

|
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE MARÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

**Modelo de Recuperação de Informação com Suporte
Semântico e Temporal**

Gustavo Marttos Cáceres Pereira

Marília, 2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE MARÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Gustavo Marttos Cáceres Pereira

Modelo de Recuperação de Informação com Suporte Semântico e Temporal

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da informação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus Marília como requisito para a obtenção do título de mestre em Ciência da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Castro Botega

Financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Marília, 2020

P436m

Pereira, Gustavo Marttos Cáceres

Modelo de Recuperacao da Informacao com Suporte Semantico e Temporal / Gustavo Marttos Cáceres Pereira. -- Marília, 2020
92 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília
Orientador: Leonardo Castro Botega

1. Qualidade da Informação. 2. Ontologias (Recuperação da
Informação). 3. Gerenciamento de Emergências. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Filosofia e Ciências, Marília. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GUSTAVO MARTTOS CÁCERES PEREIRA

MODELO DE RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO COM SUPORTE SEMÂNTICO E
TEMPORAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, da Universidade Estadual Paulista – Campus de Marília, como requisito para a obtenção de título de mestre em Ciência da Informação.

Área de Concentração: Informação, Tecnologia e Conhecimento.

Linha de Pesquisa: Informação e Tecnologia.

Data da defesa: 12 de maio de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Leonardo Castro Botega (Orientador)
Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UNESP/FFC

José Eduardo Santarém Segundo
Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UNESP/FFC

Paulo César Guerreiro da Costa
Docente do Departamento de Systems Engineering and Operations Research da George Mason University/EUA

Suplentes

Ricardo César Gonçalves Sant’Ana
Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UNESP/FFC

Seiji Isotani
Docente do Departamento de Sistemas de Computação da USP/ICMC.

Agradecimentos

Aos meus pais, Renata e Dorival. Vocês são essenciais, são a minha base e inspiração em todos os momentos.

À minha avó Terezinha e ao meu tio Fabio. Por serem meus segundos pais e por me mostrarem a vida sob tantas outras perspectivas.

À minha bisavó Aparecida (*in memoriam*). Por todo o amor, carinho e acolhimento.

À minha amada Heloísa. Você é a calmaria do mar e a brisa leve matutina.

À minha querida Alice. Um pelo outro, sempre.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo. Por todas as orientações dadas, pela dedicação e sabedoria, mas principalmente pela amizade.

Ao meu amigo Valdir. Parceiro de longa data, por esta e outras jornadas frequentadas juntos.

Ao meu amigo Cássio. Por demonstrar que a interação humana é mais do que necessária nos dias de hoje.

Ao meu amigo Gian. A seriedade e a comicidade são divididas por uma linha tênue.

Ao meu amigo Fellipe. Por me ensinar a valorizar o que temos de mais sagrado.

Aos amigos Vinicius e Leonardo. Garantia de gargalhadas ao decorrer do dia.

Aos Professores Eduardo Santarém e Paulo Costa. Detentores de um saber ímpar, os quais acompanharam este trabalho desde o início e contribuíram de maneira magnífica.

Aos colegas do PPGCI da Unesp e dos grupos de pesquisa. Todo conhecimento compartilhado e discutido tornou-se valioso.

Ao Corpo Docente do PPGCI da Unesp. Me apresentaram outra perspectiva acerca da ciência.

À equipe administrativa da Unesp. O serviço de vocês é fundamental para que a docência e discência ocorram.

Ao Perseu e ao Nerso. Felinos que são puro amor e companheirismo.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram nesta jornada.

Por fim, mas não menos importante, agradeço imensamente ao Universo por todas as oportunidades concedidas e principalmente pela minha vida.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Resumo

No contexto de gerenciamento de emergências, onde as informações são provenientes de fontes heterogêneas, é necessário que as tomadas de decisões sejam assertivas e dentro de um intervalo de tempo hábil. O tempo possui grande relevância por ser fundamental no domínio deste contexto, pois é criando uma linha do tempo, ou seja, ao decorrer dele, que se torna viável a percepção e compreensão de todas as características de uma situação, além de possibilitar a melhoria da qualidade da informação, a qual torna-se imprescindível no contexto de gerenciamento de emergências, considerando a complexidade e dinamicidade dos dados. Este trabalho objetiva a melhoria dos processos informacionais da recuperação da informação por meio da criação de um modelo com suporte semântico e temporal para que seja possível atender tais requisitos. A natureza deste trabalho é qualitativa, de finalidade teórico-aplicada e de tipo exploratória, sua metodologia conta com uma prova de conceito envolvendo situações de emergências de incêndio, na qual foi possível avaliar o comportamento da qualidade informação e inferir novos conhecimentos temporais que poderão servir de insumos para tomadas de decisões mais assertivas.

Palavras-chave: Qualidade da Informação, Ontologia, Dimensão Temporal, Gerenciamento de Emergências, Recuperação da Informação.

Abstract

In the context of emergency management, where information comes from heterogeneous sources, decision-making must be assertive and within a timely interval. Time has great relevance because it is fundamental in the domain of this context, because it is creating a timeline, that is, in the course of it, that it becomes feasible to perceive and understand all the characteristics of a situation, besides enabling the improvement of quality of information, which becomes indispensable in the context of emergency management, considering the complexity and dynamicity of the data. This work aims to improve the informational processes of information retrieval through the creation of a model with semantic and temporal support so that it is possible to meet these requirements. The nature of this work is qualitative, of theoretical-applied purpose and exploratory type, its methodology has a proof of concept involving situations of fire emergencies, in which it was possible to evaluate the behavior of quality information and infer new temporal knowledge that may serve as inputs for making more assertive decisions.

Keywords: Information Quality, Ontology, Temporal Dimension, Emergency Management, Information Retrieval.

Lista de Quadros

Quadro 1 - Avaliação de qualidade da situação	65
Quadro 2 - Resultados recuperados da primeira sentença proposta.....	73
Quadro 3 - Resultados recuperados da segunda sentença proposta	74
Quadro 4 - Resultados recuperados da terceira sentença proposta	75
Quadro 5 - Reavaliação de qualidade da situação.....	76

Lista de Figuras

Figura 1 - Modelo de Consciência Situacional de Endsley, traduzido de Endsley (1988)	24
Figura 2 - O Modelo Maestro. Fonte: o próprio autor.	41
Figura 3 - Ontologia de domínio desenvolvida. Fonte: Silva <i>et al.</i> (2018).....	45
Figura 4 - Principais classes da ontologia e suas respectivas propriedades que representam as dimensões de qualidade.....	46
Figura 5 - (A) Representação da ontologia sem a dimensão temporal. Os objetos com preenchimento na cor laranja representam as classes da ontologia de domínio proposta por Silva <i>et al.</i> (2018), enquanto os objetos com preenchimento na cor roxa representam as instâncias dessas classes. As setas contínuas rosas referem-se a qual classe pertence uma instância específica, enquanto as linhas tracejadas laranjas referem-se ao relacionamento entre instâncias de outras classes. (B) Representação da dimensão temporal relacionada à ontologia. Os objetos com preenchimento na cor verde são os valores das propriedades relacionados às instâncias. A linha contínua azul refere-se à subclasse e a contínua verde remete ao vínculo entre propriedade e valor específico. Para fins de destaque, a inclusão da dimensão temporal é representada pelo todo que se encontra dentro da borda vermelha.	50
Figura 6 - Fases da Prova de Conceito e seus relacionamentos a fim de validar o Modelo Maestro.....	51
Figura 7 - Ontologias temporais importadas na ontologia de domínio	54
Figura 8 - Classes temporais destacadas em azul após serem importadas. As demais classes referem-se às classes da ontologia de domínio.	54
Figura 9 - Primeira adaptação feita na ontologia	55
Figura 10 - Segunda adaptação feita na ontologia	55
Figura 11 - Terceira adaptação feita na ontologia.....	55
Figura 12 - JSON da Solicitação 1	59
Figura 13 - JSON da Solicitação 2.....	59
Figura 14 - JSON da Solicitação 3	60
Figura 15 – Representação da ontologia de domínio instanciada com relacionamentos temporais explícitos e sem avaliação de qualidade. Os elementos com losango roxo são as instâncias das classes representadas por um círculo amarelo.....	61
Figura 16 - Propriedades de dados pertinente à instância de Local	63

Figura 17 - Instância de Solicitante com seu relacionamento com uma instância de Instante de Tempo, antes da execução das inferências.....	66
Figura 18 - Instância de Vítima com seu relacionamento com uma instância de Instante de Tempo, antes da execução das inferências.....	66
Figura 19 - Instância de Bombeiro com seu relacionamento com uma instância de Instante de Tempo, antes da execução das inferências.....	67
Figura 20 - Linha do tempo da situação em seu primeiro momento.....	67
Figura 21 - Caminho para habilitar a guia SWRLTab no Protégé.....	68
Figura 22 - Guia do SWRLTab com a regra criada	68
Figura 23 - Regra incorporada à ontologia após o motor de regras ser executado	69
Figura 24 - Representação da ontologia com relacionamentos temporais inferidos.....	69
Figura 25 - Propriedades de objeto de ambas as instâncias de instante de tempo devidamente relacionadas.....	70
Figura 26 - Linha do tempo da situação em seu segundo momento	70
Figura 27 - Relacionamento temporal entre vítima e o período de deslocamento até o hospital	71
Figura 28 - Linha do tempo da situação em seu terceiro momento	72
Figura 29 - Árvore de atributos do domínio de gerenciamento de emergências. Fonte: Silva <i>et al.</i> (2018).....	89

Sumário

Resumo.....	6
Abstract	7
Lista de Quadros	8
Lista de Figuras	9
1 Introdução.....	14
1.1 Contextualização e Justificativa	14
1.2 Motivação	16
1.3 Problemática	16
1.4 Objetivos	17
1.5 Metodologia.....	17
1.6 Trabalhos Relacionados	18
1.7 Organização do Trabalho	21
2 Consciência Situacional e Gerenciamento de Emergências	22
2.1 Consciência Situacional	22
2.2 Modelo de Consciência Situacional proposto por Endsley	23
2.3 Problemas para a obtenção e manutenção de Consciência Situacional.....	25
2.4 Uso de Consciência Situacional em Ambientes Informacionais no Contexto de Gerenciamento de Emergências	26
2.5 Considerações Finais.....	28
3 Recuperação da Informação	29
3.1 Conceitualização	29
3.2 Modelos de Recuperação da Informação	30
3.3 Ontologias na Recuperação da Informação	32
3.4 Considerações Finais.....	34
4 Qualidade da Informação	35

4.1	Definição de Qualidade da Informação.....	35
4.2	Dimensões e Métricas Qualitativas	36
4.3	Metodologia para Avaliação da Qualidade de Dados e Informações	37
4.4	Qualidade da Informação na Recuperação da Informação para Suporte à SAW	37
4.5	Considerações Finais.....	38
5	Modelo de Recuperação de Informação com Suporte Semântico e Temporal	40
5.1	O Modelo Maestro.....	40
5.2	Metodologia IQESA para Avaliação da Qualidade	43
5.3	Inclusão da Dimensão Temporal na Ontologia de Domínio	46
5.4	Demonstração da Ontologia com Suporte Temporal	48
5.5	Considerações Finais.....	50
6	Prova de Conceito do Modelo Maestro	51
6.1	Análise de requisitos das necessidades informacionais por parte dos bombeiros.....	51
6.2	Adaptação da Ontologia de Domínio com o Suporte Temporal	53
6.3	Instanciação de Situações Contextualizadas no Domínio de Gerenciamento de Emergências	57
6.4	Avaliação da Qualidade da Informação	62
6.4.1	Avaliação de Atualidade	62
6.4.2	Avaliação de Relevância	63
6.4.3	Avaliação de Consistência	63
6.4.4	Avaliação de Completude	64
6.4.5	Avaliação de Certeza.....	64
6.4.6	Análise da Avaliação.....	64
6.5	Inferências e Novas Perspectivas Temporais	66
6.5.1	Primeira sentença	73
6.5.2	Segunda sentença	73
6.5.3	Terceira sentença.....	74

6.6	Reavaliação da Qualidade da Informação	75
7	Conclusões.....	79
7.1	Atendimento aos questionamentos de pesquisa	80
7.2	Limitações	81
7.3	Contribuições.....	82
7.4	Trabalhos futuros.....	82
	Referências	84
	Anexo A – Análise de Tarefas Dirigida por Objetivos (<i>Goal-Driven Task Analysis</i> – GDTA)	
	89	
	Anexo B – Questionário Aplicado ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e as	
	Brigadas de Incêndios do Jardim Botânico de Brasília.....	90

1 Introdução

1.1 Contextualização e Justificativa

Consciência Situacional (do inglês *Situational Awareness* - SAW) refere-se a um estado cognitivo importante para auxiliar tomadores de decisão que atuam em ambientes informacionais complexos e dinâmicos em uma variedade de domínios, entre eles o de gerenciamento de emergências.

Especificamente, o conceito de SAW concerne à percepção dos elementos em um ambiente analógico ou digital frente a um volume de espaço e tempo, à compreensão do significado, relevância e importância de seus aspectos individuais e coletivos e à projeção de seus status em um futuro próximo (KOKAR; ENDSLEY, 2012).

Indivíduos como os operadores de sistemas de gerenciamento de emergências, como gestores de unidades de conservação e bombeiros, estão constantemente sob alta pressão e expostos a uma gama de informações sensíveis, logo necessitam manter seus níveis de SAW elevados para assim sustentar o melhor retrato de uma situação crítica e tomar a decisão mais assertiva, evitando prejuízos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente. SAW não garante que a melhor decisão será tomada, entretanto garante melhores subsídios para que possa melhorá-la.

Para suportar a obtenção e manutenção de SAW, foi constatado que o uso de modelos semânticos, mais especificamente ontologias, quando aplicados para suportar sistemas de gerenciamento de emergências, podem contribuir para uma melhor assertividade nas inferências úteis à tomada de decisão (MATHEUS; KOKAR; BACLAWSKI, 2003).

Ademais, a contribuição dos modelos semânticos também é útil à Recuperação da Informação, uma vez que as ontologias favorecem buscas por significados ao invés de termos literais, como ocorre em modelos sintáticos. Inferir novas informações utilizando axiomas e regras estabelecidas, além da contextualização já presente na ontologia, possibilita que as necessidades informacionais de um indivíduo sejam supridas. Na Ciência da Informação, o impacto de suprir as necessidades informacionais já é algo pertinente à Recuperação da Informação, o que permite estender o olhar sob o prisma da interação e integração entre as fontes informacionais e quem as consomem.

Ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergências possuem dados e informações complexas, dinâmicos e são provenientes de fontes heterogêneas. Tais características são decorrentes aos problemas da qualidade de dados e informação, as quais, ao serem recuperadas por processos de recuperação da informação, são prejudiciais para o estímulo da SAW de um indivíduo, uma vez que este pode não ter informações precisas, atualizadas, completas e consistentes.

Além disso, há a necessidade do envolvimento da dimensão temporal, sendo um artefato de grande importância e relevância no domínio supracitado, bem como para a Ciência da Informação. A atualidade, enquanto dimensão de qualidade da informação, é uma característica intrinsecamente relacionada ao tempo, afinal as informações mudam ao decorrer do tempo e, portanto, criam uma linha do tempo que pode ser analisada para viabilizar a recuperação da informação, proporcionando melhores insumos informacionais para uma tomada de decisão mais assertiva.

Diante da contextualização e dos desafios retratados, a Ciência da Informação torna-se fundamental perante a comunicação, interação e integração de saberes proporcionados por disciplinas de outras áreas. Este elo, de acordo com Saracevic (1996), refere-se à interdisciplinaridade natural da Ciência da Informação.

Como Ciência Aplicada, Borko (1968) argumenta que a Ciência da Informação, sob o prisma científico, deve desenvolver serviços e produtos, considerando que a teoria e a prática são inexoravelmente relacionadas. O autor também considera que a Ciência da Informação se preocupa com o campo do reconhecimento relacionado à origem, coleção, organização, armazenamento, recuperação, interpretação, transmissão, transformação e utilização da informação.

Na literatura é possível identificar a presença de trabalhos que lidam com ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergências junto à interdisciplinaridade e propostas voltadas à Ciência da Informação (MELO; BOTECA; SANTARÉM SEGUNDO, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018; BOTECA *et al.*, 2019; PEREIRA JUNIOR; PEREIRA; BOTECA, 2019).

O domínio de gerenciamento de emergência demanda a atuação de diversas ciências, além da Ciência da Informação, como a Ciência da Computação, Sistemas de Informação, Psicologia, Administração, Ciência de Dados e Ciência Cognitiva, por exemplo.

Diante disso, este trabalho discorre a respeito de um modelo de Recuperação de Informação com suporte semântico e temporal, buscando observar como a qualidade da

informação junto ao tempo podem influenciar os resultados dos insumos informacionais a serem consumidos por indivíduos a fim de elevar continuamente sua SAW, sustentando o melhor retrato de uma situação crítica e tomar a decisão mais assertiva.

1.2 Motivação

A complexidade e a dinâmica de um ambiente informacional de avaliação de emergências aumentam proporcionalmente conforme a quantidade de variáveis existentes neste ambiente, tornando a aquisição e manutenção de SAW processos mais difíceis de serem atingidos. Ademais, as informações desses ambientes tendem a ter problemas de qualidade, prejudicando o consumo informacional para os tomadores de decisão.

Partindo desta premissa, foi identificado que a qualidade da informação e a temporalidade formam um conjunto coerente e suscetível à assistência dada a recuperação da informação, proporcionando melhores insumos a fim de suprir as necessidades informacionais daqueles que os utilizarem.

1.3 Problemática

Dentro da Ciência da Informação é necessário discutir a respeito do valor informacional agregado proporcionado pela Recuperação da Informação no ambiente informacional aqui abordado, principalmente naqueles que envolvam semântica e o espectro da temporalidade, uma vez que é preciso levar em consideração a necessidade informacional de quem consumirá tais informações.

Recuperar informações em modelos sintáticos, ainda que a qualidade esteja presente, não viabiliza a contextualização, a descoberta de novas informações, tampouco a viabilidade de se criar uma linha do tempo de acordo com a semântica informacional. Outrossim, a combinação de semântica e temporalidade para a recuperação da informação favorece o entendimento de situações críticas e a respectiva tomada de decisão feita por humanos operadores de emergências, o que por consequência também favorece os níveis de SAW pertencentes aos operadores.

Dada a contextualização, faz-se necessário avaliar o comportamento da qualidade da informação nos processos informacionais provenientes da recuperação da informação, os quais sejam capazes de suportar semântica e temporalidade a fim de satisfazer as necessidades informacionais de indivíduos situados em ambientes informacionais de gerenciamento de

emergência, para que assim estes tenham melhores insumos e consequentemente possam avaliar e tomar decisões mais assertivas.

Adicionalmente, este trabalho busca responder os seguintes questionamentos: quais as descobertas informacionais baseadas em tempo podem ser feitas por meio de inferências e regras ontológicas? Como desenvolver o raciocínio temporal, isto é, compreender que as informações mudam ao decorrer do tempo? Como as demais dimensões qualitativas são afetadas pela temporalidade e pela semântica?

1.4 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral a criação de um modelo com suporte semântico e temporal que possibilite descobertas informacionais baseadas em tempo a partir de inferências e regras ontológicas e que também permita a melhoria dos processos informacionais da recuperação da informação.

Especificamente busca-se:

- Definir a estrutura do processo informacional que contemple a recuperação da informação, a qualidade da informação, a semântica e a temporalidade;
- Incluir a dimensão temporal e reutilizar vocabulários específicos em uma ontologia de domínio ciente de qualidade desenvolvida em trabalhos anteriores;
- Aplicar a metodologia IQESA (*Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situational Awareness*) e adequar o processo de avaliação às características temporais;
- Identificar as possíveis demandas de alterações nas dimensões e métricas qualitativas, principalmente as que remetem à atualidade e relevância informacional;
- Viabilizar inferências temporais partindo de regras bem definidas de acordo com o domínio.

1.5 Metodologia

O presente trabalho se sustenta sob natureza qualitativa e características de pesquisa exploratória, descritiva e aplicada. Exploratória, pois foi realizada a revisão literária necessária para a elaboração dos conceitos da temática oriunda da pesquisa. Descritiva, pois os aportes teóricos para a identificação do objeto de pesquisa são originários de extratos da literatura. Por fim, justifica-se como pesquisa aplicada por ser dirigida por uma prova de conceito, onde ocorre

a implementação do modelo de recuperação semântica com suporte semântico e temporal para fins de validação da proposta.

A execução deste trabalho é dividida pelas etapas abaixo:

- Levantamento bibliográfico para embasamento teórico acerca das temáticas abordadas, como SAW, recuperação da informação, qualidade da informação, conceitos e tecnologias derivados da Web Semântica, como ontologias, meios de representação, vocabulários, SPARQL, SQWRL, entre outros. Além disso, foi feita uma revisão da literatura baseada em pesquisas que envolvessem SAW, recuperação da informação e seus sistemas;
- Análise de requisitos quanto às necessidades informacionais por parte dos bombeiros no que se refere à temporalidade, como quais informações são relevantes e úteis ao processo informacional como um todo e quais podem criar ou afetar relacionamentos temporais;
- Ampliação da ontologia de domínio ciente de qualidade por meio da inclusão da dimensão temporal e reuso de vocabulários específicos às qualidades temporais a fim de agregar novas classes, propriedades e relacionamentos;
- Instanciação de situações na ontologia e análise das alterações nas dimensões e métricas qualitativas na ontologia, principalmente as que remetem à atualidade e relevância informacional;
- Elaboração de um modelo de recuperação da informação com suporte semântico e temporal, o qual seja capaz que consumir os dados da ontologia supracitada, fornecendo insumos com o objetivo de suprir a necessidade informacional do indivíduo que realiza uma determinada busca;
- Elaboração de uma prova de conceito a fim de validar o modelo proposto, o qual consiste na adaptação da ontologia de domínio para que seja possível integrar as ontologias temporais, bem como a avaliação da qualidade da informação no primeiro momento de uma situação de incêndio e, após inferir relacionamentos temporais, reavaliar os índices de qualidade para que seja possível analisar as alterações.

1.6 Trabalhos Relacionados

Os trabalhos aqui apresentados fazem parte do aporte bibliográfico realizado no período de junho de 2018 a abril de 2020 nas bases da Scielo e Google Scholar utilizando principalmente os termos de busca “*recuperação da informação*”, “*recuperação de informação semântica*” e

“*ontologia temporal*”, bem como os termos em inglês “*information retrieval*”, “*semantic information retrieval*”, “*temporal ontology*”, “*information retrieval system*”, “*information retrieval ontology-based*”, “*situational awareness temporality*”.

Dentre os trabalhos relacionados aqui apresentados, 3 (três) foram encontrados na base do Google Scholar e 1 (um) na base da Scielo.

Paz-Trillo, Wassermann e Braga (2005) desenvolveram um sistema de recuperação de informação utilizando ontologias para o domínio multimídia, mais especificamente de vídeos que contém entrevistas sobre uma artista brasileira. O sistema orientado a ontologia foi chamado de OnAIR (*Ontology-Aided Information Retrieval*), o qual permite que fragmentos de vídeos sejam recuperados por intermédio de expressões de busca em linguagem natural.

Os autores identificaram limitações acerca de sistemas de recuperação da informação sintáticos, como por exemplo distinguir documentos relevantes e irrelevantes devido à sinonímia e à polissemia.

Este trabalho se faz relacionado por discorrer a respeito da viabilidade do uso de ontologias em sistemas de recuperação da informação, pois torna-se possível extinguir os problemas relacionados à sinonímia com o uso de vocabulários bem estruturados e à polissemia utilizando análise semântica dos documentos.

No trabalho ainda é abordado sobre a necessidade do uso de medidas de performance, como a precisão, dada pelo número de documentos relevantes sobre o total de documentos recuperados, e o *recall*, dado pelo número de documentos relevantes recuperados sobre o total de documentos relevantes no corpus. Esta última medida é difícil de se mensurar, uma vez que é necessário definir manualmente quais os documentos são relevantes.

Tao *et al.* (2010) propuseram uma ontologia temporal para o domínio clínico com o objetivo que organizar em uma linha do tempo todos os eventos acerca do histórico de um paciente. Eles justificam sobre a necessidade da dimensão temporal por possibilitar a análise de cenários que possam acontecer de acordo com mudanças ao decorrer do tempo.

Os autores desenvolveram a ontologia de domínio incorporando ontologias específicas as quais possuem características temporais, como por exemplo a *Time Ontology in OWL*, proposta pela W3C¹, e a *SWRL Temporal Ontology*, proposta pela Universidade de Stanford². Posteriormente, os autores melhoraram a estrutura da ontologia, incluindo unidades mensuráveis de valores qualitativos e estendendo as classes relacionadas ao tempo por meio da

¹ <https://www.w3.org/TR/2017/REC-owl-time-20171019/>

² <http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/temporal.owl>

Basic Formal Ontology (BFO³), uma ontologia de topo cuja estrutura permite a interoperabilidade frente à recuperação da informação (TAO *et al.*, 2011).

Ao decorrer de ambos os trabalhos, os autores apresentam fatores relevantes para a utilização da dimensão temporal, como atribuir granularidades às relações temporais e normalizá-las, permitindo a compreensão da máquina e consequentemente a inferência de novas informações.

Ademais, as informações contidas nos documentos originais - ou seja, antes de serem instanciadas na ontologia - podem conter relacionamentos temporais e afirmações que não são explícitas. Os autores argumentam que a ontologia atingirá sua total capacidade e verdadeiro potencial ao conseguir inferir tais informações implícitas por meio do motor de inferências.

Tais trabalhos se fazem relacionados, pois seus domínios estão situados no contexto de gerenciamento de emergências, possibilitando que as informações provenientes da ontologia desenvolvida possam servir de insumos para tomadas de decisões médicas justamente por conterem o espectro temporal.

Alonso, Gertz e Baeza-Yates (2007) abordam sobre o valor que a informação tem ao ser considerada como temporal no contexto da recuperação da informação, considerando que a dimensão temporal provê melhores resultados e colabora com a satisfação das necessidades informacionais de um indivíduo.

Para os autores, o uso de métricas temporais podem auxiliar a recriar um período histórico particular e descrever o contexto de um documento específico ou uma coleção deles, melhora a relevância dos documentos em si e consequentemente o sistema de recuperação da informação. Quanto mais fontes de dados forem incorporadas pelo sistema de recuperação de informação, mais necessário torna-se o espectro temporal perante a informação, uma vez que a relevância dos documentos passa a ser maior em um contexto onde exista informações organizadas em linhas do tempo.

Este trabalho conta com um levantamento de áreas que seriam prontamente beneficiadas por sistemas de recuperação da informação que adotem a dimensão temporal, tais como da medicina, da economia e a área militar.

Tais áreas demandam de informações que são alteradas em curtos prazos de tempo e, portanto, demandam análises constantes para que sejam consideradas relevantes. Ademais, o processo de tomada de decisão nestas áreas se faz frequente, o que reitera a imprescindibilidade da dimensão temporal em um sistema de recuperação da informação.

³ <https://basic-formal-ontology.org>

Hasanuzzaman *et al.* (2014) argumentam sobre a dimensão temporal, sob a perspectiva da recuperação da informação, como um dos cinco aspectos principais que determinam a credibilidade de um documento, bem como a relevância, acurácia, objetividade e compreensão, portanto o valor da informação ou o de sua qualidade é intrinsecamente dependente de tempo.

Os autores elencam trabalhos relacionados com aportes tanto na Ciência da Computação, quanto na Ciência da Informação a fim de propagar estratégias para a construção de ontologias temporais.

Além disso, eles trazem os primeiros passos para a criação de uma ontologia temporal utilizando classificação de sentenças, isto é, criar classes e vocabulários que atendam às necessidades temporais e que possam ser automatizados e analisados por meios computacionais que utilizam processamento de linguagem natural.

Este trabalho faz-se relacionado pela importância quanto às definições dada sobre a dimensão temporal, bem como sua relação com a recuperação da informação, justificando novamente a importância da temporalidade na recuperação da informação.

1.7 Organização do Trabalho

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos de SAW, o modelo proposto por Endsley, os problemas para obter e manter SAW e sua relação com os ambientes informacionais situados em domínios críticos, como os de gerenciamento de emergência.

No Capítulo 3 é apresentada a Recuperação da Informação enquanto disciplina da Ciência da Informação, os modelos existentes na literatura e o aporte ferramental da ontologia como modelo semântico para auxiliar na recuperação da informação.

No Capítulo 4 é discutido a respeito da qualidade da informação, suas dimensões e métricas, bem como acerca de metodologias para a avaliação da qualidade da informação. O capítulo também conta com uma seção dedicada sobre a discussão da qualidade da informação no processo da recuperação da informação com suporte à SAW.

O Capítulo 5 apresenta a proposta do modelo de recuperação da informação com suporte semântico e temporal, suas características, capacidades e elementos.

Por sua vez, o Capítulo 6 apresenta a Prova de Conceito a fim de validar o modelo proposto dentro do domínio de gerenciamento de emergências.

Por fim, o Capítulo 6 remete às conclusões do trabalho.

2 Consciência Situacional e Gerenciamento de Emergências

Neste Capítulo serão apresentados os conceitos de Consciência Situacional (*Situational Awareness* - SAW) baseado no modelo proposto por Endsley (ENDSLEY, 1988), o qual influencia e é influenciado por ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergências.

2.1 Consciência Situacional

Cunhado por Endsley (1988), o termo Consciência Situacional (do inglês *Situational Awareness* - SAW) refere-se a um conceito fundamental perante ao processo de tomada de decisão de cada indivíduo. A SAW de um indivíduo, quando bem estruturada, possibilita que este esteja ciente das informações presentes ao seu redor em um determinado espaço e tempo, permitindo que haja a compreensão da maneira que esta informação será utilizada tanto no presente, quanto no futuro, tornando os processos de tomada de decisão e ação mais eficazes.

Endsley (1988) discute a respeito da presença de SAW em quase todas as ações realizadas por humanos, sendo observada desde os tempos remotos, onde as decisões para sobrevivência de um humano ou uma comunidade, como caça e locomoção, eram tomadas observando o ambiente e o tempo no qual estavam situados.

Kokar e Endsley (2012) argumentam que a SAW está presente em ações simples e corriqueiras até as mais complexas e táticas, as quais exigem mais insumos informacionais. Pode-se exemplificar estes cenários como (a) um motorista precisa estar ciente dos demais automóveis e possíveis pedestres que estejam ao seu redor a fim de evitar acidentes; e (b) um bombeiro presente em uma situação de incêndio deve observar as chamas do fogo e a direção do vento para que assim possa alocar recursos necessários para extinguir o fogo.

Sua definição formal foi contemplada como a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão de seu significado e a projeção e seu status no futuro próximo. Ademais, a complexidade e a dinamicidade acerca deste ambiente informacional aumentam proporcionalmente conforme a quantidade de variáveis e fatores existentes, tornando os processos de aquisição e manutenção de SAW mais difíceis (ENDSLEY, 1988).

A autora argumenta sobre a demasiada necessidade de tomadas de decisões rápidas e assertivas nos ambientes informacionais dinâmicos e complexos, principalmente em um espaço de tempo curto, cujas tarefas demandam análises contínuas e informações constantemente atualizadas.

A SAW corresponde a um processo cognitivo do indivíduo, portanto não garante que este tomará a decisão mais apropriada para uma situação específica, entretanto pode melhorar sua qualidade. É possível qualificar a SAW de um indivíduo por meio de suas capacidades, experiências, carga de trabalho, metas e objetivos, além de outros fatores. Contudo, até mesmo os indivíduos mais qualificados podem cometer erros ao tomar decisões, caso sua SAW esteja imprecisa. Por esta razão, Endsley (2016) argumenta que, para aumentar a probabilidade de tomar decisões mais assertivas, é necessário melhorar e estimular constantemente a SAW, melhorando assim o processo de tomada de decisão.

2.2 Modelo de Consciência Situacional proposto por Endsley

O modelo proposto por Endsley (1988) foi o mais difundido pela comunidade científica, principalmente à relacionada ao estudo de gerenciamento de emergências e fusão de dados (OLIVEIRA *et al.*, 2017; BOTEGA *et al.*, 2019; PEREIRA JUNIOR; PEREIRA; BOTEGA, 2019).

Neste modelo existem três níveis, os quais são influenciados direta e indiretamente por fatores internos e externos, onde os indivíduos podem alcançá-los conforme sua performance dentro do ambiente informacional, conforme apresentado na Figura 1. As características de cada nível são descritas abaixo.

- Nível um: refere-se à percepção dos elementos no ambiente informacional. Trata-se do primeiro passo para se adquirir SAW, o qual é necessário, dentro do ambiente informacional, perceber a dinâmica, o estado e os atributos de elementos pertinentes à situação.
- Nível dois: compete à compreensão da situação atual. Baseado na síntese dos elementos encontrados no ambiente informacional (nível um), é necessário criar uma relação entre eles, imergindo-os em um contexto de acordo com as metas e objetivos propostos, priorizando as necessidades informacionais e o que esta informação, combinada a partir de relacionamentos, representa.
- Nível três: diz respeito à projeção de estados futuros. É preciso estar ciente do que os elementos são e o que significam perante a situação atual, sendo este o último passo

para a aquisição de SAW. Nesta etapa é necessário que o indivíduo tenha a capacidade de prever quais serão as ações futuras de tais elementos perante o objetivo principal. Não é possível, porém, alcançar o nível três sem ter total compreensão dos níveis anteriores. Predições requerem experiências do domínio em que se situa, portanto, um indivíduo necessita de um meio informacional que o apoie no processo de tomada de decisão.

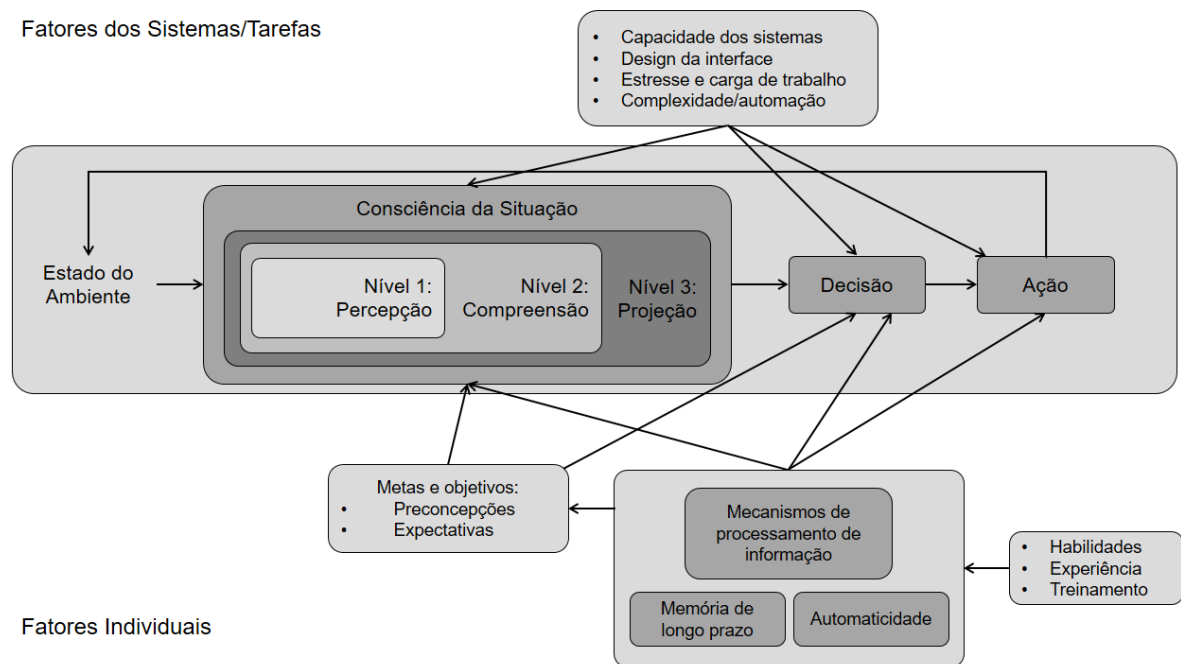


Figura 1 - Modelo de Consciência Situacional de Endsley, traduzido de Endsley (1988)

Inúmeras variáveis devem ser consideradas para se obter uma SAW mais precisa, entre elas os elementos, os quais devem ser claros, possibilitando a identificação das reais necessidades informacionais do indivíduo. O tempo é uma variável de grande impacto, pois a SAW não é construída imediatamente, ela é dinâmica e de natureza temporal, o que a torna estritamente dependente de experiências e conhecimentos adquiridos a curto e longo prazos. A variável de espaço também é considerada, pois remete à relevância em relação ao tempo dentro de um ambiente informacional.

Endsley (1988) argumenta que na ausência de um modelo adequado, muitas vezes os indivíduos não conseguem resolver um novo problema, mesmo que seja aplicada uma lógica já utilizada em um problema familiar.

2.3 Problemas para a obtenção e manutenção de Consciência Situacional

Adquirir e manter a SAW de indivíduos é uma tarefa complexa, principalmente para com aqueles que atuam em ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergências. Por se tratar de um ambiente informacional dinâmico, complexo e com um montante de variáveis a serem processadas pelos indivíduos, Endsley (1988) apresentou oito problemas que podem atrapalhar na aquisição e manutenção de SAW:

1. Encapsulamento de atenção: o demasiado volume de informações provenientes de um ambiente complexo junto a uma situação de emergência faz com que o indivíduo tenha sua atenção dispersa.
2. Limitações de memória: os indivíduos precisam ter domínio sobre o ambiente informacional o qual estão situados, além de poder contar com suas memórias de curto e longo prazo, pois é com base nelas que poderão interagir com outros ambientes informacionais.
3. Fatores estressantes: determinados ambientes informacionais podem fazer com que o indivíduo tenha os seus níveis de estresse e ansiedade aumentados, podendo causar fadiga, por exemplo. Partindo desta premissa, é comum que haja uma baixa disponibilidade de recursos cognitivos.
4. Sobrecarga de dados: indivíduos situados em ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergência possuem uma limitação cognitiva em relação à quantidade de dados passíveis de absorção, porém a dinamicidade dos dados cria uma necessidade em consumir informações rapidamente, interferindo no fluxo de dados que o indivíduo está consumindo.
5. Informações desnecessárias: ambientes informacionais complexos e dinâmicos que não têm uma interface orientada a SAW tiram o foco do indivíduo de seu objetivo.
6. Complexidade: quanto mais recursos informacionais e regras forem aplicadas, mais complexo torna-se o conhecimento acerca do ambiente informacional, podendo resultar em riscos à vida, ao patrimônio ou ao meio ambiente.
7. Modelos mentais vagos: a criação de modelos mentais por parte do indivíduo é importante, porém dentro de novas situações, os modelos adquiridos em situações anteriores podem interferir nas interpretações de novas informações, o que consequentemente afeta os níveis dois e três do Modelo de Consciência Situacional.

8. Automações de processos: apesar da automação ser uma etapa relevante para a elaboração de uma boa interface orientada a SAW em sistemas de gerenciamento de emergências, ela pode fazer com que o indivíduo não tenha total ciência do que está acontecendo, fazendo com que ele não tenha mais controle sobre a situação, prejudicando sua SAW.

Não limitado a estas variáveis, existem ainda outros fatores que afetam significativamente a aquisição e manutenção de SAW, como os ambientes físicos, os quais são passíveis de ruídos, luminosidade não ideal, temperatura incorreta e entre outros (ENDSLEY, 2001; STANTON; CHAMBERS; PIGGOTT, 2001).

Em estudos prévios, Endsley (1995) relata a respeito das falhas humanas decorrentes às decisões tomadas, as quais são frequentemente referenciadas em investigações que só ocorreram devido aos erros presentes nos ambientes informacionais. A autora embasa seu argumento reportando estatísticas acerca de acidentes ocorridos no campo da aviação, onde 51,6% sucederam devido falhas na aquisição de SAW, ocasionando perda de vidas. Sabe-se que dentre os 35,1% restantes, entre 80% e 85% são atribuídos diretamente ao erro humano.

2.4 Uso de Consciência Situacional em Ambientes Informacionais no Contexto de Gerenciamento de Emergências

As primeiras discussões a respeito de SAW ocorreram dentro da comunidade de aviação na Primeira Guerra Mundial, porém não houve interesse por parte das comunidades técnicas e acadêmicas acerca da temática. SAW voltou a ser amplamente discutida a partir da década de 1980, onde os conceitos passaram a ser mais estruturados e o grau de necessidade foi percebido perante problemáticas reais (STANTON; CHAMBERS; PIGGOTT, 2001).

A partir deste momento, SAW passou a ser estudada no campo da aviação (pilotos e controladores de tráfego aéreo), no campo militar (comando e controle), e na medicina (anestesiologia), além de outras áreas fundamentais.

No campo da aviação, os controladores de tráfego aéreo costumam se referir à SAW como “a imagem da situação”, sendo esta o modelo mental da situação na qual se baseiam suas decisões (ENDSLEY, 1988).

Ter a imagem da situação é o mesmo que atingir os níveis um e dois, conforme citado anteriormente. Por sua vez, perder a imagem da situação é o mesmo que não conseguir atingir o nível três, portanto é dito como um dos maiores perigos para os controladores de tráfego

aéreo, uma vez que estes se tornam inaptos de prever a evolução da situação. É válido ressaltar que mesmo indivíduos mais experientes e devidamente qualificados estão sujeitos a não atingir o nível três em determinadas situações por variáveis e fatores diversos, como informação incompleta ou imprecisa, além do esgotamento mental (estresse e fadiga).

Em ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergência - cujas falhas podem provocar danos ao meio ambiente, perda de vidas e danos ao patrimônio -, como controle de tráfego aéreo (detecção e prevenção de problemas, planejamento e indicação de melhores rotas), salas de emergências hospitalares (com base nas leituras de sensores e exames para seguir o melhor procedimento conforme o estado do paciente), comando e controle policial/militar (posicionamento de tropas, disponibilidade de armamentos) e controle e combate a incêndios (alocação de recursos, como humanos, viaturas e equipamentos), é necessário adquirir, manter e melhorar constantemente a SAW.

Portanto, é necessário que as informações tenham seus índices de qualidade fidedignos perante a situação. Tais informações devem ser representadas e recuperadas por meio de um sistema de informação digital, de maneira rápida e em um formato correto aos indivíduos. Eles devem ser estruturados e desenvolvidos de modo que proporcionem melhores insumos informacionais como subsídio para uma tomada de decisão mais assertiva, considerando o tempo como fator limitador.

Constata-se o uso de SAW e a aplicação de seus níveis da seguinte forma no campo de combate a incêndios, como exemplo de ambiente informacional no contexto de gerenciamento de emergência:

- Nível 1 de SAW: percepção do bombeiro em relação à localização, condições climáticas, topologia, sensoramento de imagens perante a situação de incêndio, e quantidade de possíveis vítimas e/ou áreas de preservação.
- Nível 2 de SAW: compreensão sobre o avanço das chamas do fogo, possibilidade de deslocamento de recursos humanos e maquinários necessários.
- Nível 3 de SAW: visão de um futuro próximo em relação à possibilidade da propagação do fogo, se a direção e a velocidade do vento mudarem; se a posição atual da equipe de bombeiros representa risco iminente a eles ou a possíveis vítimas.

Botega (2016) argumenta acerca do indivíduo como um operador de atendimento ao serviço de emergências, onde uma má SAW afeta o modelo mental deste operador ao atender

uma chamada de emergência, o que leva a uma má compreensão da situação e uma tomada de decisão comprometida.

Operadores dedicados ao atendimento de emergências devem ser capazes de identificar vítimas, áreas de preservação e bens dispostos na localização específica, além de aspectos climáticos e topográficos por meio das informações fornecidas pelo denunciante. Isto permite que os operadores consigam adquirir e manter uma SAW mais confiável e consequentemente tomar decisões mais assertivas, como quantos bombeiros, viaturas e caminhões deslocar e quais outros operadores dentro da cadeia hierárquica escalar.

2.5 Considerações Finais

Neste Capítulo foram apresentados os conceitos de Consciência Situacional, como adquirir e manter, bem como seus respectivos fatores e variáveis que acarretam problemas, e como funcionam os Níveis de SAW baseado no modelo proposto por Endsley (1988).

É válido e necessário enfatizar a importância de SAW no processo de tomada de decisão em ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergências, pois ela representa o conhecimento que um indivíduo (também conhecido como operador) possui sobre este ambiente, incorporando a percepção de elementos primordiais, a compreensão destes em relação aos objetivos e metas do indivíduo e a projeção de estados futuros com base em seu entendimento.

Por ser afetada por fatores internos e externos, a SAW precisa de insumos informacionais a serem recuperados de modo mais assertivo, atendendo às necessidades informacionais do indivíduo, portanto o próximo Capítulo tratará a respeito da Recuperação da Informação, seus conceitos, modelos sintáticos e ontológicos e a sua importância nos ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergências.

3 Recuperação da Informação

A recuperação da informação está presente em todos os ambientes informacionais, principalmente nos ambientes informacionais digitais e contextualizados no gerenciamento de emergências. Tais ambientes são contemplados com um sistema de recuperação da informação.

Este Capítulo objetiva a conceitualização da temática abordada, os modelos existentes na literatura e sua aplicabilidade por modelos semânticos nesses ambientes informacionais digitais.

3.1 Conceitualização

A recuperação da informação é uma área fundamentada na Ciência da Computação, cujo termo foi cunhado por Mooers (1951) como uma área capaz de englobar aspectos intelectuais tanto da descrição de informações, quanto de suas especificidades para a busca, além de quaisquer sistemas, técnicas ou máquinas empregadas para o desempenho da operação.

A partir disso, a recuperação da informação passa a ser considerada como uma solução bem-sucedida na Ciência da Informação (SARACEVIC, 1996). De acordo com a literatura, Mooers (1951) identifica três problemas fundamentais e pertinentes à área: (1) como descrever intelectualmente a informação?; (2) como especificar intelectualmente a busca?; e (3) quais sistemas, técnicas ou máquinas devem ser empregados?

Para responder estas perguntas, Saracevic (1996) resume que as pesquisas exploratórias na área de recuperação da informação, as quais levantaram os fenômenos, processos e variáveis, bem como as causas, efeitos, comportamentos e manifestações, foram responsáveis pelo desenvolvimento de inúmeras aplicações, como produtos, sistemas, redes e demais serviços.

Para Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (2013), a recuperação da informação se estende além da extração de quaisquer documentos que contenham algum termo em comum, levando em consideração a sintaxe e a semântica das informações, portanto ela visa satisfazer as necessidades informacionais que um indivíduo detém no menor tempo possível.

De acordo com Santarém Segundo (2010), no processo de recuperação da informação é necessário adaptar os ambientes informacionais digitais e seus respectivos sistemas alinhando com o comportamento dos indivíduos, além das técnicas e métodos já conhecidos os quais envolvem o armazenamento e os algoritmos de recuperação. Portanto, sob este prisma, é possível visualizar a construção da informação e das instruções para uma recuperação da informação mais apropriada.

Assim como em outras áreas, existem desafios na recuperação da informação a serem superados, como fazer com que o sistema do ambiente informacional digital compreenda a real necessidade do indivíduo, permitindo que este satisfaça suas necessidades informacionais.

Para minimizar tais necessidades, sistemas são inseridos em ambientes informacionais digitais para auxiliar os indivíduos a obterem melhores resultados de acordo com o aquilo que objetivam buscar.

A definição de sistemas de recuperação da informação é encontrada tanto na Ciência da Informação, quanto na Ciência da Computação, permitindo a interação entre ambas as disciplinas, convergindo seus conceitos, técnicas e métodos.

Devido a este fato, Buckland (1991) tem no espectro da informação o sentido de coisa, ou seja, o conhecimento registrado em documentos. Os documentos, por sua vez, de acordo com Briet e Martinet (2006), são quaisquer signos físicos ou simbólicos, preservados ou registrados com o objetivo de representar, reconstruir ou demonstrar fenômenos físicos ou abstratos.

Souza (2006) assume que os sistemas de recuperação da informação sejam capazes de organizar e viabilizar o acesso aos documentos desde que possuam funcionalidades que desempenhem as seguintes atividades:

- retratar as informações incluídas nos documentos utilizando processos de indexação;
- armazenar os documentos, bem como suas respectivas representações; e
- representar as informações recuperadas de acordo com a satisfação da necessidade do indivíduo.

A partir dos aspectos elencados por Souza, nota-se que a representação é um fator crucial paralelo ao da recuperação, porém é de conhecimento que para se gerar bons resultados é necessário a existência de uma boa indexação dos documentos armazenados, sendo esta a principal função em um sistema de recuperação da informação (DE ARAÚJO, 2012).

3.2 Modelos de Recuperação da Informação

Para que o processo de recuperação de informação seja eficaz, faz-se necessário o uso de modelos de recuperação da informação que exponham minuciosamente os meios e as técnicas empregadas. Este elo resulta na eficiência de um sistema de recuperação da informação.

No que tange propriamente aos sistemas de recuperação da informação, Silva *et al.* (2013) apresentam a abordagem clássica, a qual é constituída pelos modelos booleano, vetorial e probabilístico.

O modelo booleano, o qual é baseado na teoria dos conjuntos, permite o uso dos operadores lógicos “e”, “ou” e “não” (do inglês “*and*”, “*or*” e “*not*”, respectivamente) para a estruturação da expressão de busca, descrevendo quais terminologias podem ou não estar presentes nos documentos recuperados. O modelo leva esse nome devido à álgebra booleana, fundamentada por George Boole, a qual se apropria da linguagem binária, ou seja, adota apenas os valores verdadeiro ou falso.

Ferneda (2003) argumenta sobre a impossibilidade ordenação dos documentos resultantes da busca como uma das maiores desvantagens a respeito do modelo booleano. A ordenação é um elemento importante da recuperação da informação e, portanto, em face à lacuna deste modelo, ele não se torna apropriado quando o volume de documentos disponíveis no corpus é grande.

Por sua vez, o modelo vetorial é baseado no cálculo de similaridade que ocorre entre a expressão de busca elaborada pelo indivíduo e cada documento disponível no corpus. A ordenação é baseada no grau de similaridade e, partindo dessa premissa, nota-se maior relevância perante o modelo booleano por proporcionar ao indivíduo resultados de documentos recuperados mais apropriados em relação à sua necessidade informacional.

O modelo probabilístico, baseado em uma disciplina da matemática chamada teoria das probabilidades, conta com a interação direta do indivíduo, onde este último escolhe o que é relevante dentre documentos aleatórios. A partir disso, o sistema passa a compreender o que o indivíduo considera relevante e passa a recuperar documentos que atendam aos cálculos probabilísticos de acordo com os documentos dados como relevantes.

Após diversas iterações entre o sistema e o indivíduo, a tendência é apresentar bons resultados, entretanto não garante a precisão e a frequência dos termos utilizados nos documentos (CONEGLIAN, 2017).

Os três modelos clássicos apresentados demonstram parte da evolução dos sistemas de recuperação da informação, os quais utilizam mecanismos aplicados a diversas soluções que usam conceitos e técnicas de cada um desses modelos.

Nos ambientes informacionais no contexto de gerenciamento de emergência, a relevância e precisão, por exemplo, são fatores de extrema importância nos sistemas de recuperação da informação.

Tais sistemas lidam com informações de fontes heterogêneas, incompletas e imprecisas. Desta forma, pode se tornar inviável aplicar os modelos clássicos em sistemas de recuperação da informação que tenham por objetivo fornecer insumos informacionais mais apropriados para tomadas de decisões assertivas.

Assim como apresentado em Botega *et al.* (2019), o uso de ontologias como modelo semânticos pode beneficiar o processo de recuperação da informação, principalmente por viabilizar a relação entre a sintaxe e a semântica. Portanto, será discutido na próxima seção o uso de ontologia como modelo semântico para auxiliar na recuperação da informação.

3.3 Ontologias na Recuperação da Informação

A recuperação da informação visa buscar informações em um corpus de documentos por meio de expressões de consultas formatadas com um conjunto de palavras-chave, entretanto um dos problemas que percorrem a área é conseguir distinguir o que é relevante e irrelevante. De acordo com Paz-Trillo, Wassermann e Braga (2005), apesar do indivíduo ter a capacidade de informar o que pode ser relevante ou não, os mecanismos de um sistema de recuperação da informação tendem a não conseguir atingir um grau significativo de precisão, como visto nos modelos apresentados anteriormente.

Para os autores, a solução é a construção de uma estrutura de conceitos ao invés do uso de palavras-chave, pois estas se referem a sinônimos, os quais são polissêmicos, ou seja, podem expressar um conceito diferente, enquanto se espera outro conceito a ser retornado.

Essa estrutura de conceitos refere-se às ontologias computacionais, neste trabalho consideradas apenas como ontologias, as quais Gómez-Pérez e Benjamins (1999) conceituam como um conjunto de termos hierarquicamente ordenados para descrever um domínio que possa ser utilizado como princípio para uma base de conhecimento.

Além disso, Guarino (1998) permite compreender o conceito sob outra perspectiva, a qual ele define ontologia como uma lógica que explica o significado pretendido de um vocabulário formal, ou seja, seu compromisso ontológico com uma conceitualização particular do mundo.

Santarém Segundo (2015) afirma que o uso de ontologias favorece a possibilidade da contextualização dos dados, tornando mais eficiente e facilitando o processo de interpretação de dados pelas ferramentas de recuperação da informação.

O uso de ontologias possibilita uma gama de opções no quesito da recuperação da informação, como por exemplo a inferência de novos conhecimentos por meio de axiomas e

regras estabelecidas e a contextualização das necessidades informacionais do indivíduo e seus respectivos significados.

A proposta do uso de ontologias como modelos de recuperação da informação se dá pela busca por significados ao invés de termos literais, como ocorre nos modelos clássicos.

Ademais, para Wiegand e García (2007) as ontologias auxiliam no processo da interoperabilidade semântica, ou seja, todos os sistemas que utilizam a ontologia podem estar em conformidade em relação aos metadados adotados por ela. Caso não estejam, a ontologia servirá como autoridade para definir quais metadados serão adotados em relação aos vínculos necessários para o uso no sistema. Isso permite que o indivíduo utilize diversos metadados para construir sua expressão de busca, entretanto estes devem ser definidos de maneira apropriada para que não dificultem no processo de recuperação da informação.

Os autores ainda debatem sobre outros aspectos os quais torna-se viável o uso de ontologias na recuperação da informação: os modelos clássicos possuem demasiados filtros e, às vezes, existem palavras-chave na expressão de busca que não possuem sentido perante o contexto dos documentos do corpus. Além disso, quando há muitos documentos como resultado, isto pode atrapalhar o indivíduo, pois este acaba por confundir suas necessidades informacionais (WIEGAND; GARCÍA, 2007).

Por viabilizar a contextualização nos ambientes informacionais, as ontologias estão diretamente relacionadas aos alicerces conceituais e tecnológicos da Web Semântica, proposta por Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001), justamente por servirem como ferramental tecnológico essencial para a organização, reuso e disseminação de conhecimento.

As ontologias criadas utilizando o OWL (*Ontology Web Language*), uma das linguagens de marcação mais difundidas, possibilitam que sejam compreendidas por agentes computacionais (MIZOGUCHI, 2004). Tais agentes computacionais se enquadram nos sistemas de recuperação da informação, pois permitem consumir as informações provenientes da ontologia por meios tecnológicos.

Além do OWL, há o RDF (*Resource Description Framework*), o qual permite criar triplas baseadas na lógica de descrição, ou seja, existe um nó sujeito, uma relação chamada de predicado e o nó objeto. Essa tripla é passível de interpretação tanto por indivíduos, quanto por agentes computacionais que lidam com representação da informação.

Para obter a recuperação da informação, além das linguagens mencionadas, faz-se necessário o uso da linguagem de consulta SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query*

Language). Esta linguagem viabiliza a necessidade informacional do indivíduo por meio de proposições, sejam elas simples ou compostas.

3.4 Considerações Finais

Foram abordados neste Capítulo os conceitos de recuperação da informação, os modelos clássicos, bem como os motivos para se utilizar uma ontologia como modelo semântico na recuperação da informação e sua respectiva aplicabilidade.

Entretanto, apesar de ser viável e necessário o uso de ontologias como modelo semântico na recuperação da informação devido às características de um ambiente informacional no contexto de gerenciamento de emergências, muitas vezes as informações podem não ser ideais por problemas relacionados à qualidade da informação.

Devido a isto, o próximo Capítulo tem por objetivo trazer a perspectiva da qualidade da informação e como ela auxilia no processo de recuperação da informação.

4 Qualidade da Informação

Devido a demasiada quantia de dados e informações presentes nos ambientes informacionais, principalmente os contextualizados no gerenciamento de emergências, a qualidade da informação torna-se imprescindível para avaliar a informação de acordo com as necessidades informacionais dos indivíduos.

Este Capítulo, portanto, abordará a temática acerca da qualidade da informação, discutindo desde seus conceitos e permeando por suas dimensões, métricas, a metodologia utilizada, seu papel na SAW e como suporte à recuperação da informação.

4.1 Definição de Qualidade da Informação

A definição de qualidade é subjetiva, ou seja, é necessário alinhar as necessidades informacionais, ações e objetivos de cada domínio a qual a qualidade está contextualizada. Sob a visão de Buckland (1991), cujo autor enfatiza informação como coisa, tais características pertinentes à qualidade ao serem consideradas como livres de quaisquer problemas e/ou falhas passam a ser válidas perante a avaliação de informação, a qual utiliza a qualidade como critério (OLETO, 2006; PEREIRA JUNIOR; PEREIRA; BOTEGA, 2019).

Para ser considerada como bem-sucedida em suas aplicações, a qualidade depende que o indivíduo esteja com suas necessidades informacionais alinhadas perante o domínio ao qual está situado, isto é, os critérios utilizados pelo indivíduo para avaliar a qualidade da informação devem estar presentes no domínio. Olson (2003) argumenta que a informação é de qualidade se satisfazer os requisitos informacionais para seu uso, logo, se não satisfaz, requer uma melhor qualidade.

Nehmy e Paim (1998) e Oletto (2006) argumentam a respeito da qualidade da informação como um conjunto de dimensões relacionadas, mensuráveis e multidimensionais, podendo existir diversas relações entre elas, tais quais a abrangência, acessibilidade, atualidade, objetividade, precisão e validade. Calazans (2008), por sua vez, discorre a respeito da ausência da qualidade da informação, a qual pode causar impactos afetando diretamente no uso da informação e, portanto, deve-se providenciar soluções o quanto antes.

Para Oliveira *et al.* (2017) e Silva *et al.* (2018), ambientes informacionais presentes no domínio de gerenciamento de emergências lidam com informações complexas, heterogêneas, imprevisíveis e dinâmicas e, portanto, limitam a representabilidade e recuperabilidade da informação perante a qualidade, justamente por estarem incompletas, imprecisas e difusas.

Botega *et al.* (2019) complementa que a qualidade da informação pode beneficiar tanto os processos automatizados, quanto a compreensão humana perante situações de emergências. A presença das dimensões qualitativas pode auxiliar os indivíduos envolvidos quanto à confiabilidade informacional.

4.2 Dimensões e Métricas Qualitativas

É válido ressaltar que as dimensões qualitativas mencionadas possuem descrições e definições similares, porém a aplicabilidade e o funcionamento de cada uma variam de acordo com o domínio a qual está sendo aplicada. Cada dimensão representa um problema de qualidade em relação à sua aplicação, como por exemplo as já mencionadas: atualidade, precisão, completude e acessibilidade (MELO; BOTEGA; SANTARÉM SEGUNDO, 2017).

Botega (2016) define dimensão como um artefato composto por objetivos, tarefas e decisões associadas, de acordo com os requisitos e categorizações de qualidade presentes em cada área de aplicação. Isto é, as dimensões se tornam precisas, identificáveis, mensuráveis e quantificáveis.

De acordo com Liu e Chi (2002), sob uma perspectiva teórico-específica, as dimensões podem ser utilizadas por meio de três abordagens: (1) intuitiva, sendo baseada na experiência de especialistas de um domínio; (2) empírica, a qual tem seus atributos determinadas pelos indivíduos que presentes em um domínio; e (3) teórica, a qual dá ênfase em teorias previamente estabelecidas e pesquisas operacionais.

A última abordagem proposta por Liu e Chi sintetiza a informação como coisa ou produto em consonância aos trabalhos de Buckland (1991), Nehmy e Paim (1998) e Oletto (2006), portanto, neste trabalho, as abordagens intuitivas e teóricas serão adotadas, pois ambientes informacionais situados em domínio críticos (como o gerenciamento de emergências) demandam de especialistas para as respectivas definições das dimensões qualitativas, bem como o embasamento em estudos prévios acerca deste mesmo domínio.

As métricas qualitativas, por sua vez, referem-se à forma em que as dimensões serão mensuradas, partindo da premissa que sua aplicabilidade dependerá do contexto e do domínio que a informação a ser avaliada está inserido.

4.3 Metodologia para Avaliação da Qualidade de Dados e Informações

Devido ao montante de dados e informações, tornou-se necessário o uso de metodologias de avaliação e gestão de qualidade. Batini *et al.* (2009) apresentam um conjunto de metodologias, as quais servem para diversos domínios.

Neste trabalho será adotada a metodologia IQESA (*Information Quality Assessment Methodology in the Context of Emergency Situational Awareness*), proposta por Botega *et al.* (2017), para a avaliação de qualidade de dados e informações provenientes de situações de emergências.

Os requisitos adotados por esta metodologia para a concepção de qualidade são especificados por especialistas no domínio em que a mesma será aplicada, conforme a abordagem intuitiva de Liu e Chi (2002).

A IQESA, como instrumento para avaliação da qualidade, permite a ilustração de todas as fases para avaliar e representar a qualidade como parte de um processo de avaliação de informações no contexto de gerenciamento de emergências. Em relação às dimensões, cada dimensão conta com uma expressão matemática para auxiliar em sua quantificação utilizando suas respectivas métricas.

A IQESA viabiliza o monitoramento em relação às mudanças na qualidade da informação por meio do uso de métodos de fusão de informações. Esta metodologia também se propõe a ser flexível, acompanhando os sistemas que a implementam por meio de suas atualizações decorrentes.

A metodologia conta com três etapas básicas: (1) elucidação dos requisitos da qualidade de dados e informações, (2) definição de funções e métricas para quantificar as dimensões, e (3) representação da informação situacional qualificada.

Como exemplo prático, Silva *et al.* (2018) propuseram uma ontologia ciente de qualidade para o domínio de gerenciamento de emergências. A metodologia de avaliação e representação de qualidade adotada foi a IQESA, onde os autores fizeram uso das dimensões atualidade, completude, consistência, relevância e certeza.

4.4 Qualidade da Informação na Recuperação da Informação para Suporte à SAW

A avaliação da qualidade da informação pode influenciar diretamente no processo de aquisição e manutenção de SAW de um indivíduo e, conseqüentemente, na tomada de decisão

em si, a qual demanda de insumos informacionais precisos, atuais e completos para que seja mais assertiva.

Entretanto, sabe-se que a origem de tais insumos informacionais não possuem índices qualitativos aceitáveis perante às recomendações de um especialista do domínio de gerenciamento de emergências, pois as fontes informacionais são heterogêneas e complexas, tornando a qualidade da informação no momento de origem precária e, somada aos fatores de estresse e modelos mentais dos indivíduos em uma situação de emergência, inviável de ser levada em consideração, o que pode gerar riscos à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente.

Atrair a qualidade da informação à recuperação da informação torna-se interessante, pois pode viabilizar insumos informacionais mais apropriados e que melhor atendam as necessidades informacionais dos indivíduos.

Conforme apresentado no Capítulo anterior, é possível e viável o uso de ontologias como modelo semântico para a recuperação da informação. Melhorar a qualidade de informações provenientes de uma ontologia, a qual em sua essência possibilita a descoberta de novas informações por meio de inferências e regras definidas em axiomas, fornece critérios e parâmetros baseados em índices qualitativos, uma vez que a qualidade reflete o valor e o quão confiável, atual, precisa e compreensível é uma informação.

Todas as dimensões e métricas aplicadas remetem à percepção humana daquilo que se espera da informação, logo recuperar informações por meio de uma ontologia ciente de qualidade é instigante, pois a contextualização informacional oriunda da ontologia somada aos fatores qualitativos pode resultar em melhores insumos para que o indivíduo melhore continuamente sua SAW.

Silva *et al.* (2018) desenvolveram uma ontologia, a qual possui meios para avaliar a qualidade da informação, objetivando produzir melhores insumos informacionais para o desenvolvimento de SAW. Os autores elaboraram um estudo de caso envolvendo um atendimento a uma situação de incêndio florestal, o qual foi utilizado para demonstrar a aplicabilidade da ontologia junto à gestão da qualidade, contribuindo positivamente para uma SAW dos operadores humanos envolvidos.

4.5 Considerações Finais

Neste Capítulo foram apresentados os conceitos de qualidade da informação, suas dimensões e métricas, a metodologia de avaliação de qualidade IQESA proposta por Botega *et*

al. (2017), um exemplo prático na literatura desta metodologia aplicada e como a qualidade pode ser aplicada na recuperação da informação como suporte à SAW.

Apesar da qualidade e suas respectivas dimensões e métricas estarem presentes, a dimensão temporal não foi empregada, impossibilitando a análise e recuperação da informação sob a estrutura de uma linha do tempo. O Capítulo a seguir tratará a respeito de um modelo de recuperação de informação com suporte semântico e temporal, a temática deste trabalho.

5 Modelo de Recuperação de Informação com Suporte Semântico e Temporal

A dimensão temporal é um artefato de grande importância e relevância no domínio de gerenciamento de emergências. Entretanto, os ambientes informacionais que dependam desta dimensão, bem como a atualidade dos dados e informações, estão sujeitos a limitações de qualidade, as quais podem causar riscos à vida, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Este Capítulo objetiva propor um modelo de recuperação de informação com suporte semântico e temporal a fim de se obter novos descobrimentos informacionais a partir de uma linha do tempo expressada de modo semântico, os quais podem servir como insumo para a melhoria do processo de tomada de decisão.

5.1 O Modelo Maestro

Esta seção visa apresentar o Modelo de Recuperação de Informação com Suporte Semântico e Temporal (*seMantic And tEmporal Supported informaTion Retrieval mOdel - Maestro*), assim como seus respectivos elementos. É válido recapitular que seu objetivo principal é melhorar os processos informacionais da recuperação da informação utilizando ontologias, as quais são modelos semânticos úteis à recuperação da informação, uma vez que possibilitam a descoberta de novas informações por meio de inferências e definições de axiomas bem estruturados. Ademais, a qualidade da informação em conjunto com a dimensão temporal favorece a atualidade, a relevância e a credibilidade informacionais, podendo melhorar os documentos recuperados pela busca feita por um indivíduo, o que por consequência atenderá suas necessidades informacionais.

O Modelo Maestro é composto por quatro processos internos (Recuperação da Informação, Ontologia, Temporalidade e Qualidade da Informação), um intermediário (Domínio de Aplicação) e dois processos externos (SAW e Fatores Externos).

Os processos internos devidamente orquestrados são os responsáveis em fornecer os insumos informacionais de acordo com as necessidades dos indivíduos que consumirem tais insumos. Ou seja, o processo interno de Recuperação da Informação é o responsável direto na comunicação entre os processos externos.

Por sua vez, os processos externos são responsáveis pelo envolvimento humano (processo de SAW), o qual deve informar suas necessidades informacionais por meio de

expressões de busca, enquanto os demais fatores não pertinentes aos humanos, nem ao domínio situado, como é o caso do processo de Fatores Externos, é o responsável em implicar aspectos que não estão sob controle de tais indivíduos.

Por fim, o último processo informacional apresentado é o processo intermediário de Domínio de Aplicação, o qual possui relação direta entre os processos internos e os processos externos. O Domínio de Aplicação é o responsável por definir regras pertinentes ao contexto ao qual se situa, o que impacta diretamente no processo externo de SAW, uma vez que os modelos mentais são construídos de acordo com as regras definidas, as quais também interagem diretamente com os processos internos, pois são as regras criadas por este processo que definirão o comportamento adequado dos processos internos. Ademais, o Domínio de Aplicação também é o responsável por definir as tratativas quando algo é imposto pelos Fatores Externos.

A Figura 2 contempla a explanação acima, tendo a temporalidade e a qualidade da informação englobadas pela ontologia, enquanto esta serve como fonte informacional para a recuperação da informação, gerando insumos informacionais para os processos de SAW, permitindo que decisões mais assertivas sejam tomadas e possuindo relacionamento direto e indireto com o ambiente e o domínio em si.

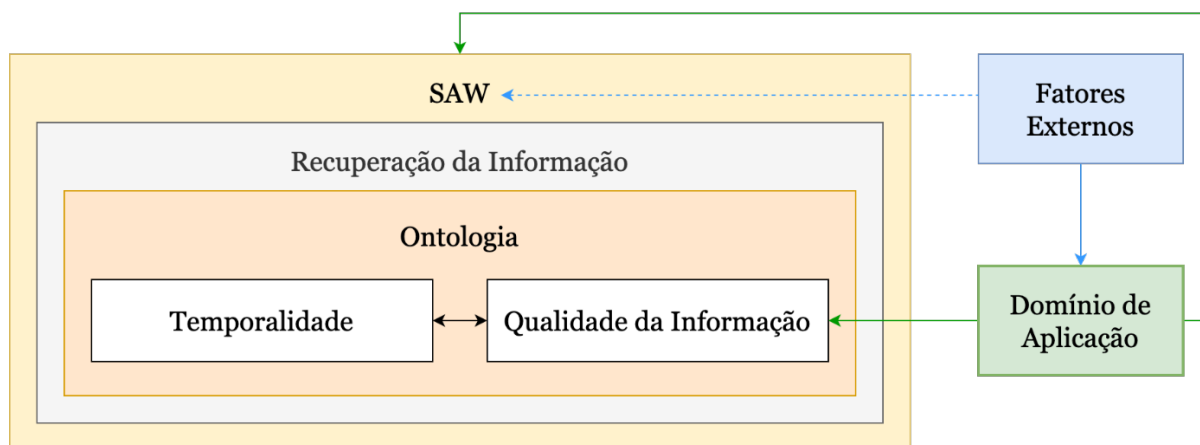


Figura 2 - O Modelo Maestro. Fonte: o próprio autor.

Dentro do Modelo Maestro, a SAW refere-se ao modelo proposto por Endsley (1988), a qual faz relação direta com a Recuperação da Informação, principalmente em um domínio de risco, como o de gerenciamento de emergências, justamente por ser necessário adquirir, manter e melhorar constantemente a SAW, permitindo a tomada de decisões mais assertivas. Tais ações ocorrem por meio dos insumos recuperados pelos processos informacionais provenientes da

Recuperação da Informação, uma vez que uma informação bem recuperada é caracterizada pela sua interação e integração por quem a consome, bem como por satisfazer suas necessidades informacionais.

A Recuperação da Informação, por sua vez, depende de um modelo que permita atender as necessidades de indivíduos situados neste domínio por meio de processos informacionais consistentes, como a representação, as funcionalidades de busca e formas de se expressar a busca. Portanto, a ontologia de domínio, enquanto modelo semântico, favorece diretamente a contextualização de dados, tornando assim os processos informacionais da Recuperação da Informação mais eficientes.

A ontologia de domínio, entretanto, demanda que os dados tenham seus índices de qualidade fidedignos perante a necessidade informacional de um indivíduo, pois isso favorece tanto a recuperação, quanto a representação da informação. Informações incorretas geram incertezas, impactando diretamente na qualidade e nos elementos do modelo já abordados. Logo, a Qualidade da Informação se faz presente para atender a percepção humana do que espera do insumo informacional. Por sua vez, o espectro da Temporalidade, unido à Qualidade da Informação, permite a estruturação de uma linha temporal tornando análises informacionais mais relevantes.

Apesar de presentes no modelo de SAW, e por esta razão têm seu relacionamento expressado por uma linha tracejada, os Fatores Externos envolvem todos os fatores do ambiente acerca do domínio, gerando interação mútua, uma vez que a SAW está situada em um ambiente externo, o qual está suscetível a quaisquer situações que possam não estar sob o controle da SAW. É válido ressaltar que este elemento tende a envolver pessoas, fatores sociais, políticos e econômicos, bem como aspectos meteorológicos, topológicos, geográficos e entre outros. Ademais, todos podem agir de formas diretas e indiretas diante de uma situação.

Por fim, o Domínio de Aplicação é o responsável por contemplar todas as regras que impactarão diretamente na SAW (de acordo com as habilidades, experiências e mecanismos de processamento de informação dos indivíduos), na Qualidade da Informação e, conseqüentemente por meio desta última, na Temporalidade, uma vez que baseadas nessas regras, será possível indicar como os relacionamentos temporais serão representados e como a qualidade será mensurada por meio de suas dimensões e métricas. É necessário recapitular que os aspectos qualitativos da informação devem ir de encontro às necessidades informacionais de indivíduos situados em tal Domínio de Aplicação.

Tecnicamente, o Modelo Maestro utiliza outros modelos, técnicas e metodologias que servem de base para o cumprimento de seu propósito. A camada de SAW, dada como processo externo, é em referência ao modelo proposto por Endsley (1988). Para fins de avaliação da qualidade da informação, utiliza-se a metodologia IQESA, proposta por Botega *et al.* (2017).

Por sua vez, Silva *et al.* (2018) contribui com o processo interno de Ontologia por meio da ontologia de domínio e as formas de se representar a qualidade da informação de modo ontológico utilizando boas práticas de representação e recuperação.

Em relação à Temporalidade, Tao *et al.* (2010) e Tao *et al.* (2011) apresentaram a necessidade deste aspecto em domínios de risco, como o de gerenciamento de emergências. Os autores propuseram ontologias temporais capazes de atender às necessidades informacionais frente à recuperação da informação de modo que contemple as características do Domínio de Aplicação.

5.2 Metodologia IQESA para Avaliação da Qualidade

A metodologia IQESA, proposta por Botega *et al.* (2017), objetiva avaliar e representar os índices de dados e qualidade da informação do melhor modo, possibilitando o uso da qualidade em um processo de avaliação da informação. O processo da IQESA é organizado e dividido em três etapas: (1) levantamento de requisitos de qualidade dos dados e das informações; (2) definição das funções e métricas para quantificar as dimensões de qualidade; e (3) representação da informação situacional. O processo como um todo visa a construção e melhoria contínua da SAW no contexto de gerenciamento de emergências, como o controle e combate a incêndios.

Por sua vez, a metodologia converge no aumento da percepção e no apoio à compreensão situacional, procedimentos os quais remetem aos níveis 1 e 2 de SAW, respectivamente. Portanto, o nível de 3 de SAW, o qual remete à projeção situacional, não é considerado nos procedimentos da metodologia. Isto ocorre, pois, de acordo com Endsley (1988), a projeção situacional só pode ser alcançada se o nível 2 de SAW de um indivíduo estiver bem consolidado. Botega *et al.* (2017) argumentam que a metodologia foi preparada para lidar com fluxos contínuos de informações a serem avaliadas e enviadas a outros processos informacionais ou indivíduos.

A definição dos critérios de qualidade deve ser dada por tomadores de decisão especialistas no domínio de gerenciamento de emergências, como os bombeiros. Esta definição pode ser realizada por meio de uma análise de tarefas dirigida por objetivos (*Goal-Driven Task*

Analysis - GDTA), técnica proposta por Endsley (2016) que tem por objetivo revelar as tarefas a serem realizadas, decisões a serem tomadas e informações necessárias para tomar decisões.

A técnica propõe a aplicação de um questionário cujas questões possam ser classificadas pelos níveis de SAW. Deve-se questionar sobre quais são as tarefas diárias realizadas, quais as decisões tomadas para realizar tais tarefas e, por fim, quais informações são necessárias para tomar cada decisão. Os resultados obtidos são conjuntos de informações necessárias para tomar decisões que podem ser classificadas sob o nível de SAW.

A partir disto, é possível criar uma árvore de atributos a partir dos principais termos e entidades identificados nas respostas fornecidas, conforme apresentado no Anexo A, levando em consideração o nível hierárquico de cada indivíduo. Esta árvore de atributos é demasiada importante por fornecer insumos quais os requisitos devem ser quantificados e qualificados pela metodologia de avaliação da qualidade.

Além de elencar os requisitos necessários a partir da árvore de atributos e dos resultados do GDTA é possível especificar as dimensões de qualidade do domínio de gerenciamento de emergências. Silva *et al.* (2018) especificam cinco dimensões úteis ao domínio supracitado: atualidade, completude, consistência, relevância e certeza.

A atualidade é de suma importância para o desenvolvimento de SAW, uma vez que se trata de um progresso temporal acerca de um determinado evento, o qual se estiver errado ou impreciso, a situação como um todo pode ser interpretada de maneira errônea, causando erros no processo de tomada de decisão por parte dos operadores. Em uma situação de incêndio florestal, por exemplo, esta dimensão pode ser obtida por meio de dois atributos: (1) a hora na qual a solicitação/denúncia foi gerada e (2) a hora de inclusão no sistema.

A completude refere-se ao percentual do quanto uma solicitação/denúncia está completa em relação à presença dos atributos que a descrevem, portanto é necessário recorrer à árvore de atributos para definir quais atributos são essenciais e devem estar presentes na avaliação da dimensão a fim de não comprometer seu índice (valor quantitativo, no caso o percentual).

Por sua vez, a consistência se dá pela análise sintática e semântica de acordo com as informações contidas em um determinado contexto. Botega (2016) exemplifica a respeito da consistência a partir de um conjunto de dados, no qual o estado civil de uma pessoa é “casado”, enquanto sua idade é dada por “cinco anos de idade”. No contexto de gerenciamento de emergências, a consistência é dada a partir da segunda denúncia acerca da mesma situação, podendo variar de uma escala percentual (de 0% a 100%).

O Modelo Maestro emprega a IQESA como metodologia de avaliação de qualidade com o propósito de prevalecer a promoção da melhoria de SAW pela consciência da qualidade da informação, amplificando a percepção e o entendimento dos indivíduos sobre situações de emergência, além de continuar como suporte à ontologia desenvolvida por Silva *et al.* (2018), a qual além de contemplar a mesma metodologia, serve como base semântica para a validação do modelo aqui proposto, uma vez que a ontologia é de domínio e está situada no contexto de gerenciamento de emergências.

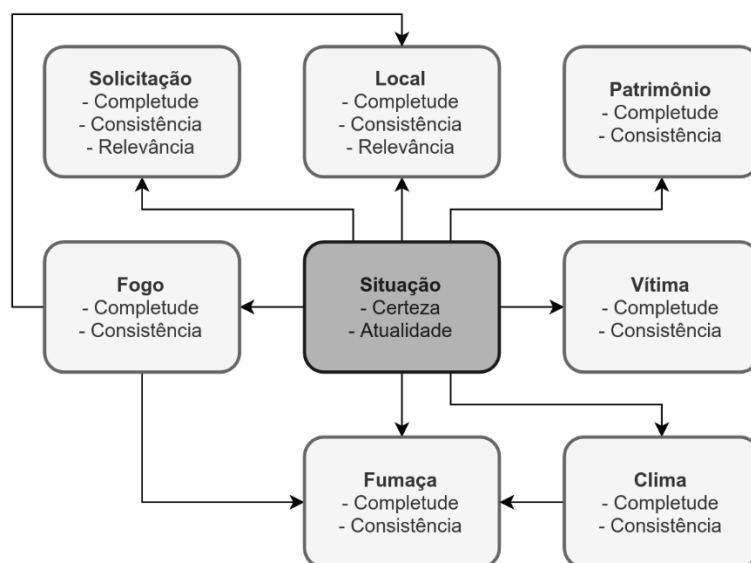


Figura 4 - Principais classes da ontologia e suas respectivas propriedades que representam as dimensões de qualidade.

5.3 Inclusão da Dimensão Temporal na Ontologia de Domínio

Tao *et al.* (2010) e Tao *et al.* (2011) fizeram o reuso de ontologias temporais e outras de topo a fim de criar um modelo unificado, ou seja, uma ontologia voltada para o domínio clínico com suporte às relações temporais e formalizadas de acordo com as necessidades das narrativas clínicas. As ontologias reutilizadas foram a *Time Ontology in OWL* da W3C, a *SWRL Temporal Ontology* da Universidade de Stanford e a *Basic Formal Ontology* da Universidade de Buffalo.

As três ontologias mencionadas, principalmente as duas primeiras, são úteis frente à sua aplicação na ontologia desenvolvida por Silva *et al.* (2018), pois a mesma não possui a dimensão temporal em seu escopo. Os relacionamentos temporais presentes na ontologia possibilitam a criação de uma linha do tempo capazes de fornecer novos insumos informacionais por meio de inferências.

De acordo com os embasamentos de Tao *et al.* (2010) e o contexto ao qual este trabalho se situa, ou seja, o gerenciamento de emergências, os relacionamentos temporais e a dimensão temporal quanto à qualidade da informação possibilitam análises de dados emergenciais em diversas aplicabilidades, tais como (1) a descoberta de padrões temporais em uma situação de incêndio florestal em um determinado bioma, (2) a explicação de situações passadas, buscando trazer as prováveis causas que acarretaram em situações de emergência e (3) a projeção situacional de estados futuros, como a possibilidade do fogo de um incêndio florestal se alastrar para outras áreas.

A ontologia da W3C, a *Time Ontology in OWL*, conta com duas principais classes: Evento e Tempo. A primeira refere-se a qualquer tipo de ocorrência, estado, percepção, procedimento, sintoma ou situação que ocorra em uma linha do tempo. A segunda é dividida em outras quatro classes: Instante, Intervalo e Período.

A classe Instante refere-se a um ponto específico de tempo dentro de uma linha do tempo, onde existem fatores granulares, como data (ano, mês e dia) e horário (hora, minuto e, se necessário, segundo). Tais granularidades permitem que a linha do tempo seja representada e recuperada de maneira correta pela ontologia, além de auxiliar nos processos de inferências para que novos conhecimentos temporais sejam descobertos.

A classe Intervalo representa a duração de tempo, ou seja, há um relacionamento de início e fim. Cada parte do relacionamento torna-se uma instância de Instante.

A classe Fase representa cada ocorrência de um intervalo repetido, também tendo início e fim. Por fim, a classe Período especifica a medida de frequência que uma Fase repete.

Toda informação que remete à horário, independente de qual classe temporal for, deve ser representada pela classe Duração, onde deve-se conter a unidade de tempo utilizada junto ao seu respectivo valor. A unidade de tempo é dada pelo fator granular mencionado acima, isto é, pode ser “ano”, enquanto seu valor é “2019”, por exemplo.

Apesar dessas classes estarem presentes no modelo semântico, elas não cumprirão seus objetivos se não houver um relacionamento consistente entre elas. Portanto, o relacionamento temporal se dá entre duas instâncias de Evento ou de Evento com alguma instância de Tempo.

Por sua vez, a ontologia proposta pela Universidade de Stanford, a *SWRL Temporal Ontology*, conta com um vocabulário derivado da álgebra de intervalo de Allen (1983), isto é, termos vinculados às relações temporais como “igual”, “antes”, “depois”, “toca”, “sobrepõe”, “durante”, “inicia” e “finaliza”. Esta ontologia permite a interoperabilidade quanto aos

operadores temporais de Allen utilizados junto aos relacionamentos temporais definidos na ontologia proposta pela W3C.

Os operadores temporais utilizados pela *SWRL Temporal Ontology* permitem que os relacionamentos temporais das classes da *Time Ontology in OWL* existam. Ou seja, é possível relacionar duas instâncias da classe Evento (*e1* e *e2*, respectivamente) por meio do operador “depois”, resultando na tripla “*e1* ocorreu *depois* de *e2*”, por exemplo.

Por fim, a ontologia da Universidade de Buffalo, a BFO, conta com uma classe chamada “*connected_temporal_region*” ou Região Temporal Conectada em tradução livre. Esta classe possui duas classes filhas, sendo estas Instante e Intervalo e possuem praticamente as mesmas características das classes de mesmo nome da *Time Ontology in OWL*. Portanto, pode-se dizer que estas são iguais, com a exceção de que a BFO permite uma melhor formalização da informação na ontologia.

5.4 Demonstração da Ontologia com Suporte Temporal

A ontologia proposta por Silva *et al.* (2018) conta com as classes Situação, Solicitação, Local, Clima, Pessoa, entre outras. O principal destaque é para a classe de Solicitação, a qual remete a um evento de uma situação de emergência. Esta classe pode ser considerada como equivalente à classe de Evento da *Time Ontology in OWL*, uma vez que uma solicitação ocorre em uma linha do tempo.

A implementação da dimensão temporal segue as recomendações dadas por Tao *et al.* (2010) e Tao *et al.* (2011), baseando-se no estudo de caso de Silva *et al.* (2018). A nível de instâncias, duas foram criadas a partir da classe Solicitação. A primeira solicitação foi emitida por um cidadão, é do tipo alerta, possui confiabilidade do emissor e o horário da denúncia foi às 14h23. A segunda foi emitida por um bombeiro, também é do tipo alerta e possui confiabilidade do emissor, sendo o horário da denúncia às 14h25.

Ambas as solicitações podem corresponder à classe de Evento da *Time Ontology in OWL*, portanto o relacionamento temporal pode ser criado ao vincular uma instância de Instante, a qual se refere a um momento de tempo.

A unidade de tempo das duas instâncias deve ser especificada como horário e os atributos de tempo precisam ter seus valores normalizados para serem interpretados por

máquinas, portanto os horários “14h23” e “14h25” devem ser normalizados para “14:23” e “14:25”, respectivamente, conforme a ISO 8601 - Formato de Data e Hora⁴.

A representação das instâncias das situações e do relacionamento temporal é apresentada pela Figura 5A e Figura 5B.

Na Figura 5A os objetos com preenchimento na cor laranja representam as classes da ontologia de domínio proposta por Silva et al. (2018), enquanto os objetos com preenchimento na cor roxa representam as instâncias dessas classes, as quais remetem a esta prova de conceito. As setas contínuas rosas referem-se a qual classe pertence uma instância específica, enquanto as linhas tracejadas laranjas referem-se ao relacionamento entre instâncias de outras classes.

Por sua vez, na Figura 5B os objetos com preenchimento na cor verde são os valores das propriedades relacionados às instâncias. A linha contínua azul refere-se à subclasse e a contínua verde remete ao vínculo entre propriedade e valor específico. Para fins de destaque, a inclusão da dimensão temporal é representada pelo todo que se encontra dentro da borda vermelha.

De acordo com o estudo de Silva *et al.* (2018), ocorreram duas solicitações (“*solicitacao_1*” e “*solicitacao_2*”) as quais se referem a mesma situação (“*situacao_1*”), entretanto, caso não houvesse a dimensão, não seria possível dizer ontologicamente qual evento ocorreu antes do outro, por exemplo.

Dada a inclusão da dimensão temporal, há a possibilidade de inferir novos conhecimentos temporais a partir dos novos relacionamentos criados, como por exemplo a Solicitação 1 ter ocorrido antes da Solicitação 2 utilizando a propriedade “*time:hasNormalizedTime*”⁵ das instâncias “*instante_1*” e “*instante_2*”, sendo expressada pela regra “*swrl:before(?instante_1, ?instante_2)*”⁶.

As métricas qualitativas e quantitativas podem ser afetadas, uma vez que uma das dimensões de qualidade passou a ter relacionamentos ternários passíveis de novas mensurações.

A partir desta adequação e do reuso das ontologias mencionadas acima, a ontologia proposta por Silva *et al.* (2018) torna-se capaz para suportar os demais relacionamentos temporais.

⁴ <https://www.iso.org/iso-8601-date-and-time-format.html>

⁵ O “*time*” diz respeito à *Time Ontology in OWL*.

⁶ O “*swrl*” diz respeito à *SWRL Temporal Ontology*.

5.5 Considerações Finais

Neste Capítulo foi apresentado o Modelo Maestro, suas características, a metodologia de avaliação de qualidade utilizada, a ontologia de domínio e uma demonstração de como esta se comporta a partir da inclusão de uma ontologia com suporte temporal. A fim de validar o Modelo Maestro, o Capítulo a seguir fará a prova de conceito.

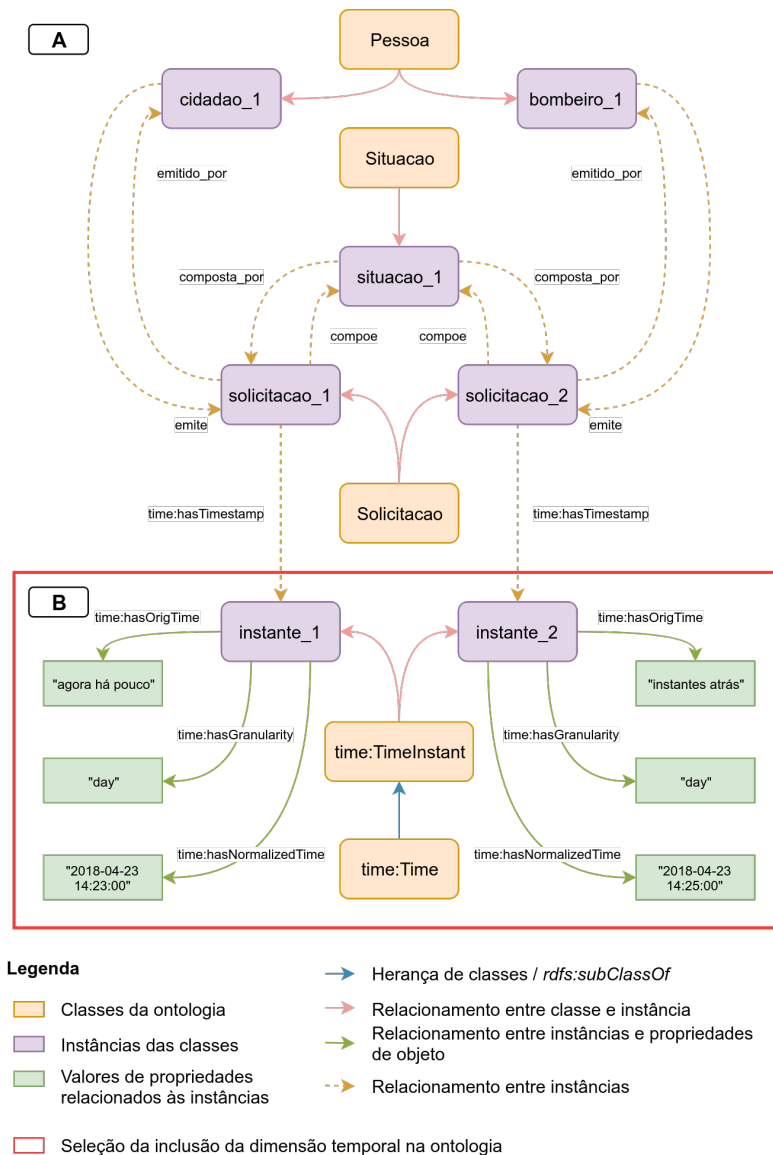


Figura 5 - (A) Representação da ontologia sem a dimensão temporal. Os objetos com preenchimento na cor laranja representam as classes da ontologia de domínio proposta por Silva *et al.* (2018), enquanto os objetos com preenchimento na cor roxo representam as instâncias dessas classes. As setas contínuas rosas referem-se a qual classe pertence uma instância específica, enquanto as linhas tracejadas laranjas referem-se ao relacionamento entre instâncias de outras classes. (B) Representação da dimensão temporal relacionada à ontologia. Os objetos com preenchimento na cor verde são os valores das propriedades relacionados às instâncias. A linha contínua azul refere-se à subclasse e a contínua verde remete ao vínculo entre propriedade e valor específico. Para fins de destaque, a inclusão da dimensão temporal é representada pelo todo que se encontra dentro da borda vermelha.

6 Prova de Conceito do Modelo Maestro

Neste Capítulo será apresentado a Prova de Conceito que perpassa por todos os elementos do Modelo Maestro e seus processos informacionais, tais como a análise de requisitos das necessidades informacionais existentes no domínio – o que também implicará nos fatores qualitativos – e a adaptação da ontologia de domínio para que passe a ter suporte temporal. Os resultados obtidos visam melhorar e adquirir SAW e, conseqüentemente, atender às necessidades informacionais de um indivíduo. Além disso, os resultados também contam com a apresentação de uma linha temporal a fim de esboçar a evolução informacional. A Figura 6 apresenta as fases desta Prova de Conceito.

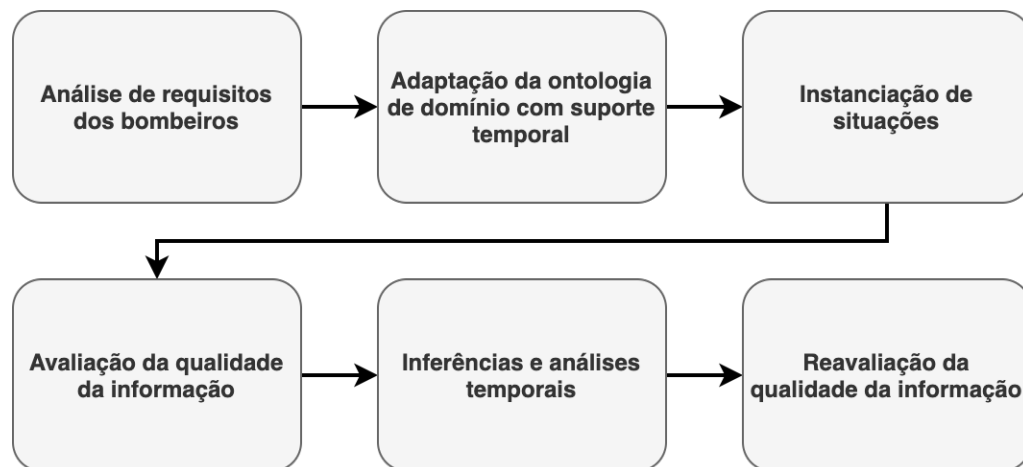


Figura 6 - Fases da Prova de Conceito e seus relacionamentos a fim de validar o Modelo Maestro

A coleta de dados é originária das situações enviadas no aplicativo DF100Fogo. Este aplicativo faz parte do projeto que leva o mesmo nome e foi mantido pelo Centro Universitário Eurípides de Marília (UNIVEM), Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), Jardim Botânico de Brasília (JBB) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Os detalhes da extração de tais dados podem ser obtidos em Botega *et al.* (2017), Oliveira *et al.* (2017), Silva *et al.* (2018) e Tavares *et al.* (2019).

6.1 Análise de requisitos das necessidades informacionais por parte dos bombeiros

Para obter maior assertividade frente aos resultados, é necessário elencar os requisitos das necessidades informacionais por parte dos bombeiros, isto é, descrever as principais

entidades que devem ser identificadas e enumerar quais atributos são relevantes. O Anexo A contém uma árvore atributos úteis capazes de servir de base para a parametrização na metodologia de avaliação da qualidade, enquanto o Anexo B refere-se ao questionário utilizado para chegar nos atributos finais.

Em um atendimento a uma solicitação de incêndio florestal, as principais entidades que devem ser identificadas são:

- Informações acerca do local em que está ocorrendo o incêndio;
- Informações sobre vítimas, quantidade e seus respectivos estados;
- Qualificações sobre o solicitante ou denunciante;
- Informações sobre o fogo, se o foco de incêndio é pequeno, médio ou grande;
- Informações sobre o clima, velocidade do vento, taxa de umidade etc.;
- Informações acerca do tipo de vegetação atingida pelo incêndio;
- Informações acerca do tipo da topologia em que o incêndio está ocorrendo.

A partir da constatação das entidades necessárias, é notável que as situações de incêndios contêm muitos atributos e entidades relacionados e a partir de tais relacionamentos é possível que bombeiros analisem a situação e tomem suas decisões. A lista abaixo contém alguns exemplos de situações com os atributos relacionados, sendo estes representados pela primeira letra maiúscula:

- Considerando o Clima como um Fator Externo, seus atributos filhos podem sofrer alterações ao decorrer de uma situação e consequentemente afetar outros atributos, tais como Fumaça, Solicitante e Recursos Alocados (bombeiros, veículos, aeronaves, ferramentas etc.);
- Considerando o Patrimônio como objeto a ser preservado em uma situação, diante de alta intensidade do Fogo em um Local de difícil acesso, os Recursos Alocados devem ser suficientes para solucionar a situação, ressaltando que o cenário contextual pode melhorar ou piorar ao decorrer do tempo;
- A Condição Médica de uma Vítima pode ser um fator decisivo dos Recursos Alocados em determinada situação, como o seu deslocamento até o hospital mais próximo;
- Os Ampliadores Climáticos, tais como a Baixa Temperatura, Baixa Umidade e Vento Forte, são fatores impactantes em relação à Fumaça de um Fogo, uma vez que tais condições são favoráveis para o alastramento em um curto intervalo de tempo para o restante da Vegetação.

Além de relacionar os atributos relevantes para os bombeiros, é necessário definir quais os operadores temporais de Allen (1983) serão utilizados para atender suas necessidades. Para as situações aqui apresentadas serão utilizadas apenas os operadores “antes” e “depois”, uma vez que as solicitações que compõem uma situação específica contêm dados que estão no passado e ao mesmo tempo podem ter sido emitidos no mesmo instante.

6.2 Adaptação da Ontologia de Domínio com o Suporte Temporal

Para que a ontologia de domínio proposta por Silva *et al.* (2018) suporte os aspectos temporais, isto é, passe a incorporar as ontologias temporais, é necessário utilizar recursos tecnológicos que viabilizem esta tarefa. Para isto, será utilizado o Protégé⁷, um software de código aberto desenvolvido pela Universidade de Stanford.

A escolha desta ferramenta pode ser ratificada baseada nos argumentos de Rubin, Noy e Musen (2007) e Tudorache et al. (2008), onde os autores esclarecem que o Protégé é um editor para criação e manutenção de ontologias e bases de conhecimento de formas intuitivas e com boa interação com quem o utiliza. Ademais, o software conta com diversos plug-ins⁸ que potencializam o uso da ferramenta, como a visualização de grafos existentes na ontologia, consultas utilizando a linguagem SPARQL e SQWRL e motores de inferências.

No Protégé, uma vez aberta a ontologia de domínio desenvolvida por Silva *et al.* (2018), é necessário importar as IRIs (*Internationalized Resource Identifier*) das ontologias temporais, ou seja, a *Time Ontology in OWL* (TO-OWL) e a *SWRL Temporal Ontology* (SWRL-TO). A Figura 7 apresenta ambas as ontologias importadas na ontologia de domínio. Por sua vez, a Figura 8 demonstra as classes temporais destacadas em azul, as demais classes referem-se às já existentes na ontologia de domínio.

⁷ Disponível em <https://protege.stanford.edu/>. Acesso em 11 de abril de 2020.

⁸ Extensão adicional que pode ser um conjunto de ferramentas ou recursos que aumentam as funcionalidades do software inicial, no caso, o Protégé.

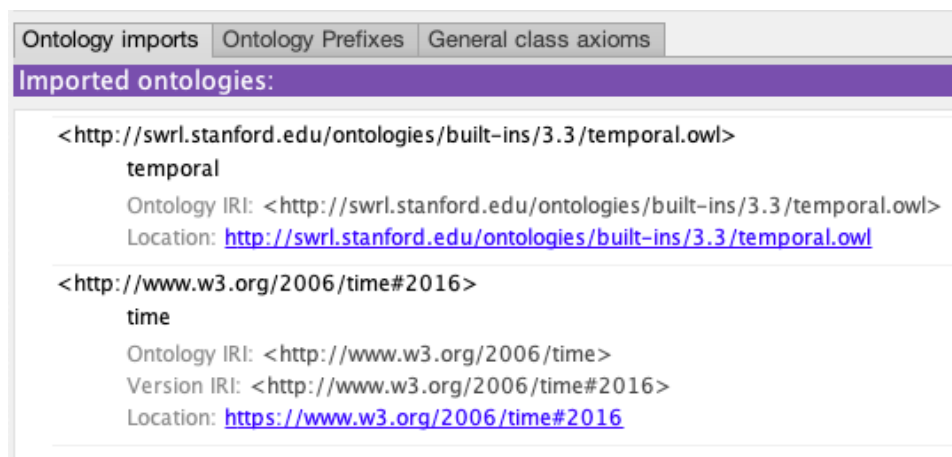


Figura 7 - Ontologias temporais importadas na ontologia de domínio

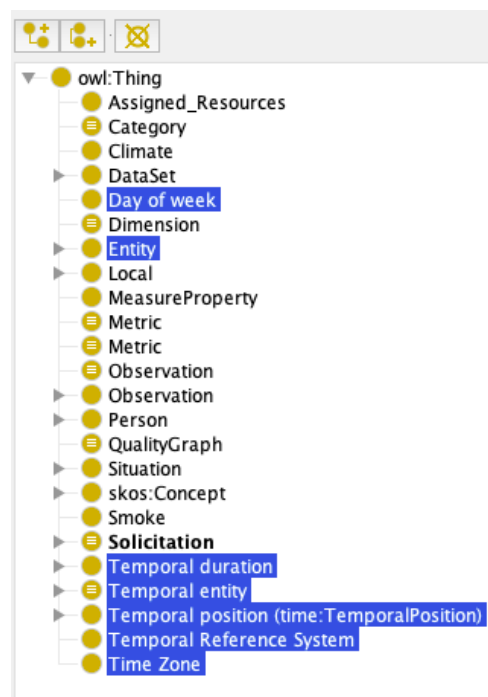


Figura 8 - Classes temporais destacadas em azul após serem importadas. As demais classes referem-se às classes da ontologia de domínio.

Após importar as ontologias temporais, é necessário fazer os devidos ajustes em classes e propriedades de dados e objetos para que os relacionamentos temporais possam funcionar de forma adequada.

A primeira adaptação necessária é tornar a classe “Instant” da TO-OWL equivalente à “ValidInstant” da SWRL-TO, conforme a Figura 9. Ambas, de acordo com suas documentações, representam um instante de tempo válido.

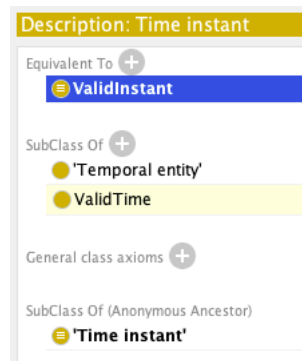


Figura 9 - Primeira adaptação feita na ontologia

A segunda adaptação é tornar as propriedades de objeto “hasTime” da TO-OWL equivalente à “hasValidTime” da SWRL-TO, conforme a Figura 10. Por consequência da primeira adequação feita, as propriedades as quais ela se relaciona também precisam ser equiparáveis.

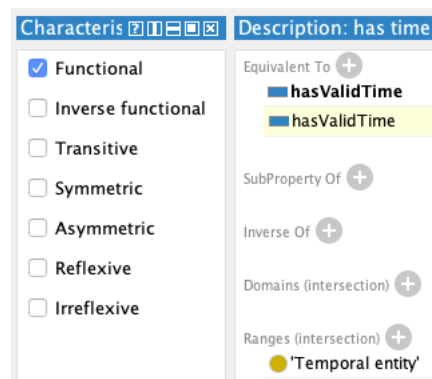


Figura 10 - Segunda adaptação feita na ontologia

Por fim, a terceira adaptação é tornar a propriedade de dados “inXSDDateTimeStamp” da TO-OWL como sub-propriedade da “hasTime” da SWRL-TO. O escopo da primeira propriedade mencionada está contido no escopo da segunda.

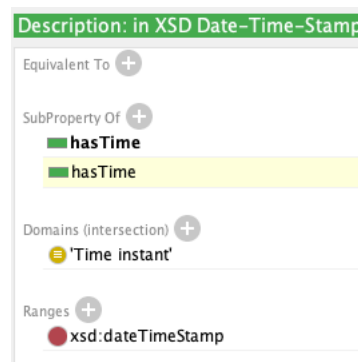


Figura 11 - Terceira adaptação feita na ontologia

Uma vez tendo as entidades semânticas adaptadas, é preciso criar a primeira regra na ontologia de domínio que será responsável pelos relacionamentos de “before” (antes) e “after” (depois) da TO-OWL entre a classe “Instant” da mesma ontologia temporal. A regra pode ser descrita da seguinte forma:

Todos os instantes temporais de uma Situação serão organizados cronologicamente, independente da classe à qual estejam relacionados.

Esta regra, como já descrito, possibilita que todas as instâncias da classe “Instant” da TO-OWL ou “ValidInstant” da SWRL-TO tenham seus relacionamentos cronológicos inferidos. Para que o motor de inferência da ontologia de domínio consiga interpretar regras, é necessário utilizar a lógica descritiva por meio linguagem SWRL (*Semantic Web Rule Language*), a qual combina a linguagem de marcação RuleML (*Rule Markup Language*) com as abstrações da OWL. A regra supracitada pode ser descrita em SWRL desta maneira:

```
:Forest_fire(?fire)
  :it_features(?fire, ?something1) ^ time:hasTime(?something1, ?instant1)
    time:Instant(?instant1) ^ temporal:hasTime(?instant1, ?time1)
  :it_features(?fire, ?something2) ^ time:hasTime(?something2, ?instant2)
    time:Instant(?instant2) ^ temporal:hasTime(?instant2, ?time2)
differentFrom(?instant1, ?instant2) ^ temporal:before(?time1, ?time2)
-> time:before(?instant1, ?instant2)
```

Os elementos destacados em **laranja** representam as classes presentes na ontologia. Os elementos destacados em **verde** representam as propriedades de objeto, em **marrom** são as propriedades de dados, em **roxo** é uma função interna do SWRL e, por fim, em **vermelho** a função interna da SWRL-TO para verificar se um tempo (?time1) ocorre antes de outro (?time2).

Sempre que uma **Situação de Incêndio Florestal** (?fire) **tiver** algo (?something1) que **tenha um instante de tempo** (?instant1), este último seja do tipo **Time Instant** e **contenha o seu valor temporal** (?time1) e a mesma **Situação** **tenha** outro algo (?something2) que siga as mesmas condições anteriores, como **ter um instante de tempo** (?instant2) do tipo **Time Instant** e que **tenha o seu valor temporal** (?time2), esses dois instantes (?instant1 e ?instant2) **deverão ser diferentes** uns dos outros e, se o primeiro valor de tempo (?time1)

ocorrer **antes** do segundo (?time2), **então** o relacionamento temporal de que o primeiro instante (?instant1) ocorreu **antes** do segundo (?instant2) será criado.

A relação oposta não precisa ser expressada, uma vez que a propriedade de objeto “time:before” já possui em suas características que a sua correspondência inversa é a propriedade “time:after”.

Na Seção a seguir serão demonstradas as instâncias da ontologia e a regra SWRL em funcionamento.

6.3 Instanciação de Situações Contextualizadas no Domínio de Gerenciamento de Emergências

Criar as instâncias em uma ontologia pode ser um processo realizado de diversas formas, desde a instanciação manual até utilização de técnicas de mineração de dados e fusão de dados, assim como argumentado em Botega *et al.* (2017) e Oliveira *et al.* (2017). É válido ressaltar que a instanciação manual pode gerar dois problemas: (1) demasiada quantidade de instâncias presentes, o que consumiria tempo nesta tarefa; e (2) sucessão de diversos erros, tais como falhas de digitação e mapeamento incorreto entre classes, propriedades de dados e objetos.

Os dados advindos da plataforma do DF100Fogo encontram-se no formato JSON⁹, logo, por já estar em um formato passível de interpretação computacional, torna-se possível o mapeamento informacional em relação às classes e propriedades de dados e objetos disponíveis na ontologia.

Para os fins desta prova de conceito, serão utilizadas as três solicitações abaixo acerca da mesma situação as quais retratam um incêndio com vítimas no Parque Nacional de Brasília:

- Solicitação 1
 - Tipo: Denunciante
 - Texto enviado: “Está pegando fogo no Parque Nacional!”
 - Ponto de referência: Pizzaria do Ari
 - Latitude: -15.6530146
 - Longitude: -47.9029558
 - Data e hora do recebimento: 25/10/2018 às 08h24m42

⁹ Formato compacto, de troca de dados simples e rápida entre sistemas. Disponível em: <https://www.json.org/json-pt.html>

- Solicitação 2
 - Tipo: Vítima
 - Texto enviado: “Por favor, nos ajude! Está pegando fogo aqui perto da Represa! Eu e mais duas pessoas estamos com queimaduras!”
 - Ponto de referência: Represa
 - Latitude: -15.673677
 - Longitude: -47.9515407
 - Data e hora do recebimento: 25/10/2018 às 08h30m13

- Solicitação 3
 - Tipo: Bombeiro
 - Texto enviado: “O incêndio é de intensidade média, queimou aproximadamente 15m² e regrediu, alastramento de 0,5m/s. O vento está a 11km/h e a temperatura é de 30°C. As vítimas tiveram ferimentos leves, curativos foram feitos e foram encaminhadas para o hospital. A viatura partiu há 10 minutos. Retornando para a base.”
 - Endereço: Parque Nacional de Brasília
 - Ponto de referência: Represa Santa Maria
 - Latitude: -15.673677
 - Longitude: -47.9515407
 - Data e hora do recebimento: 25/10/2018 às 09h48m04

O JSON das Solicitações 1, 2 e 3 são representados pelas Figura 12, Figura 13 e Figura 14, respectivamente.

```

{
  "local": {
    "logradouro": "DF-001",
    "cidade": "Brasília",
    "uf": "DF",
    "complemento": "Pizzaria do Ari",
    "referencia": "Parque Nacional",
    "lat": -15.6530146,
    "lng": -47.9029558
  },
  "solicitacao": {
    "solicitante": {
      "nome": "Marcos",
      "tipo": "denunciante",
      "confiabilidade": true
    },
    "texto": "Está pegando fogo no Parque Nacional!",
    "timestamp": "2018-10-25 08:24:42"
  }
}

```

Figura 12 - JSON da Solicitação 1

```

{
  "local": {
    "logradouro": "",
    "cidade": "Brasília",
    "uf": "DF",
    "complemento": "",
    "referencia": "Represa Santa Maria",
    "lat": -15.673677,
    "lng": -47.9515407
  },
  "pessoa": {
    "vitima": {
      "quantidade": 3,
      "estado_vitima": "queimaduras",
      "condicao_medica": {
        "atendida": false,
        "glasgow": {
          "abertura_ocular": null,
          "resposta_verbal": null,
          "condicao_motora": null
        }
      },
      "procedimentos": null
    },
    "tempo_deslocamento_hospital": null
  },
  "solicitacao": {
    "solicitante": {
      "nome": "Carla",
      "tipo": "vitima"
    },
    "texto": "Por favor, nos ajude! Está pegando fogo aqui perto da Represa! Eu e mais duas pessoas estamos com queimaduras!",
    "timestamp": "2018-10-25 08:30:13"
  }
}

```

Figura 13 - JSON da Solicitação 2

```

{
  "local": {
    "logradouro": "Sman - Zona Industrial",
    "cidade": "Brasília",
    "uf": "DF",
    "complemento": "Parque Nacional de Brasília",
    "referencia": "Represa Santa Maria",
    "lat": -15.673677,
    "lng": -47.9515407
  },
  "fogo": {
    "intensidade": "média",
    "area_queimada": "15m²",
    "taxa_alastramento": "0,5 m/s"
  },
  "clima": {
    "temperatura": "30°C",
    "vento": {
      "velocidade": "11 km/h"
    },
    "estacao": "primavera",
    "ampliadores": {
      "baixa_umidade": true,
      "alta_temperatura": true,
      "vento_forte": false
    }
  },
  "pessoa": {
    "vitima": {
      "quantidade": 3,
      "estado_vitima": "queimaduras",
      "condicao_medica": {
        "atendida": true,
        "glasgow": { "abertura_ocular": null, "resposta_verbal": null, "condicao_motora": null },
        "procedimentos": "curativos nas regiões queimadas"
      },
      "tempo_deslocamento_hospital": "15 min"
    }
  },
  "bombeiro": {
    "equipe": [
      { "patente": "Tenente", "nome": "Maya" },
      { "patente": "Sargento", "nome": "Natalie" },
      { "patente": "Tenente", "nome": "Ricardo" }
    ],
    "acao": "Incêndio regrediu. Vítimas com curativos e encaminhadas para o hospital.",
    "viatura": [ { "tipo": "UR", "quantidade": 1 }, { "tipo": "ABR", "quantidade": 1 } ]
  },
  "solicitacao": {
    "solicitante": {
      "nome": "Maya",
      "tipo": "bombeiro"
    },
    "texto": "O incêndio é de intensidade média, queimou aproximadamente 15m² e regrediu, alastramento de 0,5m/s. O vento está a 11km/h e a temperatura é de 30°C. As vítimas tiveram ferimentos leves, curativos foram feitos e foram encaminhadas para o hospital. A viatura partiu há 10 minutos. Retornando para a base.",
    "timestamp": "2018-10-25 09:48:04"
  }
}

```

Figura 14 - JSON da Solicitação 3

De acordo com os processos tecnológicos apresentados por Oliveira *et al.* (2017), a situação pode ser representada pela Figura 15. É possível notar que os relacionamentos temporais existentes são explícitos, isto é, nenhuma informação temporal foi inferida ainda, pois referem-se apenas à data e horário de recebimento, as quais foram instanciadas utilizando os elementos presentes na TO-OWL e SWRL-TO. A avaliação da qualidade também não foi realizada até o primeiro momento.

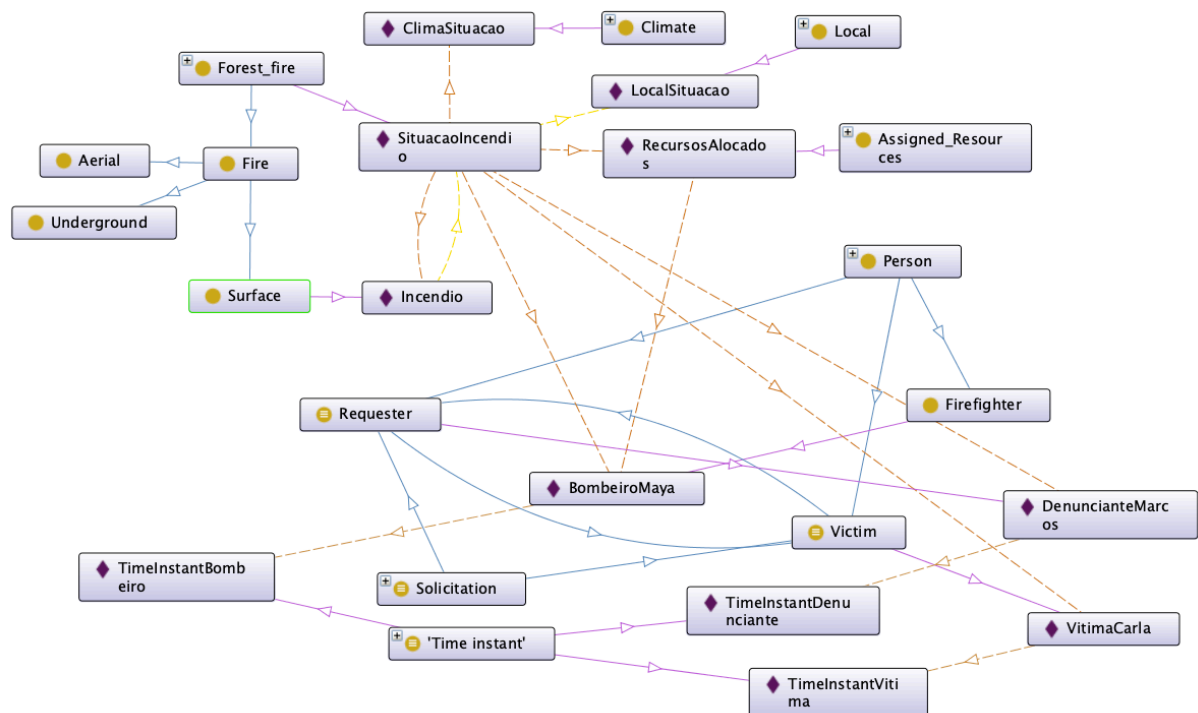


Figura 15 – Representação da ontologia de domínio instanciada com relacionamentos temporais explícitos e sem avaliação de qualidade. Os elementos com losango roxo são as instâncias das classes representadas por um círculo amarelo.

É possível notar que as instâncias estão de acordo com as informações disponíveis em todas as solicitações em JSON. Ademais, não existem relacionamentos entre as instâncias que remetem ao tempo, apenas entre elas e outras instâncias pertinentes à ontologia de domínio, como o instante de tempo em que a solicitação do bombeiro foi enviada, por exemplo.

Por meio dos processos explanados por Oliveira *et al.* (2017) é possível identificar mais dois fatores temporais implícitos em relação às propriedades de objetos: o horário aproximado em que as vítimas foram encaminhadas para o hospital (10 minutos antes em relação ao horário da solicitação do bombeiro) e a estimativa de chegada (15 minutos), onde ambas acabam formando um período.

É importante ressaltar que essas duas informações temporais estão implícitas a nível de sintaxe, pois se encontram apenas no texto da solicitação, portanto não possuem relação direta com as inferências a serem realizadas. Ademais, inferir a duração do período de tais informações temporais pode ser útil para as decisões tomadas posteriormente quanto ao tratamento das vítimas.

Entretanto, é preciso avaliar a qualidade da informação de cada instância da ontologia para que seja possível criar um comparativo entre o antes e depois das descobertas

informacionais proeminentes das inferências. Essa ação, além de atender à estrutura do Modelo Maestro, viabiliza a análise qualitativa e demonstra como o espectro temporal pode impactar nas medidas.

6.4 Avaliação da Qualidade da Informação

A ontologia de domínio de Silva *et al.* (2018) conta com o vocabulário semântico DQV (*Data Quality Vocabulary*), responsável por identificar as relações das dimensões de qualidade com as instâncias existentes na ontologia. Este vocabulário foi desenvolvido pela W3C e objetiva as boas práticas para expressar a qualidade de dados, além de estimular, facilitar a publicação, intercâmbio e consumo de metadados de qualidade para cada etapa existente no processo informacional.

Baseada na metodologia IQESA, proposta por Botega *et al.* (2017), serão consideradas principalmente as dimensões de atualidade e relevância, além de outras, como consistência, certeza e completude.

Duas avaliações de qualidade foram realizadas: a primeira é de acordo com a ontologia em seu estado atual, onde o motor de inferências não está habilitado e, portanto, os relacionamentos presentes são os que estão explicitamente descritos. No segundo momento, a avaliação será feita com o motor de inferências habilitado, possibilitando novas descobertas que até então estavam implícitas.

6.4.1 Avaliação de Atualidade

Como visto na Seção 5.2, a atualidade é uma dimensão onde é levada em consideração a quantidade de fatores temporais existentes no elemento a ser avaliado, isto é, a hora da solicitação e a hora do sistema, por exemplo. Entretanto as únicas informações temporais disponíveis são a hora do recebimento de cada solicitação, tornando necessário a avaliação entre eles.

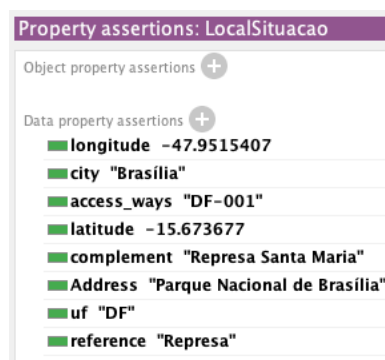
Ademais, é necessário adaptar os valores dos índices transformando o horário em decimal, ou seja, se a diferença entre dois horários resultar em 1h45 (uma hora e quarenta e cinco minutos), esta pode ser expressada como 1,75 em decimal. Isto permitirá que os índices sejam calculados com maior assertividade caso o intervalo seja muito grande.

6.4.2 Avaliação de Relevância

Conforme visto no Capítulo anterior, a relevância é avaliada de forma subjetiva, isto é, depende do indivíduo que consumirá a informação, portanto é preciso que indivíduos experientes dentro do domínio elenquem o que é considerado como relevante.

Para avaliar a relevância, deve-se analisar todas as propriedades de dados presentes na instância e atribuir a eles 0 (zero) para irrelevante e 1 (um) para relevante.

Por exemplo, a Figura 16 apresenta as propriedades de dados do Local da Situação. Dentre estas, são consideradas como relevantes dentro do domínio: “latitude”, “longitude”, “complement” (complemento) e “address” (endereço). Das dez propriedades de dados disponíveis na instância, apenas quatro são consideradas relevantes perante o domínio, logo seu peso é equivalente a 4.



Property assertions: LocalSituacao	
Object property assertions +	
Data property assertions +	
longitude	-47.9515407
city	"Brasília"
access_ways	"DF-001"
latitude	-15.673677
complement	"Represa Santa Maria"
Address	"Parque Nacional de Brasília"
uf	"DF"
reference	"Represa"

Figura 16 - Propriedades de dados pertinente à instância de Local

6.4.3 Avaliação de Consistência

Diante das três solicitações disponíveis, as análises semânticas e a sintáticas devem ser levadas em consideração a fim de se obter maior assertividade quanto à consistência das solicitações.

A Solicitação 1, por exemplo, está fora da área real da Situação (próximo à Represa Santa Maria dentro do Parque Nacional de Brasília), pois foi feita próximo à Pizzaria do Ari, logo ela poderia ser considerada um trote, o que pode ser validado diante a latitude e longitude, bem como pela possível inexistência de outras solicitações relacionadas. Por sua vez, a Solicitações seguintes, a 2 e 3, confirmaram a situação e, portanto, cada uma possui seu índice qualitativo em valor máximo.

Ademais, a consistência só pode ser avaliada quando houver no mínimo duas solicitações. É possível perceber que as três solicitações enviadas condizem com o ocorrido, são relacionadas e, portanto, é totalmente consistente.

6.4.4 Avaliação de Completude

A avaliação de completude fundamenta-se na diferença da presença das propriedades de dados existentes nas instâncias em relação às disponíveis na ontologia como um todo, isto é, se uma determinada classe tiver 12 (doze) propriedades de dados disponíveis para uso, porém uma instância utiliza apenas 10 (dez), então sua completude é de 83,34%.

6.4.5 Avaliação de Certeza

De acordo com a definição da dimensão de certeza apresentada na Seção 5.2, ela deve ser a última a ser avaliada, uma vez que demanda a qualificação e quantificação das demais dimensões e seus respectivos atributos. É válido ressaltar que a dimensão de certeza visa apresentar o quão confiável é uma situação para o indivíduo diante de todos os elementos avaliados.

A certeza da situação deve ser calculada pela somatória dos valores de cada índice de qualidade (dado pela propriedade de dados “dqv:value”), sem considerar suas unidades de medida. Esta soma deve ser dividida pela quantidade de índices de qualidade presentes na situação. O resultado deve ser apresentado em percentual.

6.4.6 Análise da Avaliação

Algumas dimensões só podem ser mensuradas ao se analisar o todo, isto é, ao considerar todas as solicitações que formarão uma situação. O Quadro 1 apresenta os valores dos índices de cada entidade.

As entidades Solicitante e Bombeiro tiveram suas completudes avaliadas em 80%, pois de 5 propriedades de dados em cada entidade foram constatadas 4. Todas as 4 propriedades de cada entidade foram consideradas como relevantes.

A entidade Bombeiro teve sua consistência dada como 100%, uma vez que a situação de incêndio com vítimas ocorreu de fato.

A entidade Vítima teve sua completude avaliada em 77,78%, uma vez que esta possui 9 propriedades de dados disponíveis, porém apenas 7 foram apresentadas. Todas as propriedades são relevantes, bem como a total consistência presente, pois a Solicitação 3 corroborou com a Solicitação 2.

A entidade Clima possui 7 propriedades de dados disponíveis e foram apresentadas 6 destas, portanto, teve sua completude avaliada em 85,71%. Ambas as propriedades são relevantes.

Quadro 1 - Avaliação de qualidade da situação

Entidade	Atualidade	Relevância	Consistência	Compleitude	Certeza
Solicitante	-	4	-	80%	-
Bombeiro	-	4	100%	80%	-
Vítima	-	7	100%	77,78%	-
Clima	-	6	-	85,71%	-
Local	-	4	100%	66,67%	-
Incêndio	-	3	-	50%	-
Recursos Alocados	-	3	-	100%	-
Entre Solicitante e Vítima	0,6h	-	-	-	-
Entre Vítima e Bombeiro	1,28h	-	-	-	-
Situação	1,88h	-	100%	-	45,95%

Fonte: o próprio autor.

A entidade Local conta com 12 propriedades de dados e foram presenciadas apenas 8, totalizando a completude de 66,67%. Destas, 4 são relevantes. Entretanto, a métrica de consistência possui índice de 100%, uma vez que foi constatado a referência ao mesmo local nas três solicitações.

A entidade Incêndio disponibiliza 6 propriedades, porém apenas 3 foram constatadas, gerando um índice de 50% para a completude. Todas as propriedades presentes são relevantes.

A entidade de Recursos Alocados demonstrou 100% de completude, pois atendeu todas 3 propriedades de dados disponíveis, sendo todas relevantes.

Por fim, a atualidade pode ser avaliada entre cada solicitação. Isto é, primeiramente entre os horários do solicitante e vítima e depois entre vítima e bombeiro. Os valores estão demonstrados em decimal para viabilizar o cálculo da certeza, uma vez que a diferença apresentada resultaria em horários inexistentes.

Como dito, a consistência só pode ser mensurada a partir da segunda solicitação, portanto o relato do solicitante não pode ser considerado. Os outros dois tiveram 100% de consistência, pois ambos continham informações acerca da mesma situação.

Após a somatória de todos os índices de qualidade e a divisão desta pela quantidade de elementos avaliados, constata-se que a certeza da situação pode ser avaliada em 45,95%.

6.5 Inferências e Novas Perspectivas Temporais

Antes de inferir quaisquer informações é válido analisar como a informação está presente na ontologia até então para fins comparativos. As entidades que contém propriedades temporais são Solicitante, Vítima e Bombeiro, as três responsáveis por conter as informações temporais de suas respectivas solicitações.

As Figura 17, Figura 18 e Figura 19 contemplam as propriedades de dados e objetos das instâncias de Solicitante, Vítima e Bombeiro, respectivamente. Além disso, também é possível constatar as propriedades da instância de instante de tempo (“Instant”) correspondente e o seu valor de acordo com a ISO 8601.

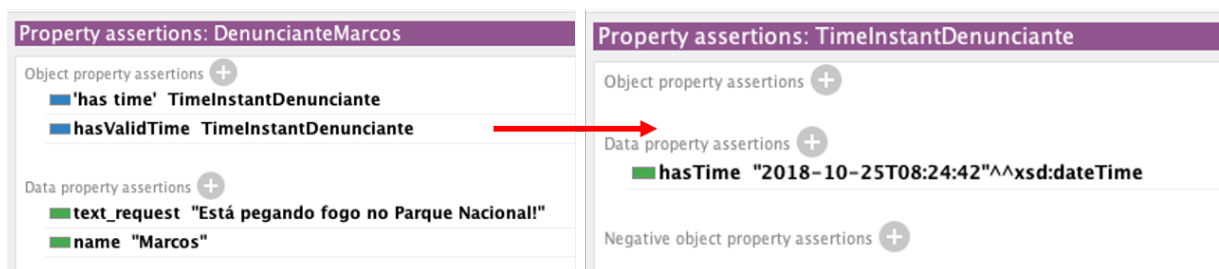


Figura 17 - Instância de Solicitante com seu relacionamento com uma instância de Instante de Tempo, antes da execução das inferências

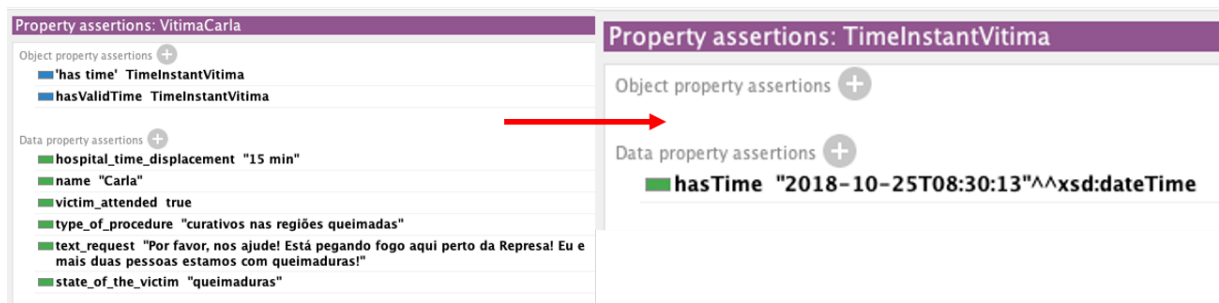


Figura 18 - Instância de Vítima com seu relacionamento com uma instância de Instante de Tempo, antes da execução das inferências

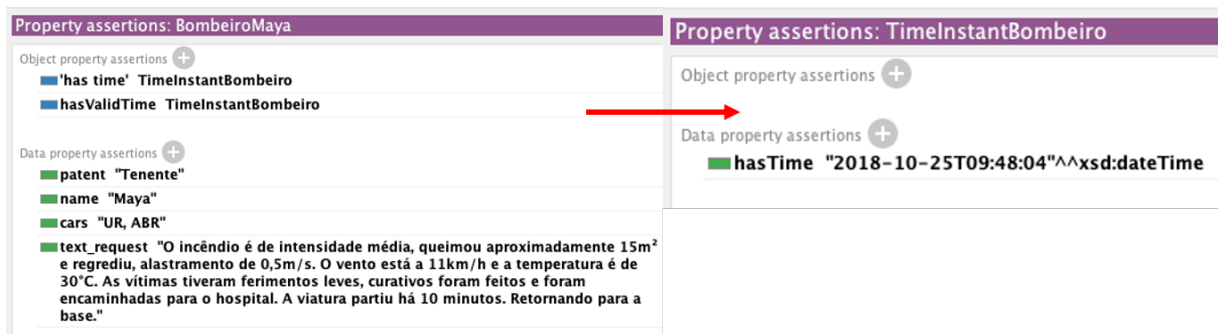


Figura 19 - Instância de Bombeiro com seu relacionamento com uma instância de Instante de Tempo, antes da execução das inferências

Neste primeiro momento pode-se criar uma linha do tempo acerca da situação, apresentando os instantes de tempo e seus emissores. A Figura 20 demonstra uma linha do tempo com as demarcações de tempo representadas na ontologia.

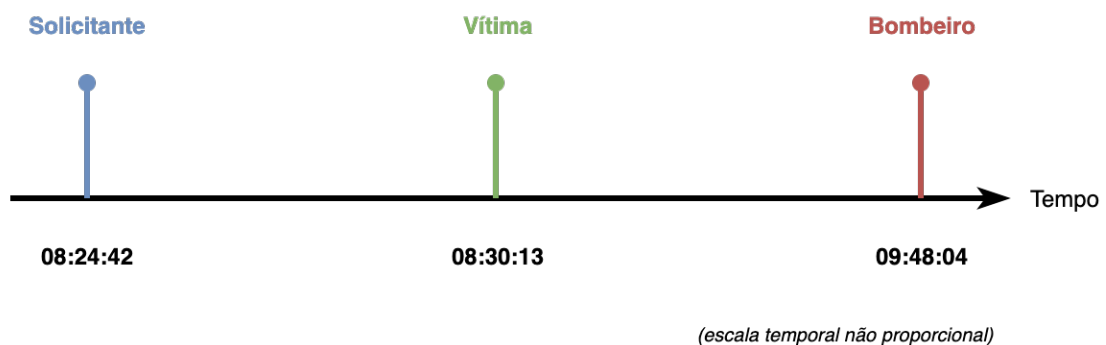


Figura 20 - Linha do tempo da situação em seu primeiro momento

Após a primeira avaliação da qualidade e esta breve análise quanto ao primeiro momento da situação, é possível começar a inferir novas informações, como por exemplo a partir da regra criada na Seção 6.3. Para isso, faz-se necessário o uso do motor de inferência Pellet¹⁰. De acordo com Sirin *et al.* (2007), este motor de inferência é o mais adequado, uma vez que possui suporte ao OWL-DL (*OWL Description Logic*), um dos componentes da SWRL, permitindo que inferências sejam computadas por meio da lógica descritiva.

No Protégé, é necessário habilitar a guia “SWRLTab” para que se torne possível a criação de regras e a consequentemente sua execução. A Figura 21 exemplifica o modo de como ativar esta guia.

¹⁰ <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Pellet>

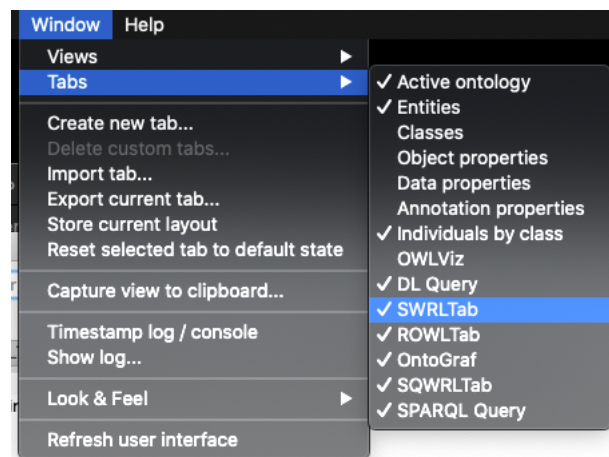


Figura 21 - Caminho para habilitar a guia SWRLTab no Protégé

Após selecionar a guia, é necessário criar a regra apresentada na Seção 6.3. Para processar as inferências é preciso ativar a regra e executar o motor de regras (*Run Drools*) e em seguida exportar as inferências diretamente para a ontologia (*Drools* → *OWL*), conforme apresentado na Figura 22. Ao executar o motor de regras, as primeiras inferências serão criadas com base na regra informada e ao exportar para a ontologia a regra passará a compor a ontologia, conforme observado na Figura 23, e portanto, quando houver novas instâncias que satisfaçam a regra criada e o motor de inferência Pellet for executado, as inferências serão criadas.

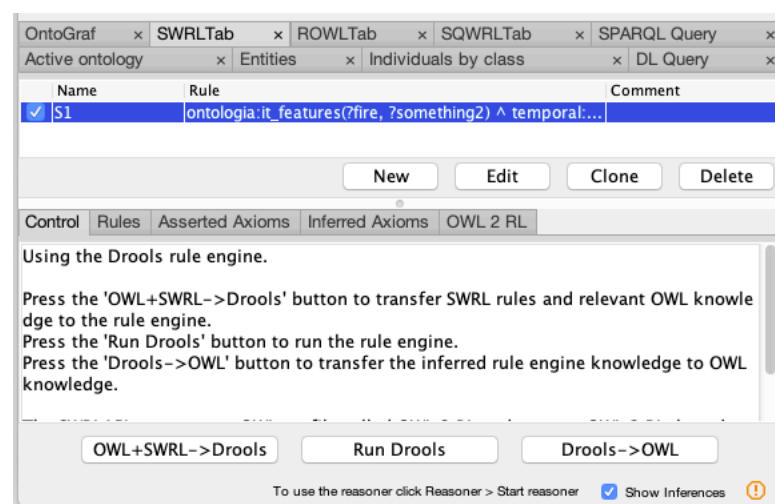


Figura 22 - Guia do SWRLTab com a regra criada

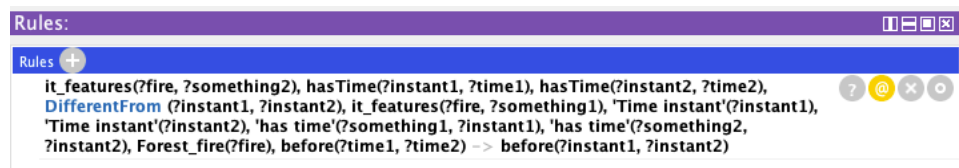


Figura 23 - Regra incorporada à ontologia após o motor de regras ser executado

A partir deste segundo momento é possível constatar as inferências obtidas após a execução do motor de regras, conforme Figura. Além disso, a linha temporal da situação consequentemente será alterada, uma vez que existem relacionamentos temporais entre os instantes.

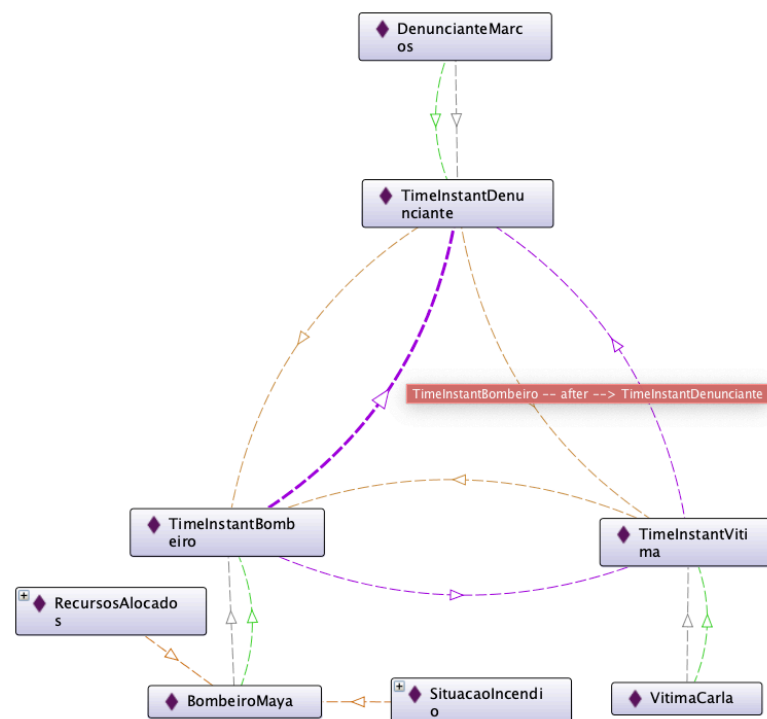


Figura 24 - Representação da ontologia com relacionamentos temporais inferidos

A Figura 25 demonstra as propriedades de objeto das três instâncias de tempo com as respectivas inferências enquanto a Figura 26 representa a evolução informacional e temporal perante a situação.



Figura 25 - Propriedades de objeto de ambas as instâncias de instante de tempo devidamente relacionadas

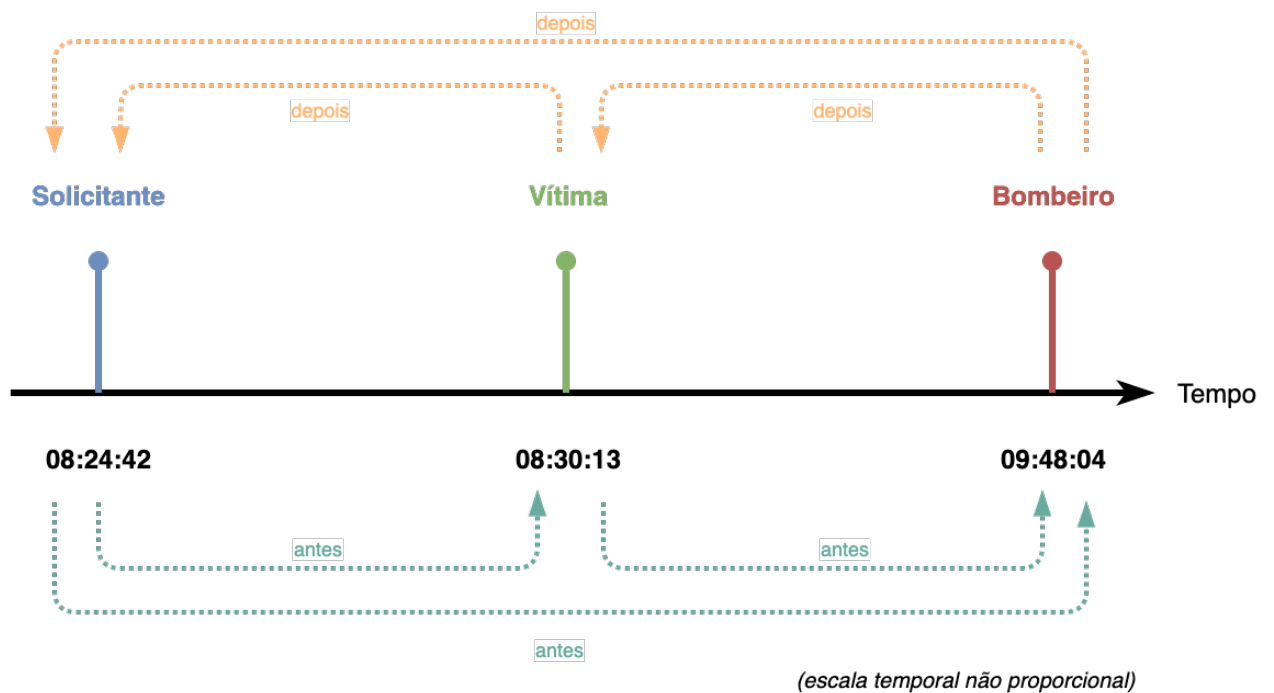


Figura 26 - Linha do tempo da situação em seu segundo momento

Além de constatar esse novo comportamento na linha do tempo, isto é, como as relações temporais têm sido construídas, é possível analisar o período de deslocamento das vítimas até o hospital, onde teve sua partida em aproximadamente 10 minutos antes do envio da solicitação do bombeiro e sua estimativa de chegada foi avaliada em aproximadamente 15 minutos, portanto 5 minutos após o envio da solicitação do bombeiro. A Figura 27 apresenta o

relacionamento temporal da instância de período (ValidPeriod da SWRL-TO) e suas respectivas propriedades de dados com a instância de vítima.

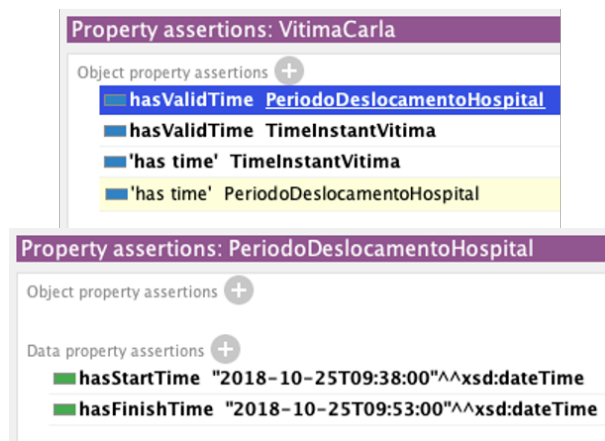


Figura 27 - Relacionamento temporal entre vítima e o período de deslocamento até o hospital

Analisar estes aspectos temporais pode ser útil para tomar decisões sobre a condição médica das vítimas, como averiguar se é seu quadro é leve ou grave, por exemplo.

Baseado nas três solicitações enviadas, sabe-se que a vítima fez a solicitação às 08h30m13, enquanto os bombeiros fizeram a solicitação às 09h48m04, totalizando um período de 1h17m51 entre ambas.

Entretanto, as vítimas partiram em direção ao hospital 10 minutos antes da solicitação do bombeiro e, de acordo com a estimativa de 15 minutos, chegaram 5 minutos depois da solicitação. Logo, o período de deslocamento teve seu início estimado às 09h38, enquanto seu término foi às 09h53.

A partir de tais constatações é possível inferir o tempo que a vítima levou até ser encaminhada ao hospital e presumir se sua condição médica é leve ou grave. Logo, se a solicitação da vítima foi enviada às 08h30m13 e encaminhada para o hospital às 09h38, pode-se inferir que as três vítimas esperaram aproximadamente 1h08. A partir disso, pode-se presumir que de acordo com as regras presentes no domínio de aplicação (ou seja, o domínio de gerenciamento de emergências) a condição médica das vítimas é leve e, portanto, esta informação contribui para a reavaliação da qualidade da informação.

A Figura 28 apresenta a terceira evolução da linha do tempo desta situação.

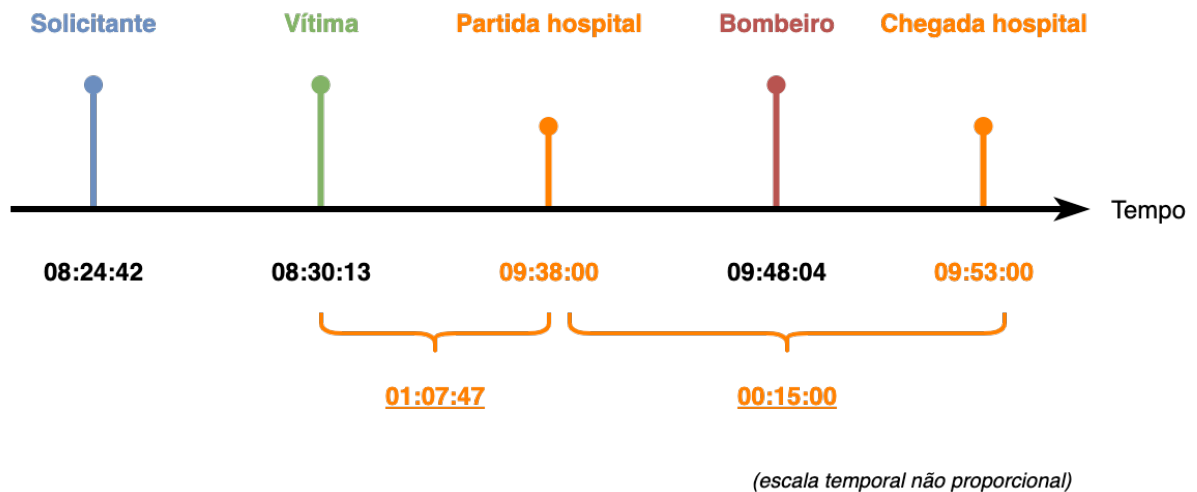


Figura 28 - Linha do tempo da situação em seu terceiro momento

Para evidenciar a recuperação da informação dentro da ontologia com suporte temporal, pode-se utilizar o SQWRL¹¹ (*Semantic Query-Enhanced Web Rule Language*), uma linguagem de consulta baseada em SWRL. Ela permite trocar a regra consequente por uma especificação a ser recuperada, conforme explanam O'Connor e Das (2009).

É possível considerar as seguintes sentenças para fins de recuperação semântica com suporte temporal:

- Qual a duração em minutos do deslocamento para o hospital?
- Quanto tempo expressado em minutos as vítimas esperaram até serem encaminhadas para o hospital?
- Quantas horas e minutos passaram entre a solicitação das vítimas até o momento que chegaram no hospital?

As consultas SQWRL contarão com destaque de cores para facilitar a compreensão de cada elemento:

- Classes: **laranja**
- Variáveis: **preto**
- Propriedades de objeto: **verde**
- Propriedades de dados: **marrom**
- Funções pertinentes ao mecanismo de consulta: **roxo**
- Funções pertinentes à ontologia temporal: **vermelho**

¹¹ <https://github.com/protegeproject/swrlapi/wiki/SQWRL>

- Indicador da consequência: **rosa**.

6.5.1 Primeira sentença

Para atender a sentença de qual foi a duração em minutos do deslocamento para o hospital, deve-se identificar as entidades que a integram. Para todas as sentenças, as entidades serão: Vítima da ontologia de domínio, Instant da TO-OWL e ValidPeriod da SWRL-TO. A consulta pode ser expressada da seguinte forma:

```
Vitima(?victim)
    temporal:hasValidTime(?victim, ?period) ^ temporal:ValidPeriod(?period)
        temporal:hasStartTime(?period, ?start)
        temporal:hasFinishTime(?period, ?finish)
        temporal:duration(?duration, ?start, ?finish, "Minutes")
-> sqwrl:select(?period, ?start, ?finish, ?duration)
```

Os resultados da execução desta consulta são apresentados no Quadro 2:

Quadro 2 - Resultados recuperados da primeira sentença proposta

Variável	Valor
period	:PeriodoDeslocamentoHospital
start	"2018-10-25T09:38:00"^^xsd:dateTime
finish	"2018-10-25T09:53:00"^^xsd:dateTime
duration	"15"^^xsd:long

Fonte: o próprio autor

As quatro variáveis utilizadas têm seus valores apresentados, isto é, para o período foi recuperado o nome da instância de "ValidPeriod". A segunda e terceira variáveis contém os horários iniciais e finais do período. Por fim, a última variável contém o valor da duração entre os dois horários expressado em minutos.

6.5.2 Segunda sentença

A consulta para atender às necessidades informacionais da segunda sentença seguem os mesmos procedimentos do que na primeira, entretanto há a ressalva da necessidade de explicitar a diferença entre instante e período (classes Instant da TO-OWL e ValidPeriod da SWRL-TO), uma vez que as propriedades de objeto "hasTime" e "hasValidTime" são equivalentes.

A consulta que representa a segunda sentença é apresentada abaixo e em seguida seus resultados no Quadro 3.

```
Vitima(?victim)
  time:hasTime(?victim, ?instant) ^ time:Instant(?instant)
    temporal:hasTime(?instant, ?time)
      temporal:hasValidTime(?victim, ?period) ^ temporal:ValidPeriod(?period)
        temporal:hasStartTime(?period, ?start)
          temporal:duration(?duration, ?time, ?start, "Minutes")
-> sqwrl:select(?instant, ?time, ?period, ?start, ?duration)
```

Quadro 3 - Resultados recuperados da segunda sentença proposta

Variável	Valor
instant	:TimeInstantVitima
time	"2018-10-25T08:30:13"^^xsd:dateTime
period	:PeriodoDeslocamentoHospital
start	"2018-10-25T09:38:00"^^xsd:dateTime
duration	"68"^^xsd:long

Fonte: o próprio autor

Conforme dito anteriormente, a duração entre o instante de tempo referente ao envio da solicitação por parte das vítimas e o momento em que elas foram encaminhadas é de aproximadamente 1h08. O SQWRL retornou "68", pois o cálculo da duração foi parametrizado para retornar em minutos.

6.5.3 Terceira sentença

Partindo da mesma premissa utilizada na sentença anterior, a execução desta deve considerar o final do período ao invés do início (chegada ao hospital) e conter dois cálculos de duração, sendo um para retornar o total de horas e o segundo para o total de minutos.

É válido ressaltar que todas as funções pertinentes à ontologia temporal retornam seus resultados de acordo com a granularidade expressada, isto é, a unidade de tempo utilizada (anos, meses, dias, horas, minutos, segundos e milissegundos). Caso a granularidade desejada seja expressada em segundos será retornado em sua totalidade, mesmo que ultrapasse o máximo de sua unicidade.

A consulta utilizada para recuperar o proposto pela terceira sentença é apresentada e em seguida seus resultados obtidos apresentados no Quadro 4.

```

Vitima(?victim)
  time:hasTime(?victim, ?instant) ^ time:Instant(?instant)
    temporal:hasTime(?instant, ?time)
      temporal:hasValidTime(?victim, ?period) ^ temporal:ValidPeriod(?period)
        temporal:hasFinishTime(?period, ?finish)
          temporal:duration(?durationHours, ?time, ?finish, "Hours")
          temporal:duration(?durationMinutes, ?time, ?finish, "Minutes")
-> sqwrl:select(?instant, ?time, ?period, ?finish, ?durationHours, ?durationMinutes)

```

Quadro 4 - Resultados recuperados da terceira sentença proposta

Variável	Valor
instant	:TimeInstantVitima
time	"2018-10-25T08:30:13"^^xsd:dateTime
period	:PeriodoDeslocamentoHospital
finish	"2018-10-25T09:53:00"^^xsd:dateTime
durationHours	"1"^^xsd:long
durationMinutes	"83"^^xsd:long

Fonte: o próprio autor

Conforme abordado, a granularidade temporal é de suma importância e segue sua totalidade. Portanto, é possível constatar que o intervalo entre a solicitação da vítima e a chegada no hospital é de aproximadamente 1h23. Logo, o tempo expressado em horas retornará apenas 1 hora, enquanto o tempo expressado em minutos retornará o todo, ou seja, 83 minutos ao invés de 23, que é a quantidade presente no horário completo em relação ao intervalo.

6.6 Reavaliação da Qualidade da Informação

Diante de adaptações na ontologia, criação de regras, inferências e consultas para recuperar informações utilizando o espectro temporal unido à semântica, foi observado que houve alterações entre os elementos que compõem a situação, ou seja, se faz necessário uma reavaliação da qualidade da informação.

O principal aspecto alterado foi a dimensão da atualidade, pois novos elementos temporais foram apresentados, conforme visto anteriormente. A inclusão do período de deslocamento até o hospital corroborou para que os índices qualitativos de atualidade sejam recalculados, o que implicará diretamente na certeza da situação.

Partindo dessa premissa, foi constatado os seguintes intervalos a serem analisados na dimensão de atualidade e seus respectivos índices qualitativos expressados em decimal:

- Entre Solicitante e Vítima (se manteve): 0,1h;
- Entre Vítima e Ida ao Hospital (IH): 1,13h;
- Entre Vítima e Bombeiro: desconsiderada por haver o IH entre eles.
- Entre IH e Bombeiro: 0,16h; e
- Entre Bombeiro e a Chegada ao Hospital (CH): 0,08h.

Ademais, as propriedades de dados da instância de Vítima também podem ser atualizadas, onde a propriedade de condição médica pode ser incluída, uma vez que o intervalo da solicitação e o início do deslocamento ao hospital pode resultar em informações úteis a um especialista situado no domínio de gerenciamento de emergências, o qual pode tomar a decisão de dizer se a condição médica da vítima é leve ou grave. Portanto, as dimensões de Completude e Relevância serão influenciadas pelas métricas qualitativas da entidade Vítima, onde o índice qualitativo de relevância passa a ser 8 e a sua completude passa a ser de 88,89%.

O Quadro 5 apresenta a reavaliação da qualidade da situação em questão.

Quadro 5 - Reavaliação de qualidade da situação

Entidade	Atualidade	Relevância	Consistência	Completude	Certeza
Solicitante	-	4	-	80%	-
Bombeiro	-	4	100%	80%	-
Vítima	-	8	100%	88,89%	-
Clima	-	6	-	85,71%	-
Local	-	4	100%	66,67%	-
Incêndio	-	3	-	50%	-
Recursos Alocados	-	3	-	100%	-
Entre Solicitante e Vítima	0,6h	-	-	-	-
Entre Vítima e IH	1,13h	-	-	-	-
Entre IH e Bombeiro	0,16h	-	-	-	-
Entre Bombeiro e CH	0,08h	-	-	-	-
Situação	1,97h	-	100%	-	42,15%

Fonte: o próprio autor

Conforme já mencionado, ocorreram alterações das dimensões de atualidade, relevância e completude após as inferências e análises temporais serem realizadas e, conseqüentemente, a certeza acerca da situação também será impactada, pois trata-se de uma dimensão global.

Entre a primeira avaliação da qualidade e a reavaliação após as operações temporais, foi constatado que a certeza da situação diminuiu em 3,80%. Isso pode ser justificado pelo possível excesso de informações presentes na situação, o que pode atrapalhar a confiabilidade da informação. Botega (2016) classifica como uma limitação pertinente a possibilidade de perpassar por diversos momentos de tempo, uma vez que pode haver perda de foco sobre os acontecimentos e confusão sobre a atualidade dos acontecimentos.

Entretanto, apesar da certeza situacional ter seu índice diminuído, o aporte informacional obtido e respaldado pela temporalidade é de grande valia, uma vez que possibilita a visão de novas informações, até então desconhecidas, por meio de relacionamentos temporais em um meio semântico.

Por fim, a partir desta prova de conceito foi possível atestar a viabilidade e aplicabilidade do Modelo Maestro, atendendo a todos os seus elementos: quatro processos internos (Recuperação da Informação, Ontologia, Temporalidade e Qualidade da Informação), um intermediário (Domínio de Aplicação) e dois processos externos (SAW e Fatores Externos).

Quanto aos processos internos, a Ontologia se fez presente diante da ontologia de domínio proposta por Silva *et al.* (2018), enquanto a Qualidade da Informação demandou das necessidades informacionais por parte dos bombeiros (especialistas do domínio). A Temporalidade se fez presente a partir do momento que as ontologias temporais foram incluídas à ontologia de domínio e ao definir quais operadores temporais seriam levados em consideração.

A sinergia entre estes três processos internos acaba por ter como resultado a execução do processo de Recuperação da Informação, o qual deve retornar os insumos informacionais, visando atender às necessidades dos indivíduos situados no domínio.

O Domínio de Aplicação demandou das informações provenientes do DF100Fogo, incluindo-o no contexto de gerenciamento de emergências. Todas as regras e necessidades do domínio afetam tanto o processo de Qualidade da Informação, como já mencionado, como também o processo externo de SAW, o qual conta com todos os aspectos pertinentes aos humanos.

Por fim, porém não menos importante, o processo de Fatores Externos impacta tanto no Domínio de Aplicação como na SAW, uma vez que são fatores que não são controlados pelos

indivíduos do ambiente. Os Fatores Externos poderiam estar mais evidentes, no caso, se o tempo de deslocamento das vítimas até o hospital fosse impactado diretamente pelo trânsito ou se a localização do dispositivo (celular, por exemplo) do envio da solicitação por parte do denunciante ou vítima estivesse imprecisa.

7 Conclusões

A Ciência da Informação, enquanto disciplina que investiga as propriedades e o comportamento da informação, preocupa-se em resolver problemas da efetiva comunicação, interação e integração do conhecimento e seus respectivos elementos de acordo com as necessidades informacionais. A informação como objeto de estudo da Ciência da Informação pode proporcionar um ambiente interdisciplinar, estimulando discussões sob diferentes perspectivas e áreas envolvidas.

Sob este prisma, a Recuperação da Informação está intimamente relacionada à perspectiva apresentada acima. Isto se deve, pois um dos objetivos da Recuperação da Informação é proporcionar melhores insumos informacionais àqueles que precisem recuperar quaisquer informações a fim de extinguir suas necessidades informacionais.

Em ambientes informacionais de gerenciamento de emergências, domínio abordado neste trabalho, as informações necessitam ser coletadas, processadas e recuperadas em tempo hábil para uma tomada de decisão mais assertiva por parte dos indivíduos envolvidos nas situações presentes, justamente por se tratar de um ambiente que possui demasiada complexidade e dinamicidade. Estas ações dos processos informacionais, quando em harmonia, geram insumos pertinentes à aquisição e manutenção de SAW por parte dos indivíduos.

Suprir as necessidades informacionais de tais indivíduos é um processo que se torna possível por meio do uso de modelos semânticos, tais como as ontologias, as quais possuem alta capacidade de inferir novos descobrimentos informacionais. É cabível ressaltar que devido as características ímpares deste ambiente informacional é demandado que as informações expressem índices qualitativos fidedignos.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo melhorar os processos informacionais da recuperação da informação por meio de um modelo com suporte semântico e temporal, o Modelo Maestro. Este modelo conta com a definição do processo informacional que permita a interação e integração da recuperação da informação, a qualidade da informação, a semântica e o espectro temporal.

É válido ressaltar que o Modelo Maestro foi construído para ambientes informacionais de gerenciamento de emergências, portanto seus elementos dependem de recursos que corroborem para uma recuperação da informação mais precisa, pois esta pode impactar diretamente nas decisões tomadas por indivíduos presentes em tais ambientes, onde tais

decisões precisam ser assertivas, evitando assim prejuízos à vida, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Ademais, a temporalidade possibilita a análise informacional pela perspectiva de uma linha do tempo, apresentando a evolução das informações ao decorrer do tempo. Este aspecto, atrelado à qualidade da informação, possibilita que as informações recuperadas por indivíduos sejam mais ricas, sirvam de insumos para a tomada de decisão e, conseqüentemente, suprir suas necessidades informacionais.

7.1 Atendimento aos questionamentos de pesquisa

É possível responder as perguntas apresentadas no início do trabalho.

Quais as descobertas informacionais baseadas em tempo podem ser feitas por meio de inferências e regras ontológicas? Para inferir informações e conseqüentemente permitir descobertas informacionais é necessário definir regras bem estruturadas de acordo com o domínio. Para isso, deve ser levado em consideração a estrutura da ontologia e aplicar as regras em um motor de regras ou diretamente em um motor de inferências. Ademais, a ontologia temporal deve estar incorporada à de domínio e os respectivos ajustes para proporcionar a interação e integração de classes de ambas as ontologias devem ser realizados.

Como desenvolver o raciocínio temporal, isto é, compreender que as informações mudam ao decorrer do tempo? Todas as situações e seus respectivos elementos demandam de análise que perpassa pelas regras e condições existentes no domínio. É necessário que as informações estejam em níveis de qualidade aceitáveis para não comprometer a interpretação e o consumo destas. Ademais, é necessário que exista mais de uma propriedade que remeta ao tempo para que seja possível analisar e avaliar sua evolução ou regressão. Não obstante, é válido ressaltar que não é possível controlar todas as situações, uma vez que existem fatores externos que agem direta e indiretamente nos meios, permitindo que a informação de um elemento seja alterada sem prévio aviso ou controle. Entretanto, é possível que existam medidas alternativas dentro do Domínio de Aplicação a fim de solucionar esses casos.

Como as demais dimensões qualitativas são afetadas pela temporalidade e pela semântica? Só haverá alterações nas dimensões e métricas qualitativas quando houver novas informações presentes, sejam elas explícitas ou implícitas. A temporalidade, no caso, pode corroborar para a identificação de elementos históricos que até então estavam implícitos. A partir disso, é necessário reavaliar os índices de qualidade da informação.

7.2 Limitações

Quanto às limitações do Modelo Maestro, o domínio deve ser o primeiro a ser mencionado, uma vez que o domínio de gerenciamento de emergências possui relações diretas com fatores externos, além de que toda e qualquer informação pode servir de insumo para um indivíduo e este, conseqüentemente, adquirir e manter seus níveis de SAW estáveis.

As regras presentes no domínio também se demonstram como fatores limitantes, uma vez que serão elas que guiarão a estrutura do processo informacional, como por exemplo a criação de uma regra inferencial a ser aplicada na ontologia. Tais regras devem ser elaboradas e validadas por especialistas antes de serem implementadas para evitar erros e incertezas, podendo prejudicar todo o aporte informacional.

Uma terceira limitação se dá pelos operadores temporais a serem utilizados. A escolha destes devem estar de acordo com o que se espera obter de informação. Por exemplo, na prova de conceito apresentada, demonstrar ontológica e cronologicamente os instantes de tempos leva a concluir que os operadores temporais necessários remetem ao “antes” e “depois”, ou seja, um instante de tempo aconteceu antes de outro, tornando a recíproca verdadeira.

A quarta limitação refere-se à qualidade da informação, a qual pode ter seus índices melhorados ou não. Conforme apresentado na prova de conceito, pode-se notar que as inferências temporais proporcionaram melhoras significativas quanto à relevância, completude e atualidade – o que são aspectos positivos –, entretanto fez com que o índice da certeza situacional diminuísse. Portanto, é válido ressaltar acerca da necessidade da presença de um especialista do domínio para definir as regras e validar o que é importante ser levado em consideração. Não obstante, quanto mais definidas forem as regras, melhor as situações serão avaliadas, gerando insumos valiosos para que os indivíduos tomem decisões mais assertivas.

A quinta limitação refere-se à necessidade da qualidade da informação, a qual deve estar previamente presente na ontologia de domínio. A ausência das dimensões e métricas qualitativas, além de não atenderem à estrutura do Modelo Maestro, podem corroborar para informações imprecisas e difusas, ocasionando falhas no processo de tomada de decisão daqueles que consumirem tais informações.

Dentro do contexto de gerenciamento de emergências também é preciso avaliar a escalabilidade, isto é, se certificar que latências ou quaisquer outros problemas que remetam à capacidade da ontologia não ocorrerão nos processos de indexação, recuperação e representação da informação, uma vez que os domínios situados neste contexto demandam de informações precisas e que estejam disponibilizadas em tempo hábil pelos indivíduos envolvidos. Diante

disso, pelo fato deste trabalho apresentar uma prova de conceito para validar o Modelo Maestro, a escalabilidade também se torna um fator limitante.

Analisar o conteúdo semântico e com suporte temporal demonstrou ser um processo informacional pertinente a ser discutido pela Ciência da Informação, justamente por trazer aspectos positivos e negativos, conforme já discutido, além de possibilitar cenários onde as informações possuam características complexas, dinâmicas e voláteis. Além do mais, também é importante avaliar o comportamento informacional ao decorrer de sua evolução, seja este temporal, qualitativo ou ambos. Isso pode viabilizar o cumprimento de um dos maiores objetivos da recuperação da informação, a supressão da necessidade informacional.

7.3 Contribuições

Este trabalho apresentou as seguintes contribuições:

- Um modelo de recuperação com suporte temporal, desde o levantamento e análise de requisitos presentes no domínio contextualizado, perpassando por adaptações informacionais e tecnológicas necessárias, avaliações de qualidade da informação e execução de inferências;
- Viabilizar o conhecimento acerca de uma linha do tempo, cujas informações podem servir de insumo para a aquisição e manutenção da SAW de indivíduos situados no domínio de gerenciamento de emergências;
- Por meio de regras pertinentes o domínio, expressar termos de busca utilizando regras ontológicas. A partir de então, a recuperação e a representação da informação se fazem presentes atendendo às suas características informacionais;
- A qualidade da informação pode ter seus índices qualitativos alterados de acordo com as análises temporais realizadas, desde que estas estejam alinhadas com as necessidades informacionais.

7.4 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros é possível estabelecer:

- As imprevisibilidades qualitativas ao decorrer da evolução temporal de uma determinada situação. Somado às regras do domínio, deve-se avaliar quais e quantos

relacionamentos serão úteis a ponto de não impactarem negativamente na qualidade da informação e, principalmente, na situação;

- Ampliação dos relacionamentos temporais por meio de seus operadores para atender a todos os propostos por Allen (1983);
- A evolução do modelo para acomodar a representação de SAW de nível 3 por meio de relacionamentos temporais. Atualmente, o Modelo Maestro possibilita demonstrar informações temporais até então implícitos, porém não é capaz de representar projeções temporais;
- A avaliação do impacto temporal acerca de projeções informacionais e situacionais, considerando previsões de acordo com os objetivos propostos;
- A avaliação da capacidade da ontologia diante de várias situações de emergência, a necessidade de escalabilidade para que não afete os processos de indexação, recuperação e representação das informações.

Referências

ALLEN, James F. Maintaining knowledge about temporal intervals. **Communications of the ACM**, v. 26, n. 11, p. 832-843, 1983.

ALONSO, Omar; GERTZ, Michael; BAEZA-YATES, Ricardo. On the value of temporal information in information retrieval. In: **ACM SIGIR Forum**. ACM. p. 35-41. 2007.

BAEZA-YATES, Ricardo; RIBEIRO-NETO, Berthier. **Recuperação de Informação: Conceitos e Tecnologia das Máquinas de Busca**. Bookman Editora, 2013.

BATINI, Carlo et al. Methodologies for data quality assessment and improvement. **ACM computing surveys (CSUR)**, v. 41, n. 3, p. 16, 2009.

BERNERS-LEE, Tim; HENDLER, James; LASSILA, Ora. The semantic web. **Scientific american**, v. 284, n. 5, p. 28-37, 2001.

BORKO, Harold. Information science: what is it?. **American documentation**, v. 19, n. 1, p. 3-5, 1968.

BOTEGA, Leonardo Castro. **Modelo de fusão dirigido por humanos e ciente de qualidade de informação**. 247 p. Tese (Doutorado) - UFSCar - Universidade Federal de São Carlos, 2016.

BOTEGA, Leonardo Castro et al. Methodology for data and information quality assessment in the context of emergency situational awareness. **Universal Access in the Information Society**, v. 16, n. 4, p. 889-902, 2017.

BOTEGA, Leonardo Castro et al. Quantify: An Information Fusion Model Based on Syntactic and Semantic Analysis and Quality Assessments to Enhance Situation Awareness. In: **Information Quality in Information Fusion and Decision Making**. Springer, Cham, p. 563-586, 2019.

BRIET, Suzanne; MARTINET, Laurent. **What is documentation?: English translation of the classic French text**. Scarecrow Press, 2006.

BUCKLAND, Michael K. Information as thing. **Journal of the American Society for information science**, v. 42, n. 5, p. 351-360, 1991.

CALAZANS, Angélica Toffano Seidel. Qualidade da informação: conceitos e aplicações. **TransInformação**, v. 20, n. 1, p. 29-45, 2008.

CONEGLIAN, Caio Saraiva. **Modelo computacional de recuperação da informação para repositórios digitais utilizando ontologias**. 143f. Tese (Mestrado em Ciência da Informação) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, 2017.

DA SILVA, Renata Eleuterio et al. Modelos de recuperação de informação e web semântica: a questão da relevância. **Informação & Informação**, v. 18, n. 3, p. 27-44, 2013.

DE ARAUJO, Vera Maria A. P. Sistemas de recuperação da informação: uma discussão a partir de parâmetros enunciativos. **Transinformação**, v. 24, n. 2, p. 137-143, 2012.

ENDSLEY, Mica R. A taxonomy of situation awareness errors. **Human factors in aviation operations**, v. 3, n. 2, p. 287-292, 1995.

ENDSLEY, Mica R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In: **Proceedings of the Human Factors Society annual meeting**. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, p. 97-101, 1988.

ENDSLEY, Mica R. Designing for situation awareness in complex systems. In: **Proceedings of the Second International Workshop on symbiosis of humans, artifacts and environment**, p. 1-14, 2001.

ENDSLEY, Mica R. **Designing for situation awareness: An approach to user-centered design**. CRC press, 2016.

FERNEDA, Edberto. **Recuperação de informação: análise sobre a contribuição da ciência da computação para a ciência da informação**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação e Documentação) - Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GÓMEZ-PÉREZ, Asunción; BENJAMINS; Richard. Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods. In: **IJCAI and the Scandinavian AI Societies. CEUR Workshop Proceedings**. 1999.

GUARINO, Nicola. **Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy**. IOS press, 1998.

HASANUZZAMAN, Mohammed et al. Propagation strategies for building temporal ontologies. In: **Proceedings of the 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics, volume 2: Short Papers**, p. 6-11, 2014.

KOKAR, Mieczyslaw M.; ENDSLEY, Mica R. Situation awareness and cognitive modeling. **IEEE Intelligent Systems**, v. 27, n. 3, p. 91-96, 2012.

LIU, Liping; CHI, Lauren. Evolutional Data Quality: A Theory-Specific View. In: **ICIQ**. p. 292-304, 2002.

MATHEUS, Christopher J.; KOKAR, Mieczyslaw M.; BACLAWSKI, Kenneth. A core ontology for situation awareness. In: **Proceedings of the Sixth International Conference on Information Fusion**. p. 545-552, 2003.

MELO, Jessica O. de S. F.; BOTEAGA, Leonardo Castro; SANTARÉM SEGUNDO, José Eduardo. Metodologia de avaliação de qualidade para dados conectados. In: **XVIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XVIII ENANCIB)**. 2017.

MIZOGUCHI, Riichiro. Part 3: Advanced course of ontological engineering. **New Generation Computing**, v. 22, n. 2, p. 193-220, 2004.

MOOERS, Calvin N. Zatocoding applied to mechanical organization of knowledge. **American documentation**, v. 2, n. 1, p. 20-32, 1951.

NEHMY, Rosa Maria Quadros; PAIM, Isis. A desconstrução do conceito de “qualidade da informação”. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 1, p. 36-45, 1998.

O'CONNOR, Martin J.; DAS, Amar K. SQWRL: a query language for OWL. In: **OWLED**. 2009.

OLETO, Ronaldo Ronan. Percepção da qualidade da informação. **Ciência da informação**, v. 35, n. 1, 2006.

OLIVEIRA, Allan C. M. et al. Crowdsourcing, data and information fusion and situation awareness for emergency management of forest fires: the project DF100Fogo (FDWithoutFire). **Computers, Environment and Urban Systems**, 2017.

OLSON, Jack E. **Data quality: the accuracy dimension**. Elsevier, 2003.

PAZ-TRILLO, Christian; WASSERMANN, Renata; BRAGA, Paula P. An information retrieval application using ontologies. **Journal of the Brazilian Computer Society**, v. 11, n. 2, p. 17-31, 2005.

PEREIRA JUNIOR, Valdir Amancio; PEREIRA, Gustavo Marttos Cáceres; BOTEAGA, Leonardo Castro. Towards a Process for Criminal Semantic Information Fusion to Obtain Situational Projections. In: **The Human Position in an Artificial World: Creativity, Ethics and AI in Knowledge Organization**. Ergon-Verlag, 2019. p. 51-72.

RUBIN, Daniel L.; NOY, Natalya F.; MUSEN, Mark A. Protege: a tool for managing and using terminology in radiology applications. **Journal of digital imaging**, v. 20, n. 1, p. 34-46, 2007.

SANTARÉM SEGUNDO, José Eduardo. **Representação iterativa: um modelo para repositórios digitais**. 224 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, 2010.

SANTARÉM SEGUNDO, José Eduardo. Web semântica, dados ligados e dados abertos: uma visão dos desafios do Brasil frente às iniciativas internacionais. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v. 8, n. 2, p. 219-239, 2015.

SARACEVIC, Tefko. Ciência da informação: origem, evolução e relações. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 1, n. 1, 1996.

SILVA, Jordana Nogueira et al. Desenvolvimento de ontologia ciente de qualidade de informações para o domínio de gerenciamento de emergências. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 23, n. 53, p. 184-200, 2018.

SIRIN, Evren et al. Pellet: A practical owl-dl reasoner. **Journal of Web Semantics**, v. 5, n. 2, p. 51-53, 2007.

SOUZA, Renato Rocha et al. Sistemas de recuperação de informações e mecanismos de busca na web: panorama atual e tendências. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 11, n. 2, p. 161-173, 2006.

STANTON, Neville A.; CHAMBERS, Peter R.; PIGGOTT, John. Situational awareness and safety. **Safety science**, v. 39, n. 3, p. 189-204, 2001.

TAO, Cui et al. CNTRO: a semantic web ontology for temporal relation inferencing in clinical narratives. In: AMIA annual symposium proceedings. **American Medical Informatics Association**. p. 787, 2010.

TAO, Cui; SOLBRIG, Harold R.; CHUTE, Christopher G. CNTRO 2.0: a harmonized semantic web ontology for temporal relation inferencing in clinical narratives. **AMIA summits on translational science proceedings**, v. 2011, p. 64, 2011.

TAVARES, Maria de Fátima Duarte et al. Paisagens Protegidas e Incêndios Florestais em Brasília: Sistema de Alerta e a Produção Voluntária de Informações Geográficas. **Territorium**, n. 26 (I), p. 63-86, 2019.

TUDORACHE, Tania et al. Supporting collaborative ontology development in Protégé. In: **International Semantic Web Conference**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008. p. 17-32.

WANG, Richard Y.; REDDY, Martin P.; KON, Henry B. Toward quality data: An attribute-based approach. **Decision support systems**, v. 13, n. 3-4, p. 349-372, 1995.

WIEGAND, Nancy; GARCÍA, Cassandra. A task-based ontology approach to automate geospatial data retrieval. **Transactions in GIS**, v. 11, n. 3, p. 355-376, 2007.

Anexo A – Análise de Tarefas Dirigida por Objetivos (Goal-Driven Task Analysis – GDTA)

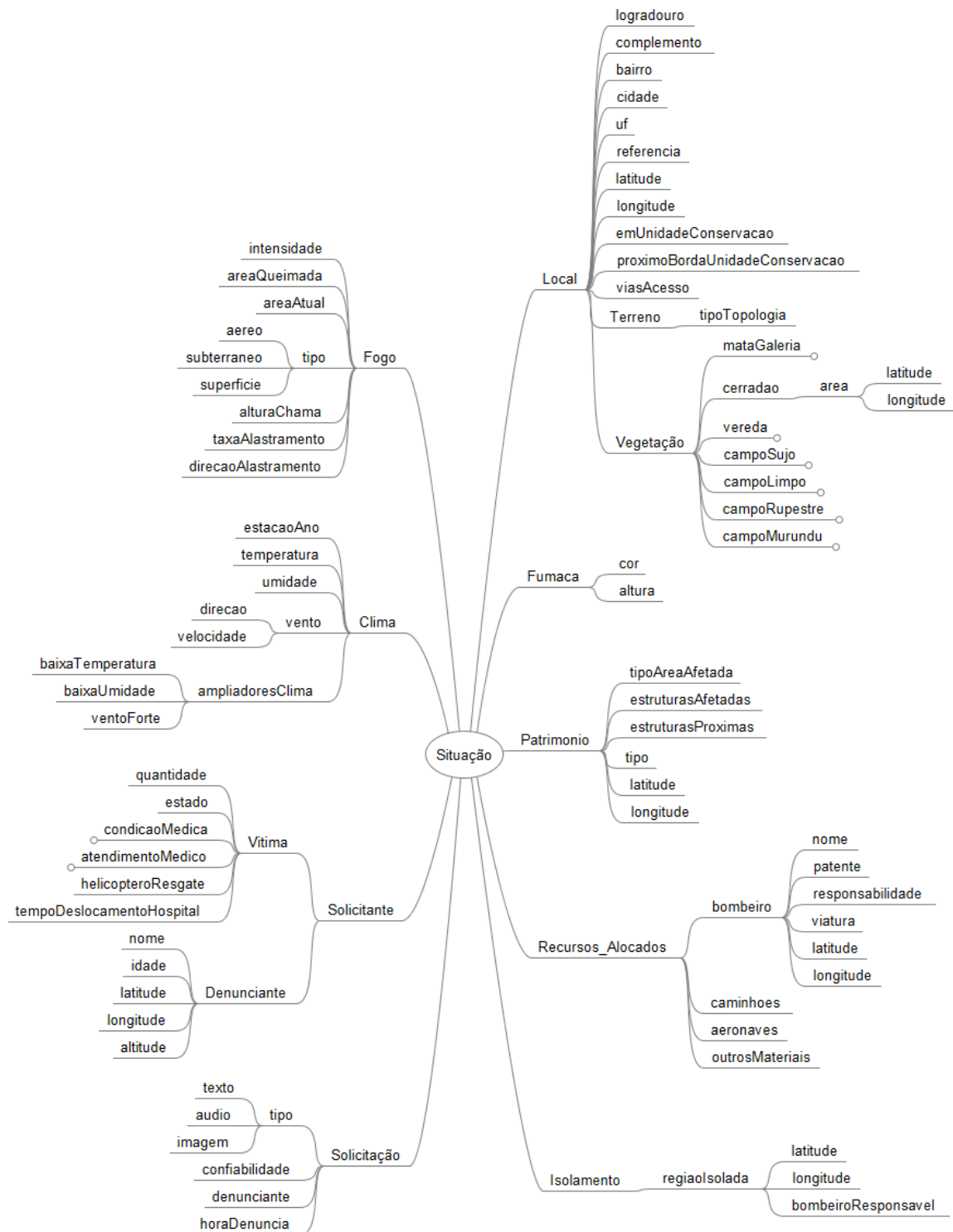


Figura 29 - Árvore de atributos do domínio de gerenciamento de emergências. Fonte: Silva *et al.* (2018)

Anexo B – Questionário Aplicado ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e as Brigadas de Incêndios do Jardim Botânico de Brasília

Questionário aplicado para coleta de informações sobre o domínio de gerenciamento de emergências, especificamente incêndios florestais.

1. Qual a sua patente?
2. Qual a sua função?
3. Por quanto tempo executa tal função?
4. Sobre o processo de atendimento das denúncias de incêndio. Quais as etapas a serem cumpridas para um atendimento?
5. Sobre o processo de atendimento das denúncias de incêndio. Existe um atendimento preliminar para alocação dos recursos ou os recursos só são alocados mediante uma certeza na situação?
6. Quais são os requisitos ou critérios mínimos para atender a uma denúncia de incêndio?
7. Quais são os requisitos ou critérios ideais para atender a uma denúncia de incêndio?
8. As emergências de incêndio florestal são classificadas de acordo com diferentes níveis ou tipos? Se sim, quais são?
9. Quanto aos níveis ou tipos de incêndios, quais são as informações necessárias e prioritárias para entender e atender cada um deles?
10. Quanto às informações para atender emergências de incêndio florestal, quais das listadas abaixo possuem maior prioridade?
 - a. Clima (direção e velocidade do vento, temperatura, umidade);
 - b. Vítima (estado, quantidade);
 - c. Local (proximidade de moradias, situação de acesso, rede de hidrantes, endereço, referência, tipo);
 - d. Tipo de vegetação e característica de terreno (floresta densa, mata com vegetação arbustiva, campo, mata ciliar, declividade de terreno);
 - e. Porte e extensão (velocidade de propagação, extensão de área atingida);

- f. Recursos logísticos (nº de carros, nº de recursos humanos, relação tempo/distância para atendimento, vias de acesso).
11. Sobre o incêndio, existe alguma informação relevante que não foi listada?
 12. Quanto ao clima, existem outros atributos, além dos citados acima? (Direção e velocidade do vento, temperatura e umidade)
 13. Quanto ao local, existem outros atributos, além dos citados acima? (Proximidade de moradias, situação de acesso, rede de hidrantes, endereço, referência, tipo)
 14. Quanto à vítima, existem outros atributos, além dos citados acima? (Estado, quantidade)
 15. Quais são as informações necessárias para o atendimento?
 16. Quais são as informações mais importantes, isto é, prioritárias?
 17. Qual o prazo satisfatório para o atendimento de uma emergência de incêndio?
 18. Defina a importância das informações seguintes para caracterizar preliminarmente as denúncias:
 - a. Local (proximidade de moradias, situação de acesso, rede de hidrantes, via, região administrativa, quadra, rua, bairro, referência).
 19. Quantos atributos referentes ao local, quais dos três considera mais importante?
 - a. Rua;
 - b. Bairro;
 - c. Proximidade de moradias;
 - d. Situação de acesso;
 - e. Rede de hidrantes;
 - f. Região administrativa;
 - g. Quadra;
 - h. Referência.
 20. Sobre os atributos relacionados ao Local, existe algum atributo relevante que não foi listado?
 21. Defina a importância das informações seguintes para caracterizar preliminarmente as denúncias:
 - a. Tipo da emergência (incêndio florestal, acidente associado, atendimento médico).
 22. Sobre os atributos relacionados ao Tipo da Emergência, existe alguma categoria relevante que não foi listada?

23. Defina a importância das informações seguintes para caracterizar preliminarmente as denúncias:
 - a. Existência e condição de vítimas.
24. Relacionado à existência e condição das vítimas, quais são as informações necessárias para tomada de decisão?
25. Quanto à existência de vítimas no local, quais são as informações básicas para prestar o primeiro atendimento?
26. Existe alguma informação relevante que não foi questionada no formulário?
27. Quais são os meios ou canais de comunicação utilizados para fazer uma denúncia? Ex.: telefone, rádio, redes sociais etc.
28. Quais são os meios ou canais de comunicação utilizados para receber uma denúncia? Ex.: telefone, rádio, redes sociais etc.
29. Quanto à vegetação e características do terreno, existem outros atributos, além dos citados acima? (Floresta densa, mata com vegetação arbustiva, campo, mata ciliar, declividade de terreno)
30. Quanto ao porte e extensão, existem outros atributos, além dos citados acima? (Velocidade de propagação, extensão de área atingida)
31. Quanto aos recursos logísticos, existem outros atributos, além dos citados acima? (Nº de carros, nº de recursos humanos, relação tempo/distância para atendimento, vias de acesso)