

## UM PROTÓTIPO INTELIGENTE PARA TOMADA DE DECISÃO EM SAÚDE BASEADO EM ONTOLOGIAS

O. C. Braga (IC)<sup>1</sup>; P. Fernandes (IC)<sup>2</sup>; R. Freitas (IC)<sup>2</sup>; M. Oliveira PQ)<sup>2</sup>  
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Campus Aracati e-mail: [maranhao@ifma.edu.br](mailto:maranhao@ifma.edu.br)

(IC) Iniciação Científica

(PQ) Pesquisador

### RESUMO

Este trabalho apresenta um protótipo de um sistema inteligente, baseado em ontologias e sensível a contexto. O protótipo trata diversas informações de saúde da população, que servirão para identificar possíveis casos epidemiológicos num mapa personalizado. O uso de ontologias no protótipo para representação de conhecimentos auxilia o processo de inferência para a tomada de decisão. Assim, o protótipo

auxilia gestores de saúde (médicos, secretários de saúde, governador do estado, etc.) na tomada de decisão na resolução de problemas, além de agilizar o processo de identificação da dengue nos contextos local (residência) e global (população).

**PALAVRAS-CHAVE:** contexto, representação de conhecimento, saúde, tomada de decisão.

### AN INTELLIGENT PROTOTYPE FOR HEALTH DECISION-MAKING BASED ON ONTOLOGY

### ABSTRACT

This paper presents an intelligent prototype based on ontology and context aware concepts. It treats several health information that will serve to identify possible epidemiological cases in order to create a custom map. The use of ontologies for knowledge

representation can assist in inference process for the decision-making. It aims to assist managers (doctors, health secretaries, governor of the state, etc.) in solving problems, as well as expedite the process of identification of dengue in a local and global context.

**KEY-WORDS:** context-aware, health knowledge representation, decision-making

## UM PROTÓTIPO INTELIGENTE PARA TOMADA DE DECISÃO EM SAÚDE BASEADO EM ONTOLOGIAS

### INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Saúde, hoje a dengue é objeto de maior campanha de saúde pública no Brasil. Há um combate travado contra a doença, que tem fácil propagação e pode afetar um grande número de pessoas em um curto período de tempo. Ela se expressa com frequência, sob a forma de epidemias, podendo levar a um grande número de óbitos.

As Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs), somadas à popularização e evolução de dispositivos móveis e da expansão da Internet, mediante sua capacidade de monitoramento remoto e de interação com pacientes, podem auxiliar significativamente médicos e assistentes de saúde no desenvolvimento de ações mais ágeis. Tais meios podem ser usados para captação de informações de saúde e informações sobre contexto, essas informações tratadas por mecanismos inteligentes, podem agilizar o processo de decisão de gestores e profissionais da saúde.

A internet tem se mostrado uma boa alternativa para obtenção de dados. Apresentando uma boa viabilidade com longo alcance e acessibilidade aos diversos dispositivos, ela torna-se, em tempo, a melhor alternativa para obtenção das informações.

Este trabalho apresenta um sistema inteligente sensível ao contexto que integra informações fisiológicas (obtidas manualmente), informações de contexto (automaticamente) e informações sobre histórico de saúde através do prontuário WEB do SUS. Essas informações chegam ao sistema, onde são tratadas a partir de um modelo de conhecimento. Como consequência, são realizadas ações baseadas em decisões tomadas pelo próprio sistema, tipo: identificação de foco de dengue, solicitação ao usuário para procurar um posto médico, exibição de recomendações, etc.

### TRABALHOS RELACIONADOS

Esse trabalho tem como referência a ideia apresentada no projeto SISA[2], uma aplicação sensível ao contexto para gestão em saúde. Ele utiliza regras de decisão para auxiliar na resolução de problemas epidemiológicos.

O SISA integra o domínio epidemiológico do projeto LARIISA[3], um sistema sensível ao contexto para suportar aplicações baseadas em ontologias destinadas a governança na tomada de decisão em ambientes de saúde.

O objetivo deste trabalho é trazer ao SISA mais dinamicidade. A partir do uso de ontologias como representação do conhecimento, oferece-se ao sistema a capacidade de adaptar-se a situações mais complexas, além de integrar-se ao banco de dados do SUS para obtenção de informações da saúde do usuário.

## CONTEXTO EPIDEMIOLÓGICO

A dengue é uma doença epidemiológica que já tem causado muitos problemas no Brasil e no mundo, sendo responsável por um alto índice de mortandade. Com facilidade de expansão, esta doença pode afetar rapidamente muitas pessoas e atingir grandes proporções.

Muitos investimentos têm sido feitos para amenizar o problema da dengue, objeto de maior campanha de saúde pública no Brasil [3]. De 1980 a 2005, a Organização Mundial da Saúde (OMS) registrou, aproximadamente, quatro milhões de casos de dengue somente no Brasil. Em 2010, segundo a Secretaria de Saúde do Estado do Ceará (SESA), foram notificados 21.228 casos suspeitos de dengue, dos quais 13.143 foram confirmados, resultando uma média de 36 casos por dia, vitimando 21 pessoas [4]. Neste ano, já foram confirmados 58 óbitos por dengue [5] [6], proporcionando gastos relevantes ao país.

A expansão descontrolada da dengue tem se tornado fator responsável pelo aumento de óbitos. Com a facilidade de propagação a partir de condições favoráveis, o combate a esta doença se torna um grande desafio.

## ARQUITETURA DO SISTEMA PROPOSTO

O sistema proposto neste trabalho trata informações fisiológicas e de contexto. Ele, através de uma interface WEB, captura informações sobre o estado fisiológico do usuário e do contexto ao seu redor, entre elas: tempo e localização. Além destas informações, a interface possui um campo para Identificador do SUS (SUS\_ID). Ver figura 1.

As interfaces são divididas em três níveis: Usuário, Agente de saúde e Especialista. Cada interface é personalizada ao seu usuário, exigindo apenas informações conhecidas por eles.

As informações fisiológicas capturadas são, por exemplo: altura, temperatura, pressão sanguínea (no caso, na interface do agente de saúde) e informações sobre possíveis sintomas. Entre as informações de contexto são capturadas por exemplo: geolocalização e horário, como mostrado na Figura 1.



The figure displays two web-based data collection interfaces. On the left, under 'Identificador do SUS', there is a form for entering personal information such as age (27 years), weight (70.6 kg), height (1.75 m), temperature (37.0 °C), heart rate (80 bpm), blood pressure (12/8), date (04/05/2014), time (16:25), latitude (-4.5628696), and longitude (-37.77189209999999). Below this is a map showing a location in São Luís, Brazil, with a red pin indicating the user's approximate location. A text area for symptoms is present, along with a 'Enviar Dados' button. This section is labeled 'Informações fisiológicas' and 'Informações de contexto'. On the right, under 'Relatório do Usuário', there is a survey with three questions using a 'Sim' (Yes) or 'Não' (No) scale. The first question asks if the user has continuous abdominal pain. The second asks if they have respiratory discomfort or difficulty breathing. The third asks if any substance, including water, causes vomiting. A large blue 'Enviar Dados' button is at the bottom. This section is labeled 'Possíveis sintomas do usuário'.

Figura 1. Interface WEB para coleta de informações. Cliente, Agente saúde.

Além das informações dispostas pelo usuário através da interface ao sistema são também capturadas informações sobre o histórico de saúde do usuário. Essas informações são providas através do banco de dados do portuário do SUS, acessado à partir da identificação única do SUS. Um exemplo de informações relevantes para a inferência do sistema é se o usuário já foi diagnosticado com dengue antes, entre outras.

Tais informações são enviadas ao servidor do sistema que infere, a partir de modelos ontológicos, sobre determinado caso e o marca (caso positivo), imediatamente, no mapa interativo, descrevendo seu tipo (dengue, dengue hemorrágica). O mapa permite a visualização do quadro epidemiológico aos gestores de saúde (médicos, secretários de saúde, governador do estado, etc.), facilitando a tomada de decisões de forma ágil e eficiente. Além de disponibilizar o mapa aos gestores, o sistema retorna ao cliente um resultado “preliminar” sobre seu estado, dando-lhe dicas de tratamento ou solicitando sua ida a um posto de saúde.

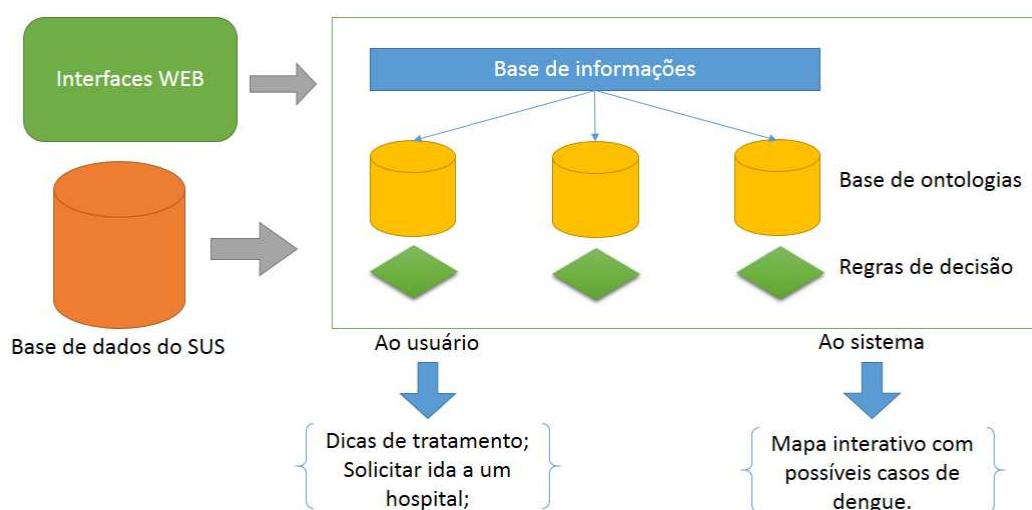


Figura 1. Arquitetura do sistema proposto

A Figura 2 mostra o mapa de casos de Dengue que, de forma interativa, identifica os pontos (em vermelho) com casos de Dengue, destacando as áreas com agravo ou sinais de alarme (em azul). Para tanto, o sistema trata as informações recebidas através de um mecanismo de inteligência baseado em modelos ontológicos.

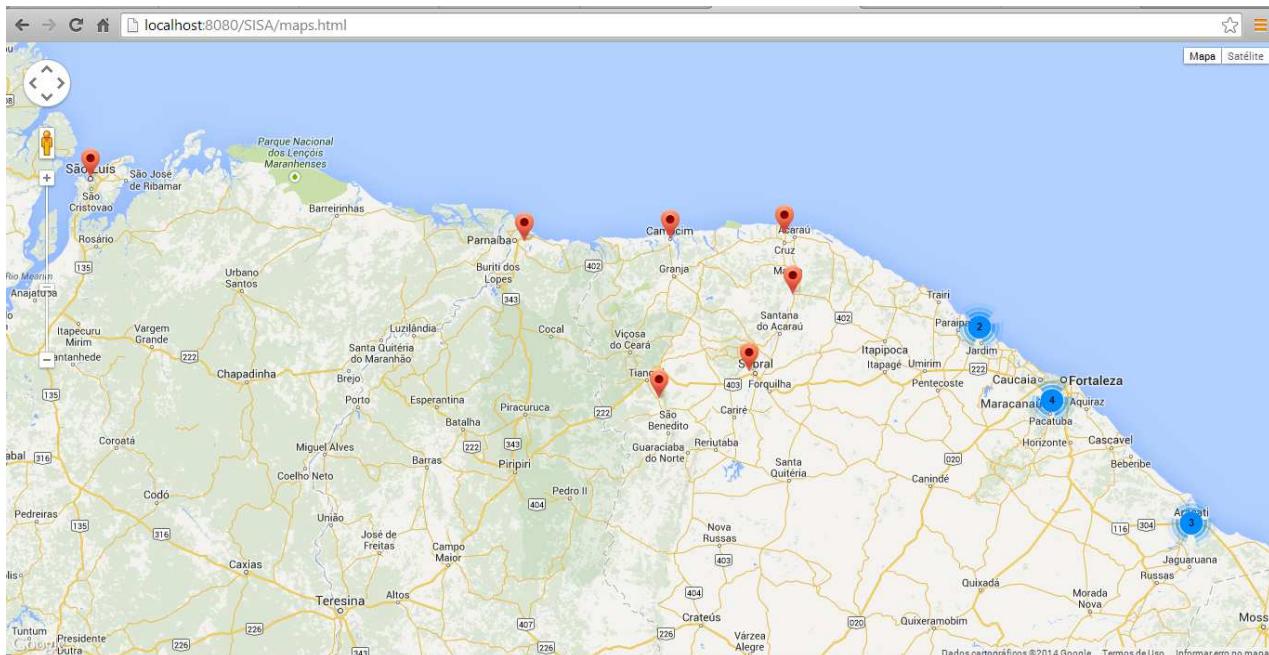


Figura 2. Mapa personalizado com possíveis casos e focos de dengue.

As informações capturadas através da interface WEB, bem como as providas através do portuário WEB são tratadas por um mecanismo de decisão inteligente baseado em conhecimentos representados por ontologias. A partir disso, o sistema decide os próximos passos a serem realizados. Por exemplo: o sistema de decisão pode responder ao usuário sobre seu estado, marcar no mapa um possível caso detectado, dar dicas de saúde, solicitar uma visita à uma UBS (Unidade Básica de Saúde), entre outros.

## MODELOS ONTOLOGICOS PARA DECISÃO

Segundo Fensel “Uma ontologia é uma especificação formal explícita de uma conceitualização compartilhada” [1]. Assim, as ontologias tem por objetivo a representação do conhecimento[2]. Elas especificam, de maneira formal e explícita, conceitos, propriedades e atributos de conceitos, entre outros. Ou seja, a partir de um conhecimento “representado por uma ontologia” pode-se inferir um conhecimento ainda inexistente. Esse novo conhecimento é concebível por meio de regras de inferência que regem as decisões tomadas pelo sistema.

### a. Desenvolvimento de Ontologias

Dentro do contexto da computação existem várias linguagens que descrevem modelos ontológicos. Dentre as mais conhecidas podemos citar o RDF (Resource Description Framework) que especifica um modelo de dados com descrição semântica[4] e OWL (Web Ontology Language) que foi adotada pela W3C[5] para ser a linguagem da web semântica.

A linguagem OWL foi projetada, principalmente, para construção da web semântica. Herdada de linguagens como RDF, OIL e DAML ela oferece uma alta expressividade para representação de ontologias.

---

Tem-se três tipos de OWL [5]: OWL-LITE, que tem pouca expressividade, permitindo apenas restrições simples como às de cardinalidade, possui estruturas de relacionamentos simplórios; OWL-DL possui expressividade mediana e pode descrever, de forma eficiente, diversos domínios, além de permitir inferência sobre seus modelos ontológicos; OWL-FULL tem máxima expressividade. Diversos conectivos lógicos e de restrições fazem dessa linguagem a mais indicada para descrever grandes domínios.

Para o sistema proposto neste trabalho foi escolhida a linguagem OWL-DL, por possuir a expressividade necessária para descrever o domínio do sistema, dando suporte à inferência, o que é essencial para o sistema. A OWL-LITE não permite inferência enquanto a OWL-FULL oferece recursos que não serão usados.

#### **b. Manipulação e Pesquisa Dentro do Modelo Ontológico**

Para manipular as estruturas dentro do modelo ontológico utilizou-se a linguagem de pesquisa SPARQL, uma linguagem semelhante ao SQL. Ela tem como principal objetivo a consulta em modelos ontológicos, projetada para atender os casos e as necessidades de acesso de dados em RDF[6].

A figura 3 mostra um exemplo de uma consulta em SPARQL que retorna todos os pacientes com dengue hemorrágica.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX base: <http://www.sisa.com.br/dengue.owl#>

SELECT ?paciente
      WHERE { ?paciente base:temDengue base:Dengue_Hemorragica }
```

Figura 3. Exemplo de consulta SPARQL.

Com as informações consultadas a partir da linguagem SPARQL poderemos alimentar a interface com novas informações inferidas pelo sistema.

#### **c. Inferência Sobre o Modelo Ontológico**

A inferência é o ponto chave do sistema. É baseado na inferência que o sistema saberá quais passos tomar. Através de um mecanismo de consistência lógica ou de regras de inferência podemos inferir sobre um determinado modelo ontológico, agregando expressividade/conhecimentos ainda não expressos no mesmo modelo. O sistema proposto neste trabalho usa tanto a inferência sobre consistência lógica quanto um motor de inferência baseada em regras.

A regras de inferência são representadas por expressões lógicas que organizam o modelo ontológico seguindo padrões descritos pelos desenvolvedores. A linguagem SWRL (Semantic Web Rule Language) é o padrão adotado pela W3C para criação de regras para OWL.

A figura 4 mostra um exemplo de uma regra para uma propriedade transitiva.

[*RegraTransitivaP*: (?A p ?B), (?B p ?C) → (?A p ?C) ]

Figura 4. Exemplo de regra para uma propriedade transitiva.

As regras de inferência são baseadas em axiomas predefinidos por profissionais de saúde.

Os motores de inferência ou “pensadores” são componentes de software que mapeiam uma base de conhecimentos existente (coleção de conceitos e relações entre estes conceitos, fatos e regras) e infere conhecimentos adicionais adicionando informações implícitas. Como exemplo de inferência, podemos citar a classificação (computação de todas as classes as quais um determinado indivíduo pertence) e a realização (encontrar as classes mais específicas no qual um indivíduo pertence) de indivíduos [8]. Entre os motores de inferência os que se destacam são o Pellet e o Racer. Para realização desse projeto optou-se pelo Pellet por oferecer total suporte à inferência sobre OWL-DL, por ser open-source (de código aberto) e possuir uma grande comunidade de desenvolvedores, além de fácil integração com framework Jena.

## FRAMEWORK JENA PARA DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Jena é um framework com suporte a edição, manipulação e inferência para construção de aplicações semânticas com suporte a RDF, OWL e outros. Além de ter um motor de inferência e linguagem de regras próprias, ele ainda possui uma API para SPARQL.

Como o motor de inferência do Jena é limitado a só inferir sobre modelos OWL-LITE optou-se pelo Pellet, como dito anteriormente.

## CONCLUSÃO

O uso da plataforma WEB contribui para um alcance maior do sistema apresentado neste trabalho. Ele pode ser acessado de diversos dispositivos, desde desktops à dispositivos portáteis. A escolha da WEB como plataforma também contribui para a universalidade do acesso.

O sistema trata informações oriundas da interface web e informações do portuário web do SUS, acessado de um banco de dados governamental. Essas informações são analisadas pelo sistema e convertidas em uma ontologia domínio. É a partir dessa ontologia que o sistema inferirá sobre o estado do usuário.

Visto que o problema de superlotação de hospitais junto tem prejudicado o funcionamento da saúde brasileira, este trabalho propõe um sistema de assistência de atendimento previa voltada a dengue.

## REFERÊNCIAS

- [1] DEY, A.; ABOWD, G. **Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness**. In: Workshop on the what, who, where, when and how of context-awareness, CHI, Abril 2000.
- [2] ANTUNES, F. **SISAGE: Um Componente do Lariisa de Gestão e Vigilância Epidemiológica em instâncias de agravos de Dgue no Estado do Ceará**. 2011. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- OLIVEIRA, M; HAIRON, C.; ANDRADE, O.; MOURA, R.; SICOTTE, C.; DENIS, J-L.; FERNANDES, S.; GENSEL, J.; BRINGEL, J.; MARTIN, H. A context-aware framework for health care governance decision-making systems: A model based on the Brazilian Digital TV. In: 2010 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON A WORLD OF WIRELESS MOBILE AND MULTIMEDIA NETWORKS, 2010, Montreal. Anais... Montreal, 2010, p. 1-6.
- [3] NATALYA F NOY, DEBORAH L MCGUINNESS. **Ontology development 101: A guide to creating your first ontology**, 2001.
- [4] BREITMAN, KARIN KOOGAN. **Web Semântica: A Internet do Futuro**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- [5] HENRIQUE DANTAS, ANDRÉ N. C. Apache Jena -  
<http://www.cin.ufpe.br/~in1099/132/Apache%20Jena.pdf>
- MANOLA, F; MILLER, E. **RDF Primer**. - <http://www.w3.org/2001/sw/>
- PRUD'HOMMEAUX, ERIC; SEABORNE, ANDY. **SPARQL Query Language for RDF** -  
<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- HORROCKS LAN, ET AL. **SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML**, W3C Member Submission, 2004.
- Filho H. B. Wagner Fernando. **Inferência sobre Ontologias no contexto da Web Semântica**, 2008.