q1. Nível Escolaridade.

Item	Quantidade	Percentual
Nível Médio	0	0%
Graduação	0	0%
Especialização	2	100%
Mestrado	0	0%
Doutorado	0	100%

Tabela E.2: Respostas ao Q2. Quanto a função atual.

Item	Quantidade	Percentual
Administrativa	2	100%
Operacional	0	0%

Tabela E.3: Respostas ao Q3. Participação em operações ou atividades com outros órgãos.

Item	Quantidade	Percentual
Sim	2	100%
Não	0	0%



Tabela E.4: Respostas ao Q4. Necessidade de estabelecimento de padrões.

Item	Quantidade	Percentual
Sim	2	100%
Não	0	0%

Tabela E.5: Respostas ao Q5. Quanto a dificuldade.

Item	Quantidade	Percentual
Sim	2	100%
Não	0	0%

## E.2 Sobre o processo, o sistema e as informações constantes nele.

Tabela E.6: Respostas ao Q6. Auxílio na tomada de decisão.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	1	50%
FA	1	50%

Valor médio obtido no Q6: 0,90.

Tabela E.7: Respostas ao Q7. Clareza e capacidade de descrição dos aspectos legais e estratégicos da organização.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	2	100%

Valor médio obtido no Q7: 1,00

Tabela E.8: Respostas ao Q8. Papéis e responsabilidades dos participantes.

Item	Quantidade	Percentual
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	2	100%

Valor médio obtido no Q8: 1,00

Tabela E.9: Respostas ao Q9. Compartilhamento das informações.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	2	100%

Tabela E.10: Respostas ao Q10. Compreensão do processo.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	2	100%
LA	0	0%
FA	0	0%

Valor médio obtido no Q9: 1,00

Valor médio obtido no Q10: 0,5

Tabela E.11: Respostas ao Q11. Identificação dos sistemas informatizados.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	0	0%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	2	100%

Valor médio obtido no Q11: 1,00

Tabela E.12: Respostas ao Q12. Proteção das informações.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Percentual</b>
NA	2	100%
PA	0	0%
LA	0	0%
FA	0	0%

Valor médio obtido no Q12: 0,15