

Modelo de Análise Temporal em Contexto Semântico de Gerenciamento de Emergências

Gustavo Marttos Cáceres Pereira

Mestre em Ciência da Informação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) - Brasil.

Engenheiro de Dados da Will Bank (WILL BANK) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/4119044801375917>

E-mail: gustavo.marttos@unesp.br

Leonardo Castro Botega

Pós-Doutorado pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP) - Brasil. Doutor

em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) – SP - Brasil. Professor da

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6027755717265622>

<https://orcid.org/0000-0003-1495-5935>

E-mail: leonardo.botega@unesp.br

Submetido em: 25/11/2020. Aprovado em: 25/11/2020. Publicado em: 28/07/2021 .

RESUMO

No contexto de gerenciamento de emergências, no qual 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, visto ser fundamental no domínio desse contexto, uma vez que é criando uma linha do tempo, ou seja, no decorrer dele, que se torna viável a percepção e compreensão de todas as características de uma situação. A qualidade da informação torna-se imprescindível no contexto de gerenciamento de emergências, considerando a complexidade e dinamicidade dos dados. Sendo assim, este trabalho visa à melhoria dos processos informacionais da recuperação da informação, por meio da criação de um modelo de análise temporal no contexto semântico. A natureza deste trabalho é qualitativa, de finalidade teórico-aplicada e de tipo exploratória. A sua metodologia envolve situações de emergência de incêndio, em que foi possível avaliar o comportamento da qualidade de informação e inferir novos conhecimentos temporais que poderão servir de insumos para tomadas de decisões mais categóricas.

Palavras-chave: Qualidade da informação. Ontologia. Gerenciamento de emergências. Recuperação da informação.

Time Analysis Model in Semantic Context of Emergency Management

ABSTRACT

In the context of emergency management, where information comes from heterogeneous, complex and dynamic sources, decision making is required to be assertive and within a timely interval of time. Time has great relevance, being fundamental in the domain of this context, because it is creating a timeline, that is to say during it, the perception and comprehension of all the characteristics of a situation becomes viable. The quality of information becomes indispensable in the context of emergency management, mainly by dynamic and complex factors. This work aims to improve the informational processes of information retrieval through the creation of a model of temporal analysis in the semantic context. The nature of this work is qualitative, of theoretical-applied purpose and exploratory, and its methodology involving fire emergency situations, in which it was possible to evaluate the behavior of information quality and infer new temporal knowledge that may serve as inputs for making more assertive decisions.

Keywords: *Information quality. Ontology. Emergency management. Information retrieval.*

Modelo de Análisis de Tiempo en el Contexto Semántico de la Gestión de Emergencias

RESUMEN

En el contexto de la gestión de emergencias, donde la información proviene de fuentes heterogéneas, es necesario que la toma de decisiones sea asertiva y dentro de un intervalo oportuno. El tiempo tiene gran relevancia porque es fundamental en el ámbito de este contexto, porque está creando una línea de tiempo, es decir, en el curso de esta, que se hace factible percibir y comprender todas las características de una situación. La calidad de la información se vuelve esencial en el contexto de la gestión de emergencias, teniendo en cuenta la complejidad y dinámica de los datos. Este trabajo tiene como objetivo mejorar los procesos informativos de recuperación de información a través de la creación de un modelo de análisis temporal en el contexto semántico. La naturaleza de este trabajo es cualitativa, de propósito teórico-aplicado y exploratorio, y su metodología que implica situaciones de emergencia contra incendios, en la que fue posible evaluar el comportamiento de la calidad de la información e inferir nuevos conocimientos temporales que pueden servir como insumos para tomar decisiones más asertivas.

Palabras clave: *Calidad de la información. Ontologías. Gestión de emergencias. Recuperación de información.*

INTRODUÇÃO

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 diante de um volume de espaço e tempo; à compreensão do significado, da 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, os gestores de unidades de conservação e os 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, 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, dinâmicas e são provenientes de fontes heterogêneas. Tais características são decorrentes dos 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, visto 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 para o 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 no decorrer do tempo e, portanto, criam uma linha temporal que pode ser analisada para viabilizar a recuperação da informação, proporcionando melhores insumos informacionais para uma tomada de decisão mais categórica.

Ainda que a qualidade esteja presente, ela 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, consequentemente, também favorece os níveis de SAW pertencentes aos operadores.

A complexidade e a dinâmica de um ambiente informacional de avaliação de emergências aumentam proporcionalmente, conforme a quantidade de variáveis existentes nesse 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 dessa premissa, foi identificado que a qualidade da informação e a temporalidade formam um conjunto coerente e suscetível à assistência dada à recuperação da informação, proporcionando melhores insumos, a fim de suprir as necessidades informacionais daqueles que os utilizarem.

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. Esse elo, segundo Saracevic (1996), refere-se à interdisciplinaridade natural da Ciência 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 a propostas voltadas à Ciência da Informação (MELO; BOTEAGA; SANTARÉM SEGUNDO, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018; BOTEAGA *et al.*, 2019; PEREIRA JUNIOR; PEREIRA; BOTEAGA, 2019).

Diante disso, este trabalho discorre a respeito de um modelo de especificação semântica e temporal, buscando observar como a qualidade da informação e o tempo podem influenciar os resultados dos insumos informacionais a serem consumidos por indivíduos, para, desse modo, elevar continuamente sua SAW, sustentando o melhor retrato de uma situação crítica para tomar a decisão mais assertiva.

Este trabalho tem, como objetivo geral, a criação de um modelo 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 qualidade da informação, a semântica e a temporalidade, bem como incluir a dimensão temporal e reutilizar vocabulários específicos em uma ontologia de domínio ciente da qualidade desenvolvida em trabalhos anteriores.

O arcabouço metodológico se sustenta em virtude da natureza qualitativa, de finalidade teórico-aplicada e de tipo exploratória. A pesquisa é orientada por situações de emergência de incêndio instanciadas em uma ontologia de domínio no contexto de gerenciamento de emergências, onde foi realizada a avaliação da qualidade da informação e a dimensão temporal foi incluída em sua estrutura. As ontologias na recuperação da informação serão apresentadas na Seção 2; as ontologias temporais, na Seção 3; as contextualizações de qualidade da informação, na Seção 4; a metodologia para avaliação da qualidade de dados informações, na Seção 5; o modelo de análise temporal em contexto semântico de gerenciamento de emergências, na Seção 6; a prova de conceito, na Seção 7; e, por fim, as considerações finais, na Seção 8.

ONTOLOGIAS NA RECUPERAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A recuperação da informação visa a 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 diz respeito às ontologias computacionais, neste trabalho, consideradas apenas 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.

O uso de ontologias possibilita uma gama de opções no quesito da recuperação da informação, a exemplo da inferência de novos conhecimentos por intermédio de axiomas e regras estabelecidas, bem como da 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 com metadados adotados por ela. Caso não estejam, a ontologia servirá como autoridade para definir quais metadados serão adotados no que concerne 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 a fim de que não dificultem o processo de recuperação da informação.

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

ONTOLOGIAS TEMPORAIS

Tao *et al.* (2010) discorrem sobre a importância da inclusão da dimensão temporal em uma ontologia que já possui alguma característica qualitativa. O ponto de vista dos autores, essa dimensão é fundamental para o raciocínio temporal, isto é, corresponde a respostas que podem mudar no decorrer do tempo e criam, portanto, uma linha do tempo que pode ser analisada durante sua recuperação e representação, e, conseqüentemente, pode servir de insumo para que os operadores tenham uma melhor percepção e compreensão das informações.

Não obstante, Okeyo, Chen e Wang (2014) reiteram a importância do relacionamento temporal, pois, de acordo com seus estudos, representar conhecimento temporal usando OWL é um desafio, haja vista que essa tecnologia suporta apenas relações unárias e binárias, enquanto uma relação temporal depende de, no mínimo, uma relação ternária.

Com o relacionamento temporal estabelecido, pode-se inferir novas informações, obtendo conhecimento temporal. Para tanto, é necessário que todas as instâncias estejam com seus atributos granulares, porque assim a linha do tempo pode se formar.

Uma granularidade é a normalização de datas, ou seja, é deixar as datas de modo que sejam interpretáveis por mecanismos computacionais. Uma expressão de tempo dada por “dois dias atrás” deve ser normalizada para “2020-03-12”, caso o dia corrente seja “2020-03-14”, por exemplo. Outras expressões, como “antes”, “depois” e “durante”, também são válidas (HASANUZZAMAN *et al.*, 2014).

Segundo Tao *et al.* (2010), a dimensão temporal em relação à análise de dados emergenciais possui diversas aplicabilidades, tais como: (1) a descoberta de padrões temporais em uma situação de incêndio florestal em determinado bioma; (2) a explicação de situações passadas, buscando trazer as prováveis causas que levam a situações de emergência; e (3) a projeção de estados futuros, como a possibilidade do fogo de um incêndio florestal se alastrar para outras áreas.

QUALIDADE DA INFORMAÇÃO

Devido à demasiada quantidade de dados e informações presentes nos ambientes informacionais, principalmente os contextualizados no gerenciamento de emergências, a qualidade da informação torna-se imprescindível para que ela seja avaliada conforme as necessidades informacionais dos indivíduos.

A definição de qualidade é subjetiva, em outros termos, é necessário alinhar as necessidades informacionais, as ações e os objetivos de cada domínio a que a qualidade está contextualizada. Na visão de Buckland (1991), que enfatiza a informação como coisa, tais características pertinentes à qualidade, ao serem consideradas 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 bem-sucedida em suas aplicações, a qualidade depende de que o indivíduo esteja com suas necessidades informacionais alinhadas ao domínio em que 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 satisfizer os requisitos informacionais para seu uso; logo, se não satisfaz, requer uma melhor qualidade.

Nehmy e Paim (1998) e Oletto (2006) entendem a qualidade da informação como um conjunto de dimensões relacionadas, mensuráveis e multidimensionais, podendo existir diversas relações entre elas, tais como 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, exigindo, portanto, que se providencie soluções o quanto antes.

Na concepção de 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, por isso, limitam a representabilidade e recuperabilidade da informação diante da qualidade, justamente pelo fato das informações estarem incompletas, imprecisas e difusas.

Botega *et al.* (2019) complementam que a qualidade da informação pode beneficiar tanto os processos automatizados, quanto a compreensão humana perante a situações de emergência. A presença das dimensões qualitativas pode auxiliar os indivíduos envolvidos no que diz respeito à confiabilidade informacional.

Concernente às 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 em que estão sendo aplicadas. 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, segundo os requisitos e categorizações de qualidade presentes em cada área de aplicação. Isto é, as dimensões tornam-se precisas, identificáveis, mensuráveis e quantificáveis.

Consoante Liu e Chi (2002), de uma perspectiva teórico-específica, as dimensões podem ser utilizadas a partir de três abordagens: (1) intuitiva, sendo baseada na experiência de especialistas de um domínio; (2) empírica, a qual tem seus atributos determinados pelos indivíduos presentes em um domínio; e (3) teórica, à medida que enfatiza teorias previamente estabelecidas e pesquisas operacionais.

A última abordagem proposta por Liu e Chi (2002) sintetiza a informação como coisa ou produto, em consonância com os trabalhos de Buckland (1991), Nehmy e Paim (1998) e Oletto (2006). Sendo assim, neste trabalho, serão adotadas as abordagens intuitiva e teórica, pois ambientes informacionais situados em domínio críticos (como o gerenciamento de emergências) demandam a existência de especialistas para as respectivas definições das dimensões qualitativas, bem como para o embasamento em estudos prévios acerca desse mesmo domínio.

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

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 que 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 essa 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, enquanto instrumento para avaliação da qualidade, permite a ilustração de todas as fases para avaliá-la e representá-la 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 das mudanças na qualidade da informação por meio de métodos de fusão de informações. Essa metodologia também se propõe a ser flexível, acompanhando os sistemas que a implementam por intermédio das atualizações que delas decorrem.

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, que possibilitou aos autores utilizarem as dimensões atualidade, completude, consistência, relevância e certeza.

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 necessita de insumos informacionais precisos, atuais e completos para que seja mais assertiva.

Entretanto, sabe-se que a origem de tais insumos informacionais não possui 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, em sua 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.

Atrelar a qualidade da informação torna-se interessante, na medida em que pode viabilizar insumos informacionais mais apropriados e que melhor atendam às necessidades informacionais dos indivíduos.

Conforme apresentado na seção 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, que, 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. Ela advir 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 que 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, que foi utilizado para demonstrar a aplicabilidade da ontologia junto à gestão da qualidade, contribuindo positivamente para uma SAW dos operadores humanos envolvidos.

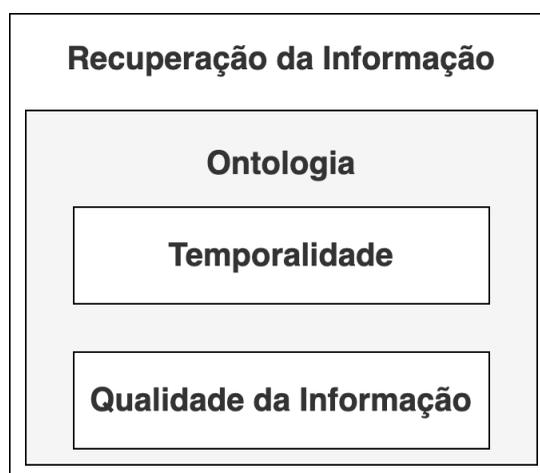
MODELO DE ANÁLISE TEMPORAL EM CONTEXTO SEMÂNTICO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS

Esta seção visa a apresentar um modelo de análise temporal em contexto semântico de gerenciamento de emergências, objetivando melhorar os processos informacionais da 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, consequentemente, atenderá a suas necessidades informacionais.

A figura 1 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.

Figura 1 – Modelo de Análise Temporal em Contexto Semântico de Gerenciamento de Emergências



Fonte: Autores.

A Recuperação da Informação depende de um modelo que permita atender às necessidades de indivíduos situados nesse domínio. 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 interação e integração entre ambos os elementos do modelo possibilitam que as informações recuperadas transportem consigo toda a semântica que a ontologia proporciona, possibilitando o enriquecimento do conhecimento do indivíduo, caso este tenha suas necessidades informacionais supridas.

A ontologia de domínio, entretanto, demanda que os dados tenham seus índices de qualidade fidedignos perante a necessidade informacional de um indivíduo. Logo, a Qualidade da Informação se faz presente para atender à 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, uma vez que a dimensão temporal representa um artefato de grande importância e relevância no domínio de gerenciamento de emergências.

A metodologia aqui empregada para avaliação da qualidade no modelo é a IQESA, proposta por Botega *et al.* (2017). Esta 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 à construção e melhoria contínua das informações, para que possam atender ao domínio situado no contexto de gerenciamento de emergências, como o controle e combate a incêndios.

A definição dos critérios de qualidade deve ser dada por tomadores de decisão especialistas no domínio de gerenciamento de emergências, no caso, os bombeiros. Essa definição pode ser realizada mediante uma análise de tarefas dirigida por objetivos (*Goal-Driven Task Analysis* - GDTA), técnica proposta por Endsley (2016) e aplicada em Oliveira *et al.* (2017) e Silva *et al.* (2018), que tem por fim revelar as tarefas a serem realizadas, as decisões a serem tomadas e as informações necessárias à tomada de decisões.

A técnica propõe a aplicação de um questionário cujas questões possam ser classificadas segundo a percepção e compreensão que se obtém diante de uma situação de incêndio, por exemplo.

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.

De acordo com os resultados obtidos na coleta, um especialista do domínio de gerenciamento de emergências pode definir quais dimensões de qualidade serão relevantes, tais como: atualidade, consistência, relevância e completude. À vista disso, torna-se possível iniciar o processo de adaptação da ontologia de domínio desenvolvida por Silva *et al.* (2018), conforme a figura 1, por meio do reuso de outras ontologias, que devem possuir a característica temporal.

A ontologia Time Ontology in OWL¹, mencionada por Tao *et al.* (2010), é útil diante da sua aplicação na ontologia desenvolvida por Silva *et al.* (2018), pois ela não possui a dimensão temporal em seu escopo. Os relacionamentos temporais presentes na ontologia possibilitam a criação de uma linha do tempo capaz de fornecer novos insumos informacionais por meio de inferências.

Ademais, pode-se incluir a SWRL Time Ontology², desenvolvida pela Universidade Stanford, uma vez que ela conta com um vocabulário derivado da álgebra de intervalo de Allen, isto é, termos vinculados às relações temporais, como “igual”, “antes”, “depois”, “toca”, “sobrepõe”, “durante”, “inicia” e “finaliza”. Essa ontologia permite a interoperabilidade concernente 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 por intermédio do operador “depois”, resultando na tripla em que a primeira instância ocorreu após a segunda instância.

¹ <https://www.w3.org/TR/owl-time/>

² <https://github.com/protegeproject/swrlapi/wiki/SWRLTemporalOntology>

Figura 2 – Ontologia de domínio



Fonte: Silva *et al.* (2018).

A ontologia da W3C, a Time Ontology in OWL, conta com duas principais classes: Evento e Tempo. A primeira trata de 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, Fase e Período.

A classe Instante refere-se a um ponto específico de tempo dentro de uma linha temporal, na qual 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. Para finalizar, 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, que deve 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, como evidenciam os operadores temporais utilizados pela SWRL Temporal Ontology, à medida que os relacionamentos temporais das classes da Time Ontology in OWL possibilitam 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.

Para validar o modelo proposto, bem como as adaptações na ontologia e a inferência temporal, é necessária uma prova de conceito, que será apresentada na próxima seção.

PROVA DE CONCEITO

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, que remete a um evento de uma situação de emergência. Essa classe pode ser considerada 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, 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, que concerne 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, desse modo, os horários “14h23” e “14h25” devem ser normalizados para “14:23” e “14:25”, respectivamente, conforme a ISO 8601 - Formato de Data e Hora.

A representação das instâncias das situações e do relacionamento temporal é apresentada pela figura 3A e figura 3B.

Na figura 3A 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, que, de sua parte, remetem a esta prova de conceito. As setas contínuas rosas, referindo-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 3B os objetos com preenchimento na cor verde são os valores das propriedades relacionadas às instâncias. A linha contínua azul diz respeito 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.

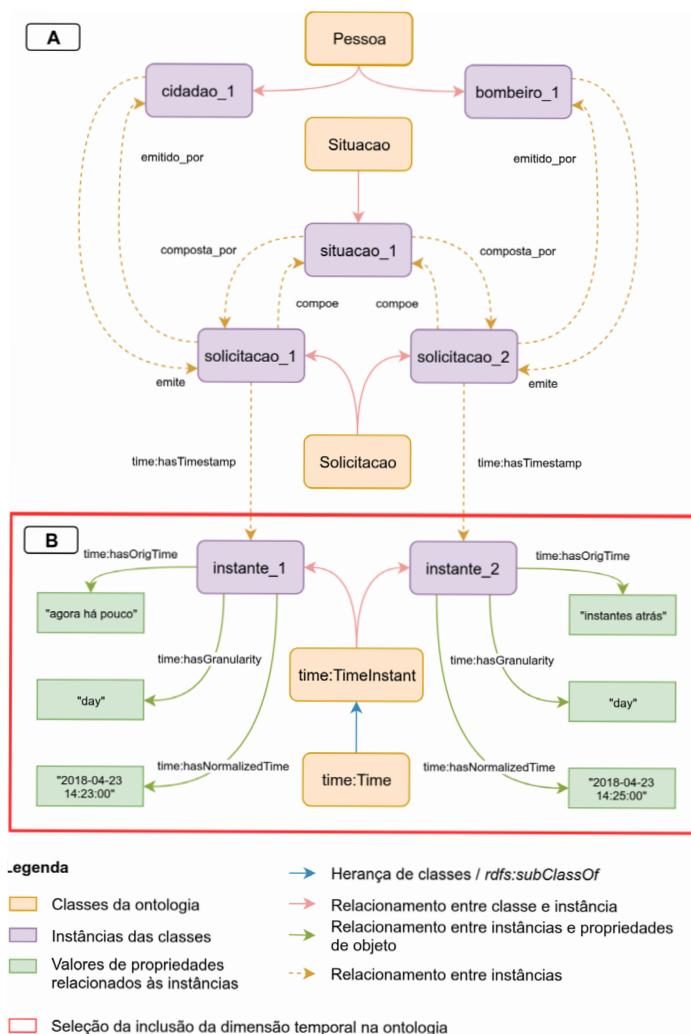
De acordo com o estudo de Silva *et al.* (2018), ocorreram duas solicitações (“solicitacao_1” e “solicitacao_2”), que concernem à mesma situação (“situacao_1”). Entretanto, caso não houvesse a dimensão, não seria possível dizer ontologicamente qual evento ocorreu antes do outro, por exemplo.

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” das instâncias “instante_1” e “instante_2”, sendo expressada pela regra “swrl:before(?instante_1, ?instante_2)”.

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 dessa 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.

Figura 3 – (A) Representação da ontologia sem a dimensão temporal



Fonte: Silva *et al.* (2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ciência da informação, enquanto disciplina que investiga as propriedades e o comportamento da informação, preocupa-se com a resolução de 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.

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

Suprir as necessidades informacionais de indivíduos situados no domínio de gerenciamento de emergências é um processo que se torna possível a partir do uso de modelos semânticos, tais como as ontologias, que possuem alta capacidade de inferir novos descobrimentos informacionais. É cabível ressaltar que, devido às características ímpares desse ambiente informacional, é demandado que as informações expressem índices qualitativos fidedignos.

Diante disso, este trabalho teve, como objetivo, as melhorias dos processos informacionais da recuperação da informação com base em um modelo de análise temporal em contexto semântico de gerenciamento de emergências. Esse modelo conta com uma definição do processo informacional que permita a interação e integração da recuperação da informação, a qualidade da informação, a semântica e o espectro temporal.

Ademais, a temporalidade possibilita a análise informacional pela perspectiva de uma linha do tempo, apresentando a evolução das informações no decorrer do tempo.

Esse 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, para suprir suas necessidades informacionais.

As regras presentes no domínio podem ser consideradas fatores limitantes, entretanto elas são as responsáveis por guiar a estrutura do processo informacional, a exemplo da 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 que possam prejudicar todo o aporte informacional.

REFERÊNCIAS

- BATINI, C. *et al.* Methodologies for data quality assessment and improvement. *ACM computing surveys (CSUR)*, [s. l.], v. 41, n. 3, artigo 16, 52 p., 2009. DOI: <https://doi.org/10.1145/1541880.1541883>.
- BOTEGA, L. C. *Modelo de fusão dirigido por humanos e cliente de qualidade de informação*. 2016. 247 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- BOTEGA, L. C. *et al.* Methodology for data and information quality assessment in the context of emergency situational awareness. *Universal Access in the Information Society*, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 889-902, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10209-016-0473-0>.
- BOTEGA, L. C. *et al.* Quantify: an information fusion model based on syntactic and semantic analysis and quality assessments to enhance situation awareness. In: BOSSÉ, E.; ROGOVA, G. L. (org.). *Information Quality in Information Fusion and Decision Making*, [s. l.]: Springer Cham, 2019, p. 563-586. ISBN 978-3-030-03643-0.
- BUCKLAND, M. K. Information as thing. *Journal of the American Society for information science (JASIS)*, [s. l.], v. 45, n. 5, p. 351-360, 1991.
- CALAZANS, A. T. S. Qualidade da informação: conceitos e aplicações. *TransInformação*, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 29-45, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-37862008000100003>.
- ENDSLEY, M. R. *Designing for situation awareness: an approach to user-centered design*. 2. ed. [s. l.]: CRC press, 2016. 396 p. ISBN 978-1420063554.

- GÓMEZ-PÉREZ, A.; BENJAMINS, R. Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods. In: IJCAI-99 WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND PROBLEM-SOLVING METHODS (KRR5), 1999, Stockholm, Sweden: Faculty of Social and Behavioural Sciences (FMG), 1999. Disponível em: <https://dare.uva.nl/search?identifier=b6e475ac-2649-4f68-a181-4e42f9eb6ce7>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- HASANUZZAMAN, M. *et al.* Propagation strategies for building temporal ontologies. In: CONFERENCE OF THE EUROPEAN CHAPTER OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS, 14, 2014, Gothenburg, Sweden: Association for Computational Linguistics. *Short Papers*, v. 2, p. 6-11, 2014. DOI: 10.3115/v1/E14-4002.
- KOKAR, M. M.; ENDSLEY, M. R. Situation awareness and cognitive modeling. *IEEE Intelligent Systems*, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 91-96, 2012. DOI: 10.1109/MIS.2012.61.
- LIU, L.; CHI, L. Evolutional data quality: a theory-specific view. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION QUALITY (ICIQ-02), 7, 2002, [s. l.]: ICIQ, *Research Paper*, 2002, p. 292-304. Disponível em: <http://mitiq.mit.edu/ICIQ/Documents/IQ%20Conference%202002/Papers/EvolutionalDataQualityAThorySpecificView.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- MATHEUS, C. J.; KOKAR, M. M.; BACLAWSKI, K. A core ontology for situation awareness. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION, 6, 2003, Cairns, QLD, Australia, *Anais [...]*, Cairns, QLD, Australia: IEEE, 2003, p. 545-552. DOI: 10.1109/ICIF.2003.177494.
- MELO, J. O. de S. F.; BOTEAGA, L. C.; SANTARÉM SEGUNDO, J. E. Metodologia de avaliação de qualidade para dados conectados. *Informação & Tecnologia (ITEC)*, Marília/João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 80-101, jul./dez 2017. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.2358-3908.2017v4n2.40539>.
- NEHMY, R. M. Q.; PAIM, I. A desconstrução do conceito de “qualidade da informação”. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 27, n. 1, p. 36-45, jan./abr 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-19651998000100005>.
- OKEYO, G.; CHEN, L.; WANG, H. Combining ontological and temporal formalisms for composite activity modelling and recognition in smart homes. *Future Generation Computer Systems*, [s. l.], v. 39, p. 29-43, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2014.02.014>.
- OLETO, R. R. Percepção da qualidade da informação. *Ciência da informação*, Brasília, v. 35, n. 1, p. 57-62, jan./abr. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19652006000100007>.
- OLIVEIRA, A. 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*, [s. l.], v. 77, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.08.006>.
- OLSON, J. E. *Data quality: the accuracy dimension*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003. 312 p.
- PAZ-TRILLO, C.; WASSERMANN, R.; BRAGA, P. P. An information retrieval application using ontologies. *Journal of the Brazilian Computer Society*, Campinas, v. 11, n. 2, p. 17-31, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF03192373>.
- PEREIRA JUNIOR, V. A.; PEREIRA, G. M. C.; BOTEAGA, L. C. Towards a Process for Criminal Semantic Information Fusion to Obtain Situational Projections. In: HAYNES, D.; VERNAU, J. (Ed.). *The Human Position in an Artificial World: creativity, ethics and ai in knowledge organization*. Londres: Ergon-Verlag, 2019. p. 51-72. DOI: <https://doi.org/10.5771/9783956505508-51>.
- SARACEVIC, T. Ciência da informação: origem, evolução e relações. *Perspectivas em ciência da informação*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, jan./jun. 1996. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/235>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- SILVA, J. N. *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. DOI: 10.5007/1518-2924.2018v23n53p182.
- TAO, C. *et al.* CNTRO: a semantic web ontology for temporal relation inferencing in clinical narratives. In: AMIA ANNUAL SYMPOSIUM PROCEEDINGS. *American Medical Informatics Association*. p. 787-791, 2010.
- TAO, C.; SOLBRIG, H. R.; CHUTE, C. 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. 64-68, 2011.
- WIEGAND, N.; GARCÍA, C. A task-based ontology approach to automate geospatial data retrieval. *Transactions in GIS*, v. 11, n. 3, p. 355-376, 2007. DOI: 10.1111/j.1467-9671.2007.01050.x