Universidade Católica de Pelotas
Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação
Seminário de Andamento

Uma Arquitetura para Processamento Híbrido de Contexto Direcionada às Aplicações Cientes de Situação na IoT

Douglas Adalberto Scheunemann
(UCPEL) {scheunemann.d.a@gmail.com}

Adenauer Corrêa Yamin (Orientador)
(UCPEL/UFPEL)

João Ladislau Lopes (Colaborador)
(UFRGS/IFSUL)

Pelotas, agosto de 2016

Sumário

1. Motivações e Objetivos
2. Escopo do Trabalho
3. Trabalhos Relacionados
4. EXEHDA-IS: Visão Geral e Funcionalidades
5. EXEHDA-IS: Estudo de Caso e Tecnologias
6. Considerações Finais

Motivações

- **Avanços tecnológicos em IoT – mobilidade, disponibilidade, ciência do contexto e identificação de situações.**
- **Identificação de situações – qualificação dos mecanismos de tomada de decisões das aplicações.**
- **Aplicações mais proativas.**
- **Técnicas para identificação de situações – desafio de pesquisa em IoT.**
- **Contribuir com estratégias de ciência de situação de pacientes e infraestruturas hospitalares.**

Objetivo Geral

- Concepção de uma arquitetura de software aplicada nas etapas inerentes ao **processamento contextual** para a **identificação de situações na IoT**.

Objetivos Específicos

- Analisar **trabalhos científicos** relacionados com o tema de pesquisa proposto, verificando o **estado da arte** na área.
- Criar um modelo arquitetural que permita o **gerenciamento** e **composição** de **fluxos de processamento contextuais híbridos**.
- Integrar a arquitetura ao middleware **EXEHDA**.
- Criar **APIs** que permitam o acesso à arquitetura desenvolvida, possibilitando a parametrização necessária em **diferentes domínios de aplicação**.
- Divulgar os resultados obtidos na pesquisa por meio da publicação de **artigos científicos**.

Escopo do Trabalho

Escopo do Trabalho

- **Internet das Coisas IoT (*Internet of Things*)**
- **Ciência de Situação**
- **Técnicas para Identificação de Situações**
- **Middleware EXEHDA**

Escopo do Trabalho – Internet das Coisas (IoT)
Definição

- A IoT **interconecta** "Coisas" através da **internet** utilizando **protocolos** de comunicação **padronizados,** prevê uma rede **complexa, autoconfigurável** e **adaptativa**,.
- As "Coisas" possuem representação física ou virtual no mundo digital, capacidade de **sensoriamento/atuação**, são **programáveis** e possuem **identificação única**.
- A sua representação pode conter informações que incluem a **identidade**, **estado**, **localização** ou outras **informações relevantes** para as aplicações.
- As "Coisas" oferecem serviços com ou **sem a intervenção humana**.
- Os serviços são explorados através de **interfaces inteligentes** que estão disponíveis em **qualquer lugar**, a **qualquer momento**, para qualquer coisa considerando aspectos de **segurança**."

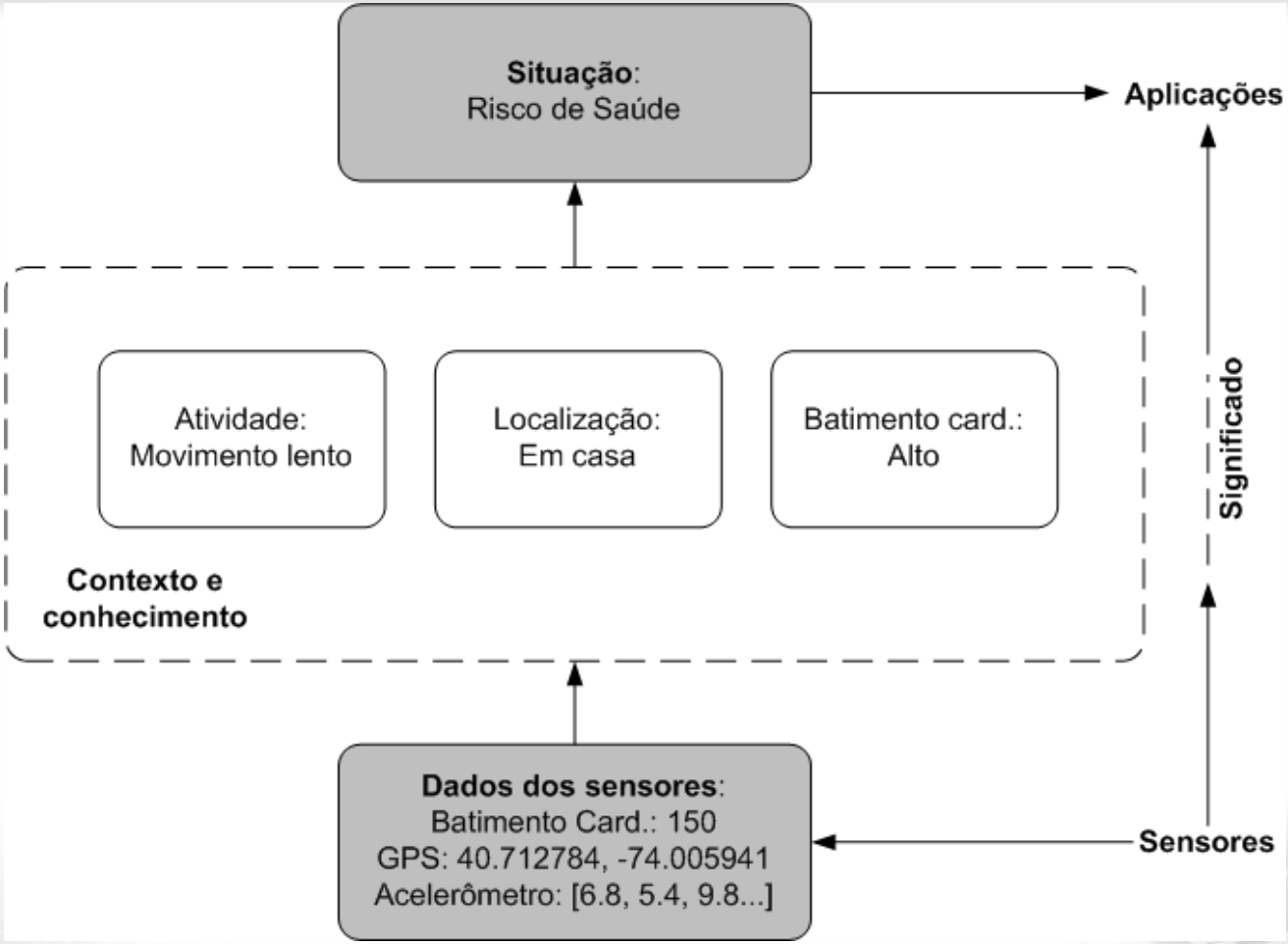
Fonte: (MINERVA; BIRU; ROTONDI, 2015)

Ciência de Situação – Definição

- Na computação, uma situação corresponde a uma **visão compreensível** e em **alto nível de abstração** do **contexto de interesse** da aplicação.
- Esta visão é resultante de dados de contexto coletados de sensores distribuídos pelo ambiente.

(BELLAVISTA et al., 2012; KNAPPMEYER et al., 2013)

Identificação de Situações na IoT



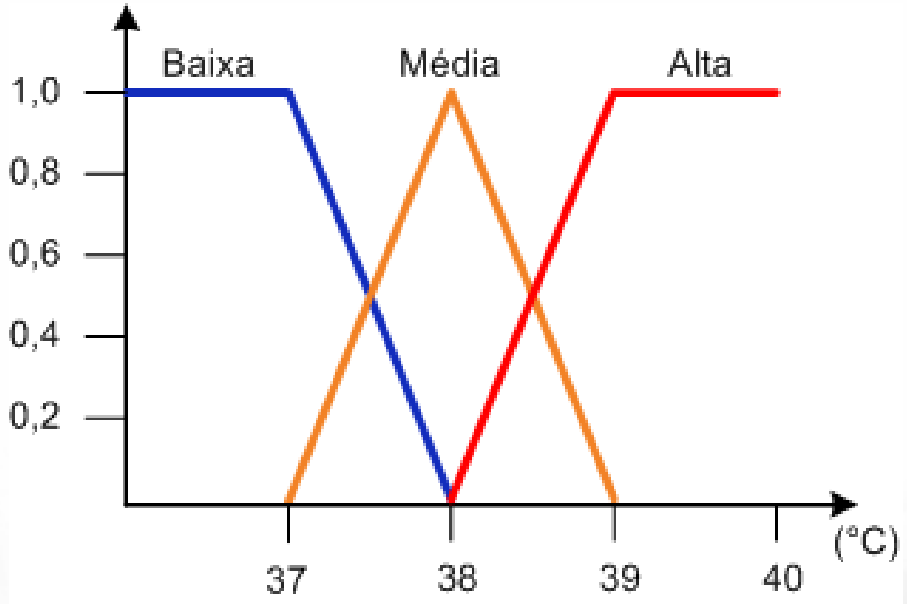
Fonte: adaptado de YE; DOBSON; MCKEEVER, 2012.

Técnicas para Identificação de Situações

- **Baseadas em Especificação**
  - Lógica Formal
  - Ontologia
  - Lógica Espaço-temporal
  - **Lógica Fuzzy**
- **Baseadas em Aprendizado**
  - Redes Bayesianas
  - **Árvores de Decisão**
  - Modelos Ocultos Markov
  - Redes Neurais

- Tratamento de **dados imprecisos**.
- Construção de algoritmos através de **modelos interpretáveis**, facilitando a criação de regras por especialistas da área de aplicação.

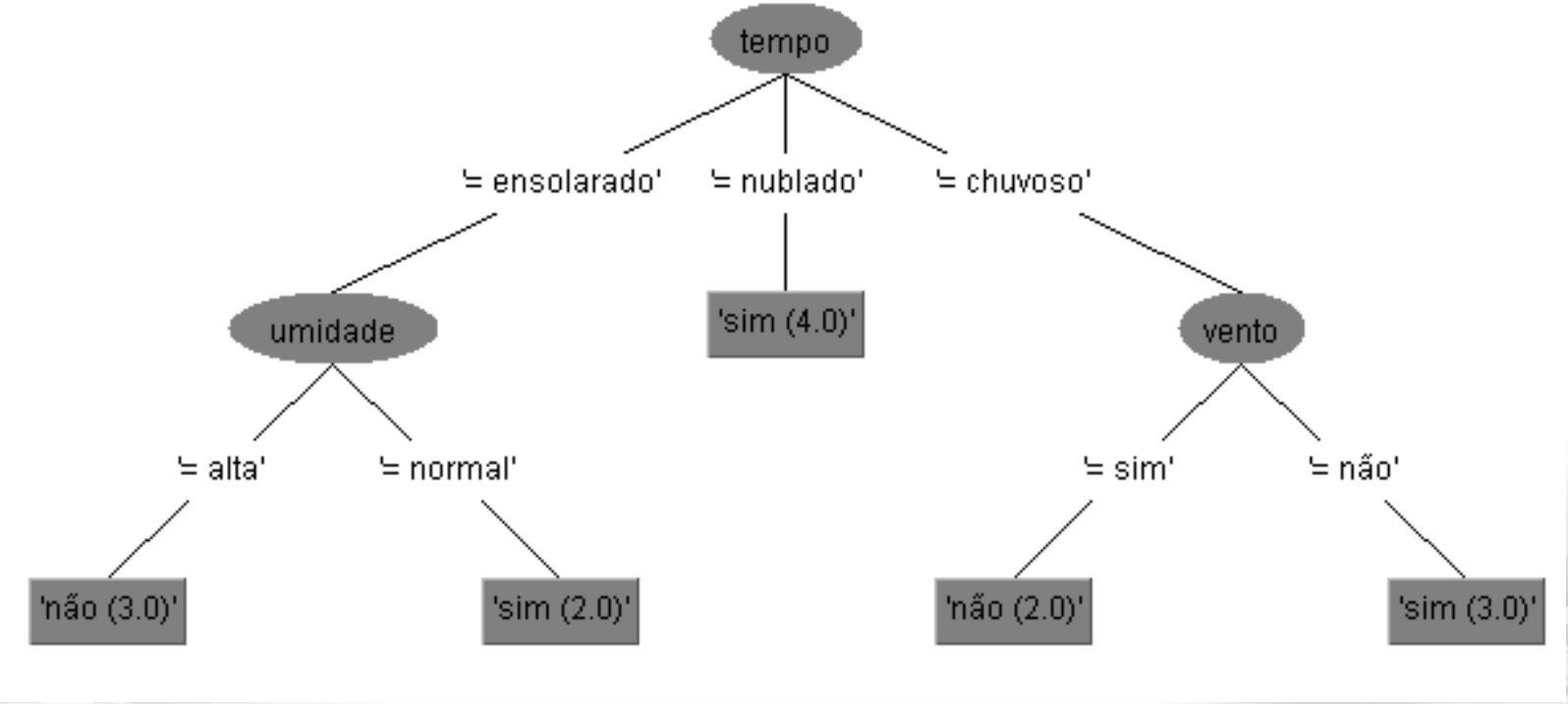
Exemplo de funções de pertinência para febre



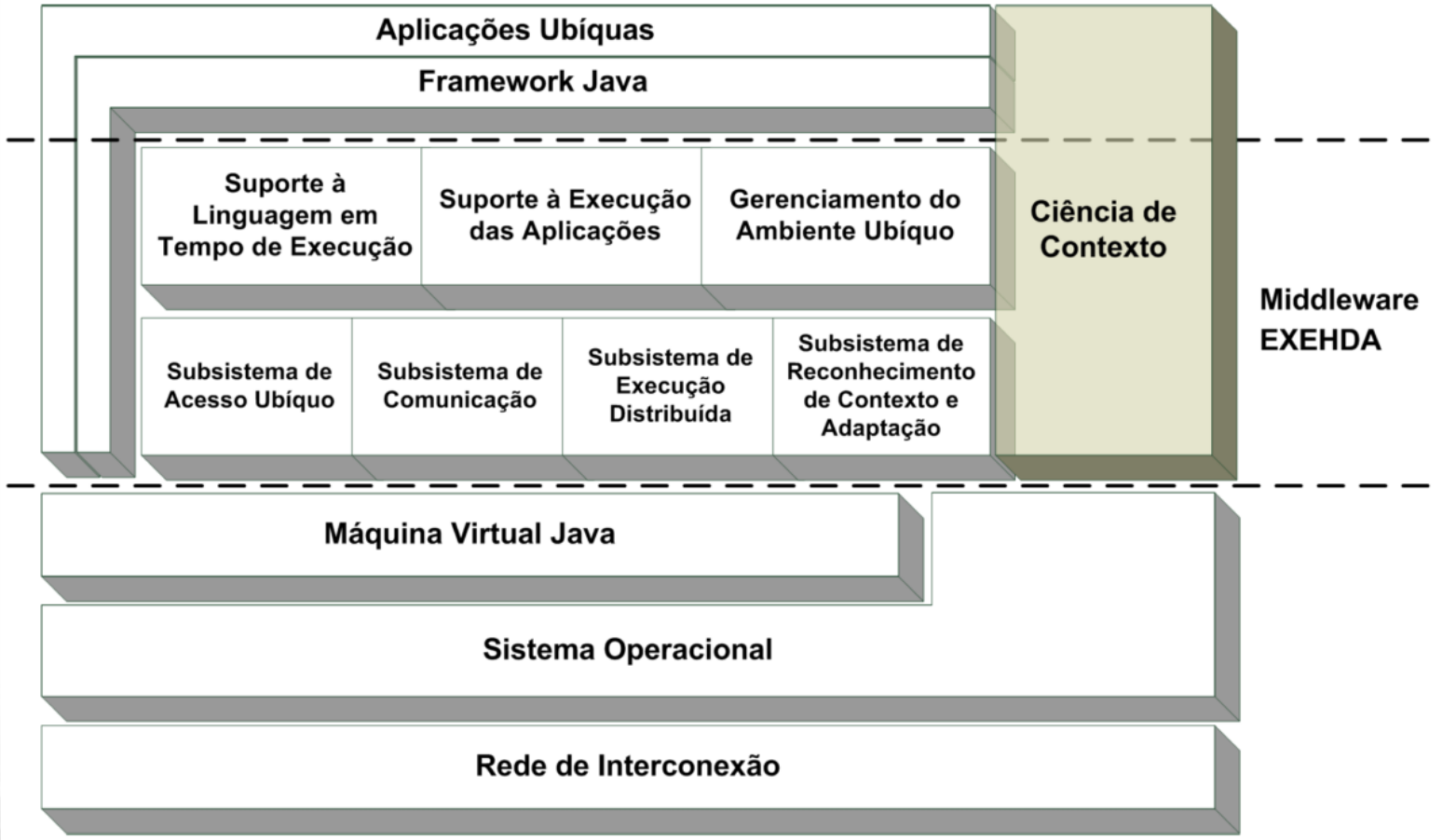
Árvores de Decisão

- Classificador composto por condições de teste e resultados organizados em uma estrutura de árvore.

Ex.: Previsão da ocorrência de um jogo de tênis baseado em condições climáticas.

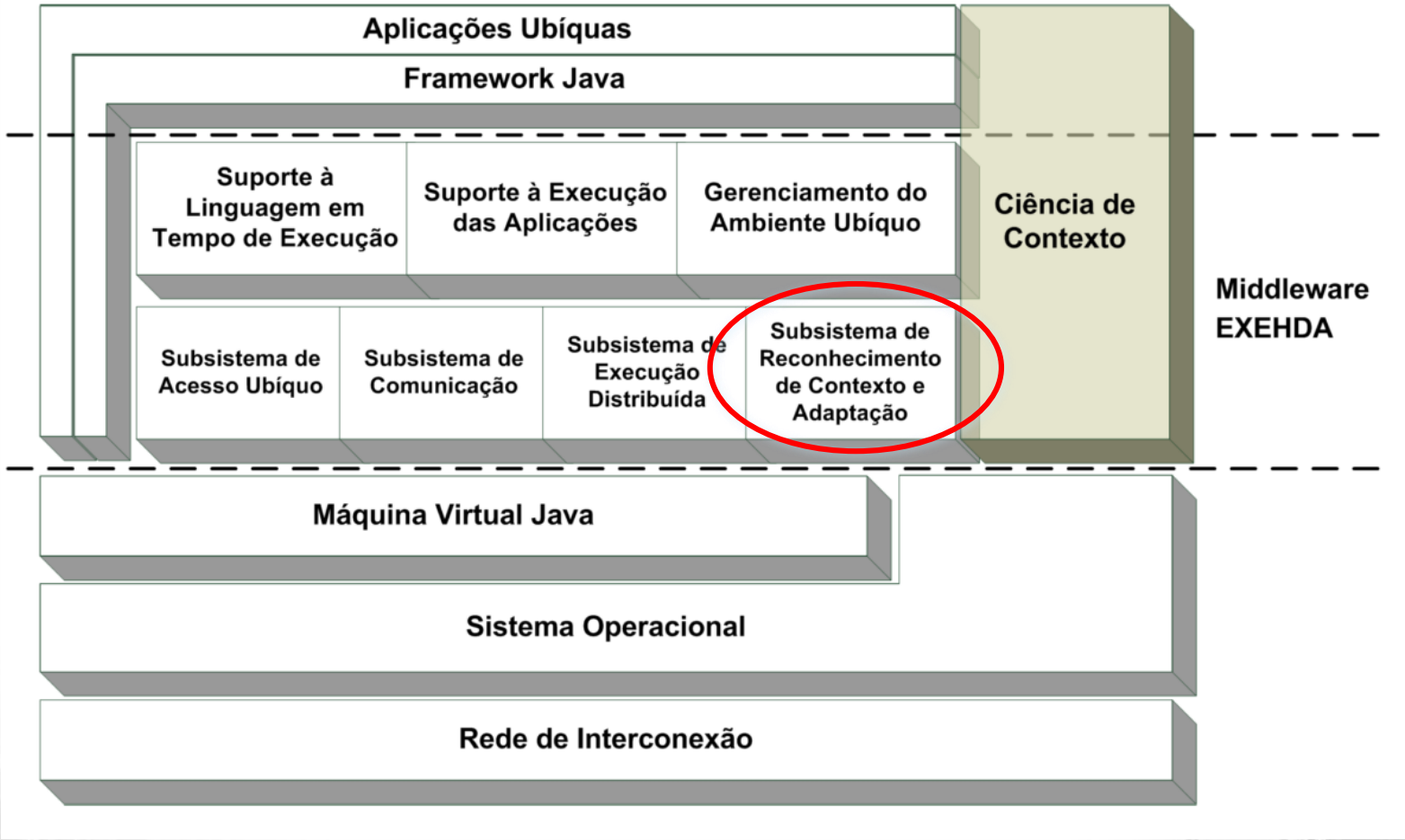


Middleware EXEHDA – Arquitetura de Software



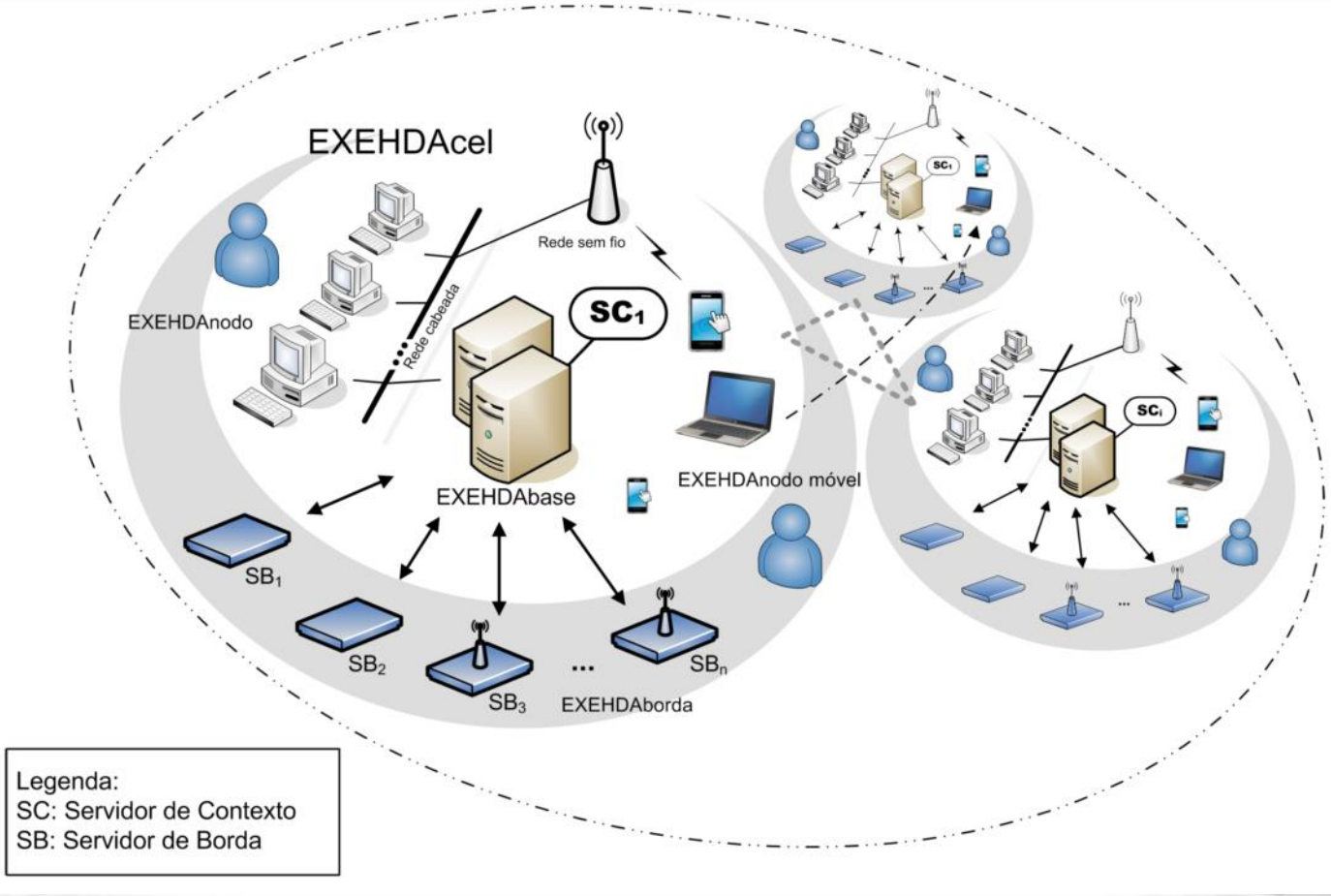
Fonte: LOPES, 2015.

Middleware EXEHDA – Arquitetura de Software



Fonte: LOPES, 2015.

Middleware EXEHDA – Ambiente Gerenciado



Fonte: LOPES, 2015.

Trabalhos Relacionados

Trabalhos Relacionados

- **Projeto CARA – *Context-Aware Real-time Assistant*** (YUAN; HERBERT, 2014)
  - Serviços personalizados de assistência remota para idosos.
  - Adaptação baseada nas atividades normais do usuário.
  - Aplica aprendizado baseado em casos.
- **Projeto *Programmable Context Awareness Framework*** (CHIHANI; BERTIN; CRESPI, 2014)
  - Apresenta modelo para programação do processamento contextual.
  - Voltado para aplicações cientes do contexto.

Trabalhos Relacionados

- **Projeto Simurgh** (KHODADADI; DASTJERDI; BUYYA, 2015)
  - Descoberta de recursos.
  - Programação de fluxos de processamento.
  - Integração de serviços disponíveis na IoT.
- **Projeto CoCaMAAL – *A cloud-oriented context-aware middleware in ambient assisted living*** (FORKAN; KHALIL; TARI, 2014)
  - Computação em nuvem.
  - Serviços de processamento contextual para ambientes de vivência assistida.
  - Coleta de dados de sensores, processamento e distribuição de dados de contexto.

Trabalhos Relacionados – Critérios de Avaliação

a) Suporte para a criação e gerenciamento de fluxos de processamento contextual.

b) Modelo híbrido para processamento de contexto na identificação de situações.

c) Suporte à interação com sistemas e serviços da IoT.

d) Possibilidade de uso em diferentes domínios de aplicação.

Trabalhos Relacionados - Comparação

	CARA	Programmable Context Awareness Framework	Simurgh	CoCaMAAL
a	-	+	+	+/-
b	+/-	-	-	+
c	+/-	+	+	+
d	-	+	+	-

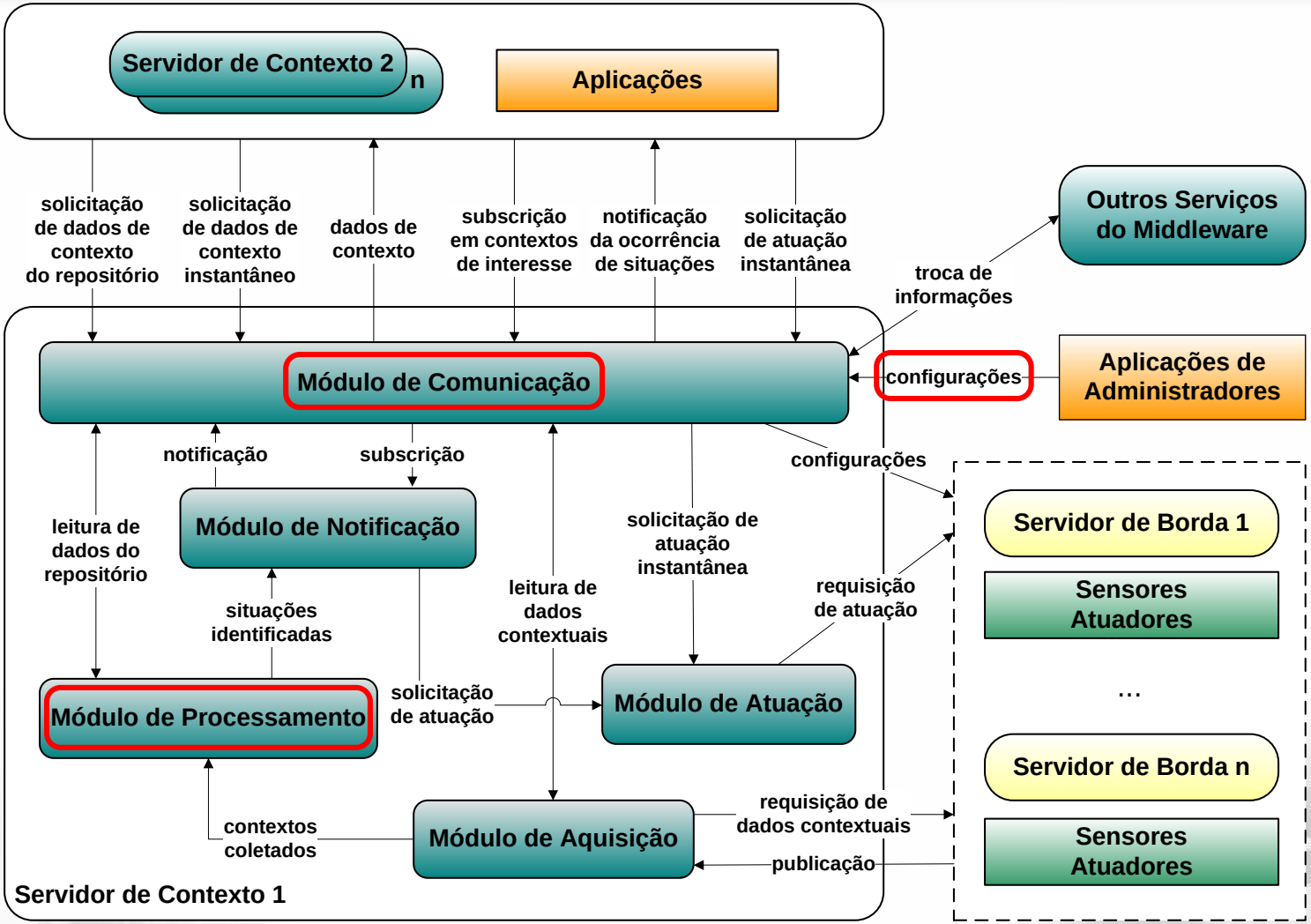
Lacuna de Pesquisa: ausência de uma arquitetura que combine modelos de **processamento híbrido de contexto** com mecanismos para suporte a **programação de fluxos de processamento contextuais**.

EXEHDA-IS – Visão Geral e Funcionalidades

EXEHDA-IS – Visão Geral e Funcionalidades

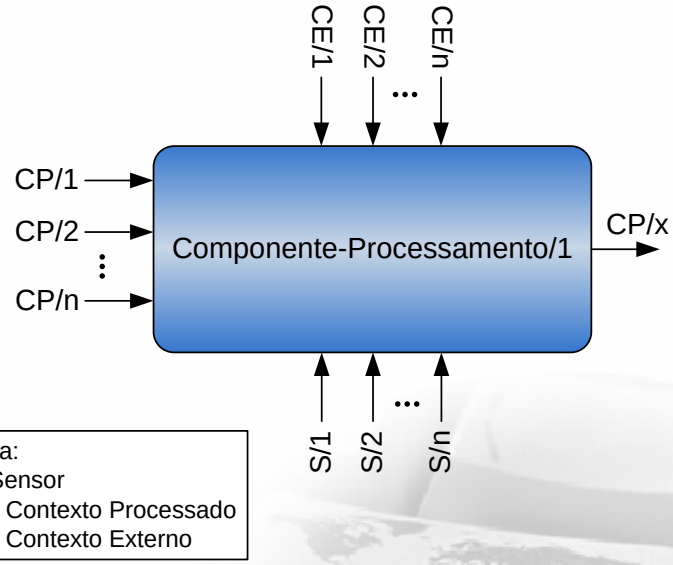
- Arquitetura nomeada **EXEHDA-IS** (EXEHDA – IoT *Situations*).
- Integrada ao middleware **EXEHDA**.
- Arquitetura para **composição** e **gerenciamento** de **fluxos de processamento** contextuais **híbridos**.
- **Processamento contextual híbrido**:
  - Combinação de técnicas baseadas em especificação e aprendizado.
- **Composição de fluxos de processamento**:
  - Permite operação autônoma no EXEHDA na identificação de situações.
  - Possibilita adaptação ao domínio de aplicação.

EXEHDA – Servidor de Contexto

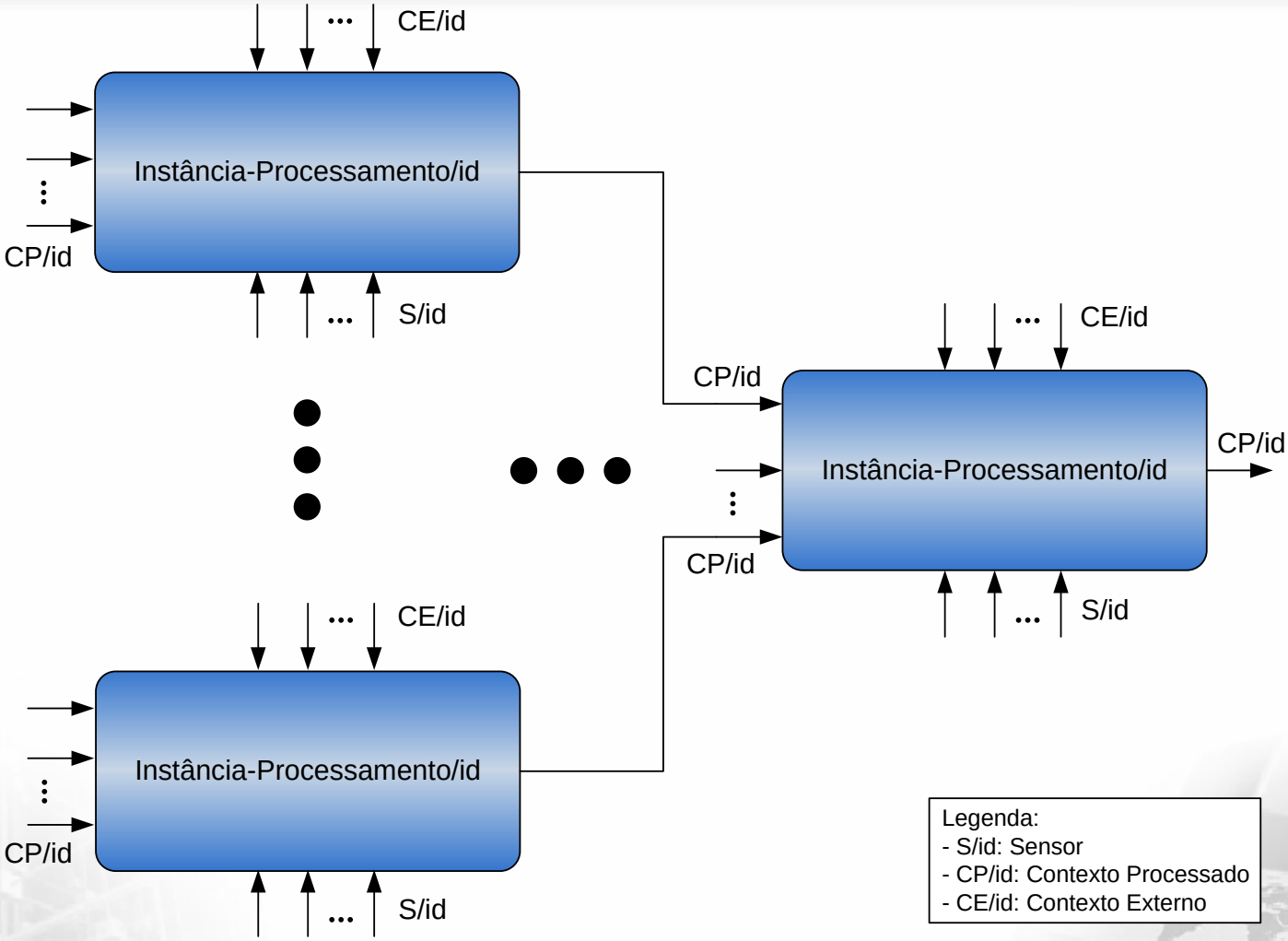


Abordagem para Programação do Processamento Contextual

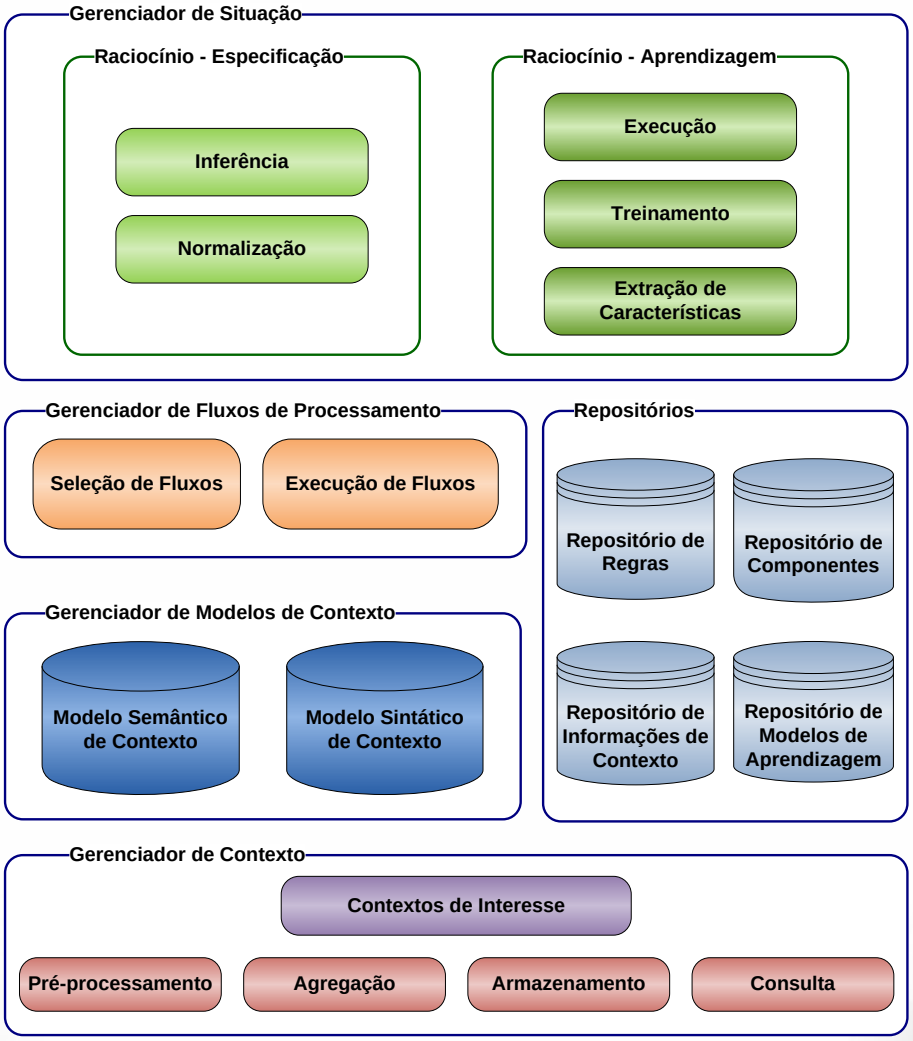
- Modelo ***dataflow*** de processamento configurado através de uma **API REST**.
- Baseado na combinação de componentes de processamento elementares, que envolvem:
  - Dados de sensores
  - Contexto Processado – entrada e saída
  - Contexto Externo



Fluxos de Processamento Criados Via API REST

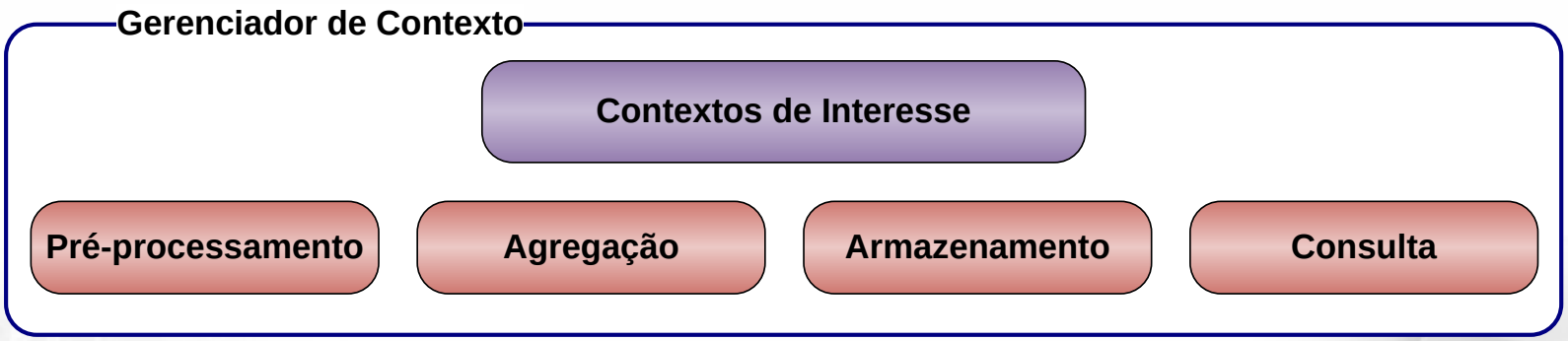


EXEHDA-IS: Arquitetura do Módulo de Processamento



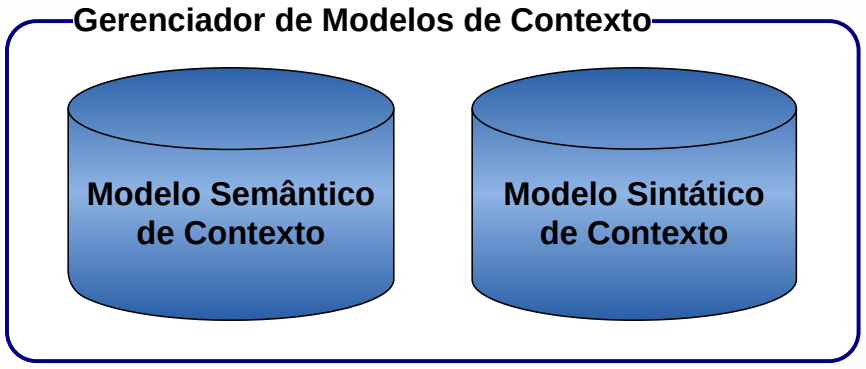
EXEHDA-IS: Gerenciador de Contexto

- **Pré-processamento**
- **Agregação**
- **Armazenamento**
- **Consulta**



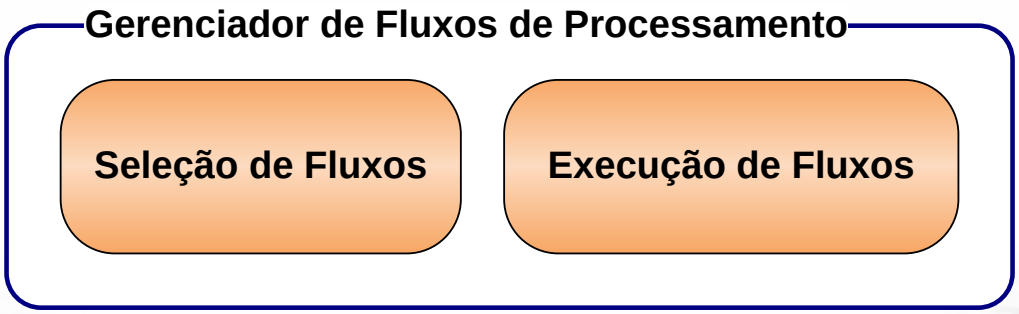
EXEHDA-IS: Gerenciador de Modelos de Contexto

- **Modelos de representação do contexto**
  - **Sintático** – Ex.: esquemas de marcação em XML e JSON.
  - **Semântico** – Ex.: raciocínio sobre dados de contexto utilizando ontologia representado através da linguagem OWL.



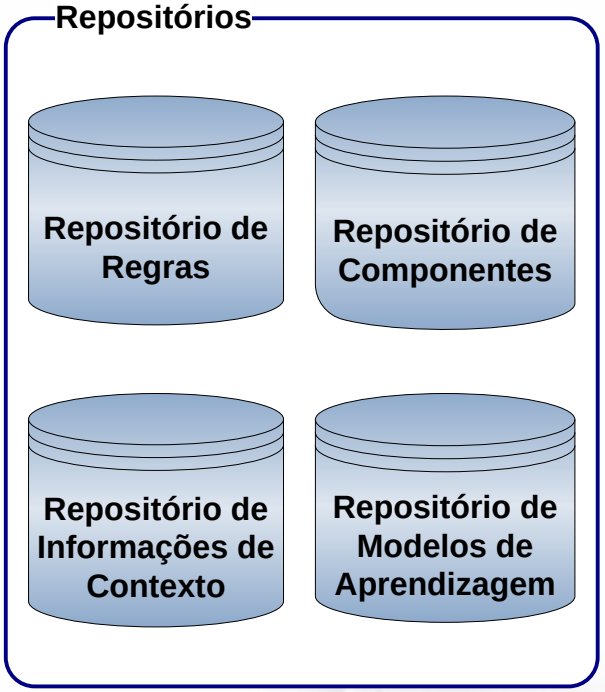
EXEHDA-IS: Gerenciador de Fluxos de Processamento

- **Seleção de fluxos:**
  - Interpretação dos modelos criados a partir da API de configuração.
- **Execução de Fluxos:**
  - Utiliza um mecanismo de eventos para disparar a execução do fluxos de processamento.



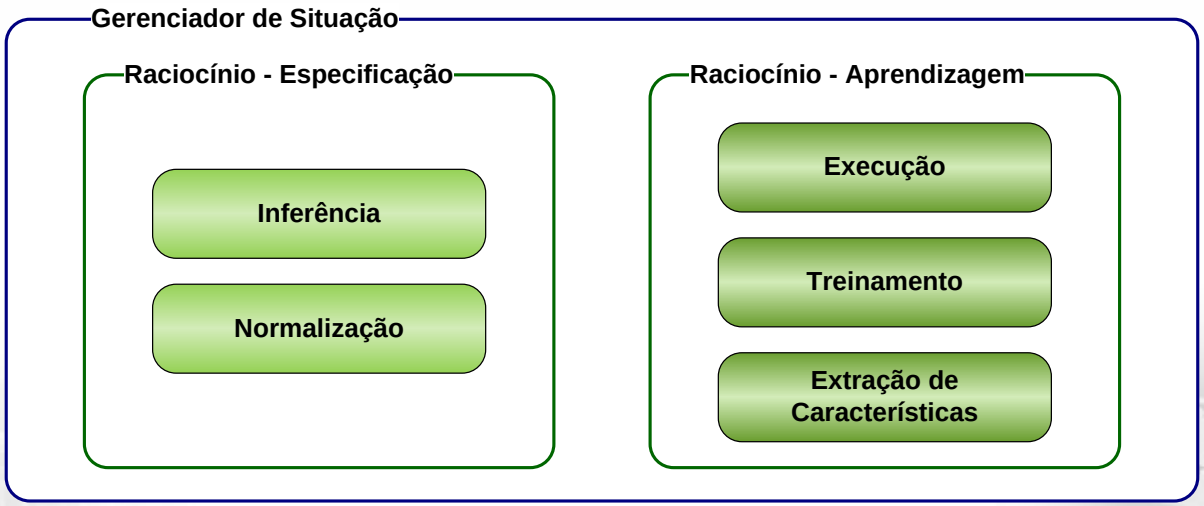
EXEHDA-IS: Repositórios

- **Repositório de Regras:** armazena regras de processamento e modelos de fluxos de processamento contextual.
- **Repositório de Informações de Contexto:** armazena dados de contexto da aplicação.
- **Repositório de Componentes:** componentes de software utilizados no processamento contextual.
- **Repositório de Modelos de Aprendizado:** modelos obtidos no treinamento de componentes de aprendizado da arquitetura.



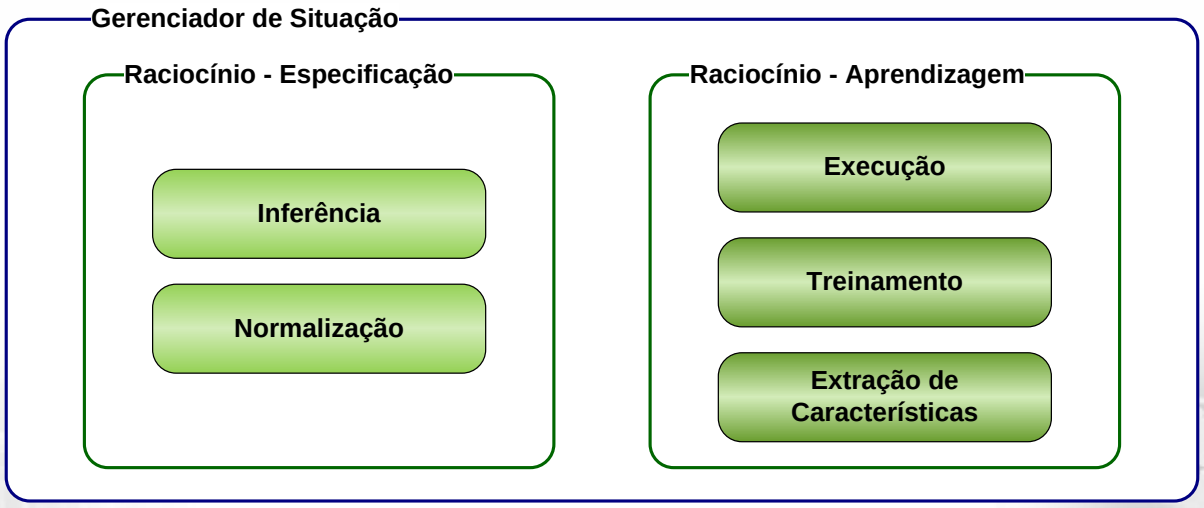
EXEHDA-IS: Gerenciador de Situação

- **Raciocínio – Aprendizagem**
  - **Extração de Características**: processamento do sinal, unificado no treinamento e execução. Ex.: métodos estatísticos e FFT.
  - **Treinamento**: suporte para processamento de exemplos e extração de modelos.
  - **Execução**: utilização de componentes, após treinamento, em fluxos de processamento.



EXEHDA-IS: Gerenciador de Situação

- **Raciocínio – Especificação**
  - **Normalização**: adaptação do domínio de variáveis de contexto para o domínio de especificação de regras. Ex.: conversão para domínio fuzzy.
  - **Inferência**: execução de regras baseadas em especificação. Ex.: regras em lógica fuzzy.



EXEHDA-IS: Estudo de Caso e Tecnologias

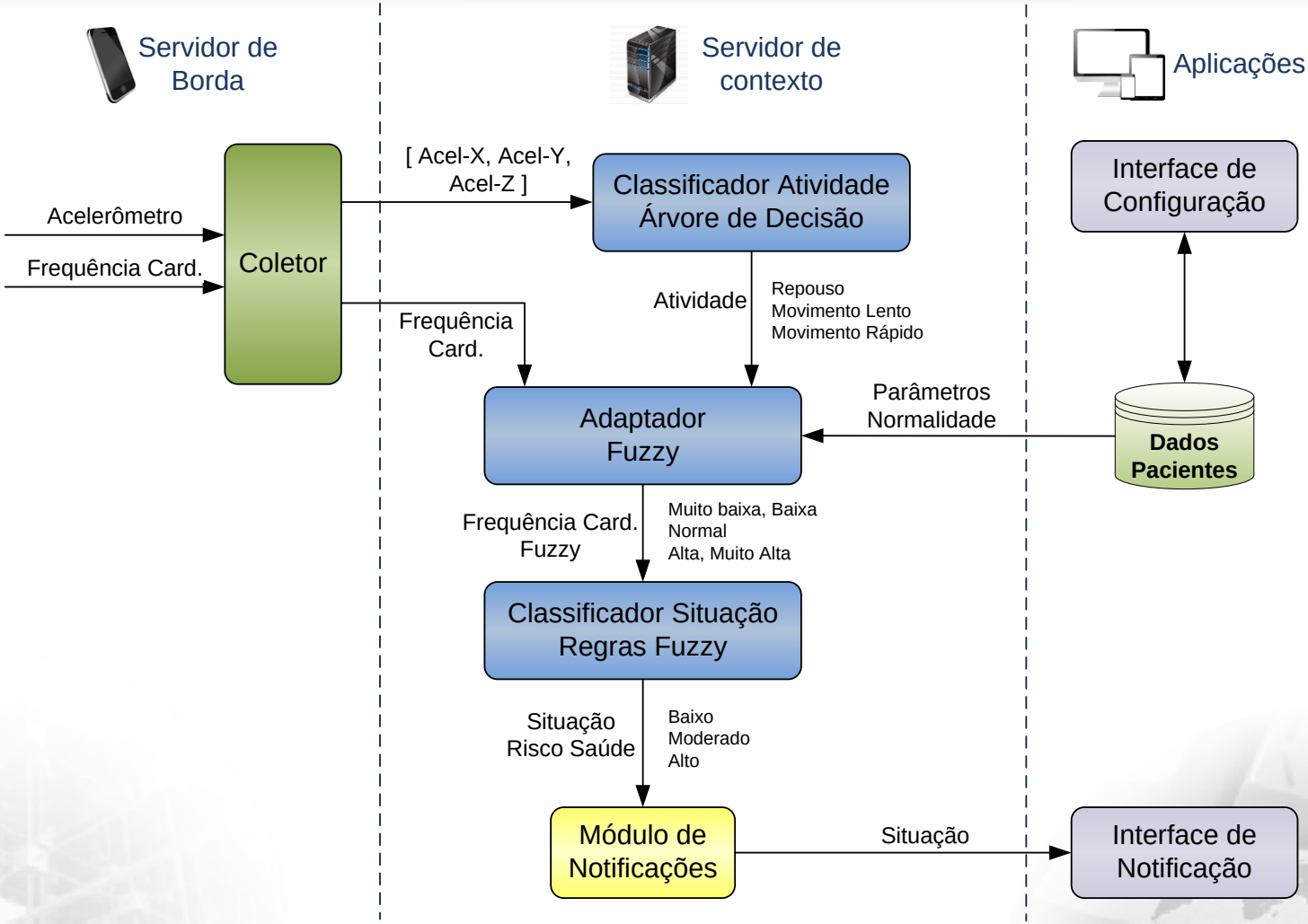
EXEHDA-IS: Estudo de Caso e Tecnologias

- **Estudo de Caso 1:** Ciência de Situação na Reabilitação Cardíaca
- **Estudo de Caso 2:** Ciência de Situação em Infraestrutura Hospitalar
- **Principais tecnologias de software aplicadas**:
  - Linguagem **Python**
  - Linguagem de marcação **JSON**
  - Banco de dados **PostgreSQL**
  - Pacote de software **WekA**

Ciência de Situação na Reabilitação Cardíaca
Visão Geral

- Reabilitação cardíaca com exercícios físicos reduz de 20% a 30% o índice de mortalidade (RABELO; GIL; ARAÚJO, 2006).
- Respostas desproporcionais na frequência cardíaca podem indicar situações de risco para os pacientes (NEGRÃO; BARRETO, 2010).
- A aplicação proposta busca:
  - Identificar de forma autônoma a atividade física do paciente;
  - Correlacionar com a frequência cardíaca e com os parâmetros de normalidade para a atividade realizada;
  - Gerar alertas caso situações de risco sejam identificadas.

Ciência de Situação na Reabilitação Cardíaca
Fluxo de Processamento Contextual



Ciência de Situação na Reabilitação Cardíaca
Resultados na Inferência de Atividade

- Matriz de confusão para classificação de atividades utilizando árvore de decisão.

	Movimento Lento	Movimento Rápido	Repouso
Movimento Lento	**98,60%**	2,36%	1,15%
Movimento Rápido	1,25%	**97,64%**	0,00%
Repouso	0,16%	0,00%	**98,85%**

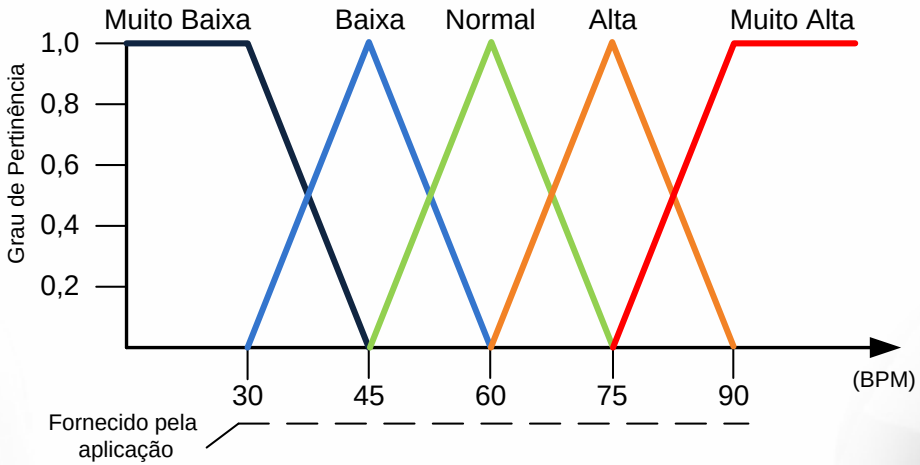
Total classificação correta: 98,32%

Base de dados de acelerômetros obtida de Kwapisz et al. 2011

Regra em Lógica Fuzzy

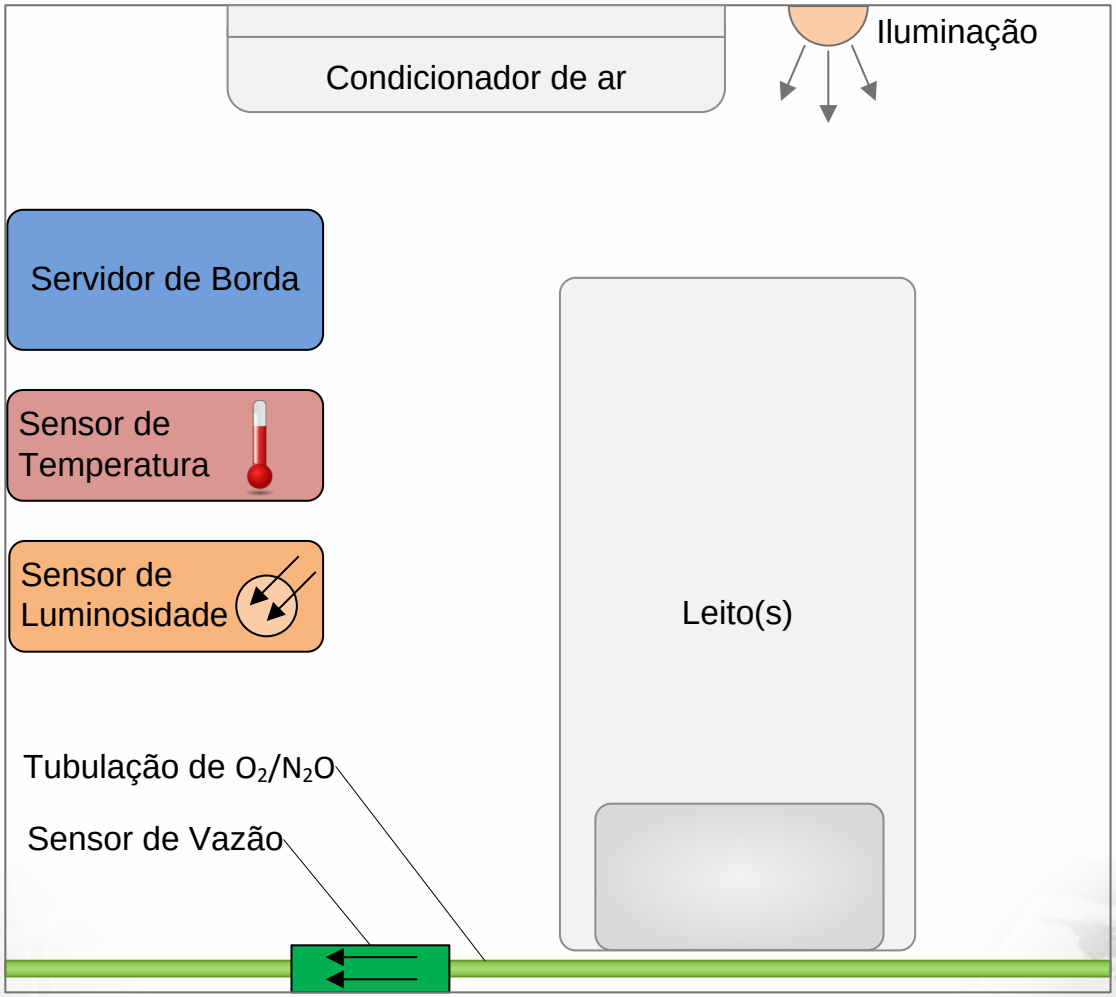
```
GET freq_cardiaca
IF freq_cardiaca IS muito_alta OR freq_cardiaca IS muito_baixa THEN
      risco IS alto
IF freq_cardiaca IS alta OR freq_cardiaca IS baixa THEN
      risco IS moderado
IF freq_cardiaca IS normal THEN
      risco IS baixo
```

Frequência Cardíaca em Domínio Fuzzy

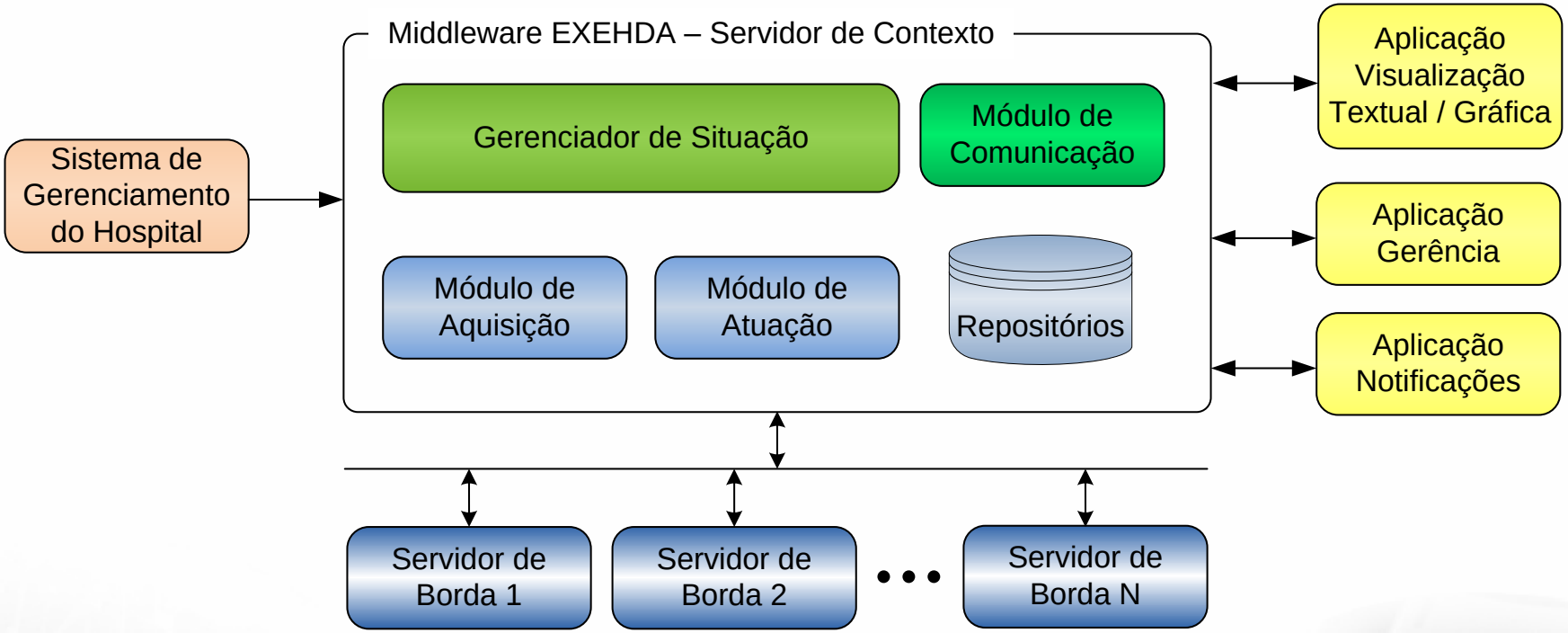


- **Gerencia de recursos em infraestruturas hospitalares:**
  - **Redução do custo** dos serviços;
  - **Aumento na qualidade** final do serviço prestado.
  - Minimizar desperdícios é uma demanda da Universidade Católica junto ao **Hospital São Francisco de Paula**;
  - Busca-se reduzir o desperdício de **oxigênio**, **óxido nitroso** e **energia elétrica**.
  - Geração de **perfis de demanda** dos recursos monitorados.

Ciência de Situação em Infraestrutura Hospitalar
Unidade de Monitoramento da Planta Hospitalar



Ciência de Situação em Infraestrutura Hospitalar
Principais Componentes Envolvidos

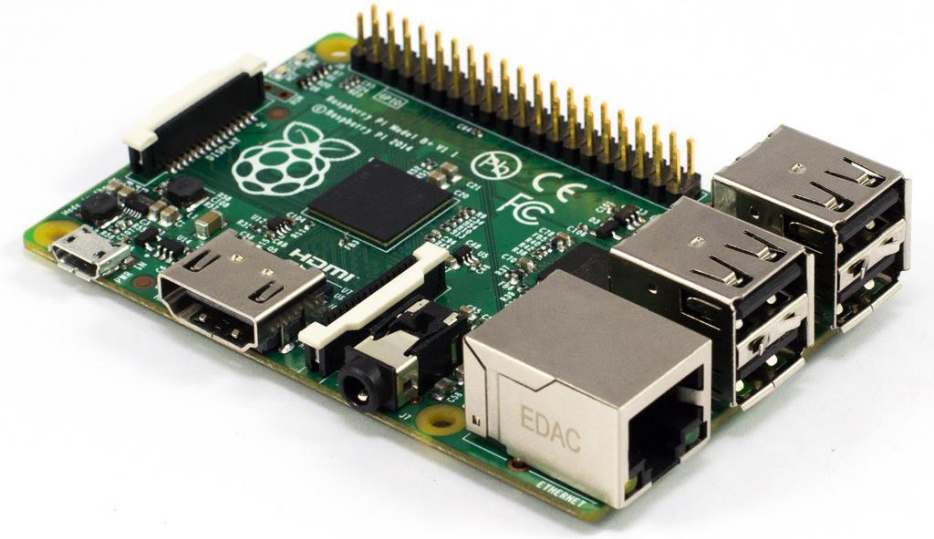


Dispositivos de Hardware Empregados

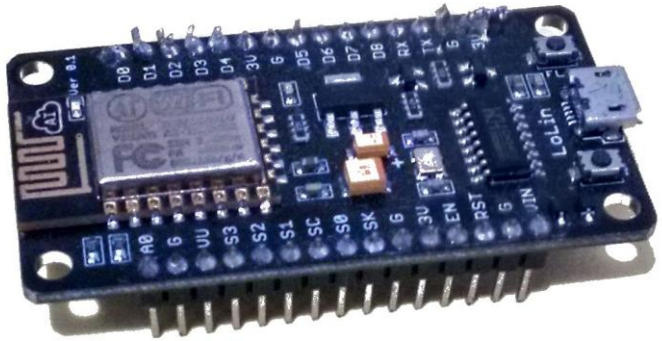
- Sensor de vazão de gás Honeywell HAFUHH0300L4AXT
  - Vazão de até 300 l/min – 60 PSI
  - Especificado para aplicações médicas
  - Comunicação I2C

Ciência de Situação em Infraestrutura Hospitalar
Dispositivos de Hardware Empregados

- Raspberry Pi Modelo B+
  - Servidor de Borda



- ESP8266 – NodeMCU
  - Interface com os sensores
  - Comunicação WiFi



Considerações Finais

Considerações Finais

- Em 2020 são previstos **40 bilhões** de dispositivos conectados. Nesse cenário aspectos de adaptação, e ciência de situação são fundamentais para potencializar o uso das informações geradas.
- O **processamento contextual** e a **ciência de situação** são **pouco exploradas** em *middlewares* para IoT.
- O **EXEHDA-IS** apresenta uma **abordagem híbrida** com programação ***dataflow*** para processamento contextual e identificação de situações.
- A identificação de situações no EXEHDA-IS ocorre exigindo **intervenção mínima** das aplicações ou usuários.
- Os **estudos de caso** mostram a relevância da arquitetura proposta frente a cenários de aplicação típicos da IoT.

Planejamento de Atividades

Atividade	Situação	Término
Revisões de conceitos e modos operacionais do EXEHDA.	Concluída	
Revisão bibliográfica sobre IoT.	Concluída	
Sistematização de conceitos relativos a ciência de situação.	Concluída	
Levantamento de trabalhos relacionados.	Concluída	
Concepção da arquitetura do EXEHDA-IS.	Concluída	
Definição dos estudos de caso.	Concluída	
Avaliação inicial da arquitetura proposta.	Concluída	
Integração da arquitetura concebida no middleware EXEHDA.	Em andamento	15/09/2016
Avaliação da arquitetura proposta utilizando os estudos de caso.	Em andamento	15/10/2016
Redação da versão final da dissertação.	A ser realizada	30/11/2016
Redação de artigos apresentando os resultados do trabalho.	A ser realizada	30/11/2016

Publicações Realizadas

- SCHEUNEMANN, D.; LOPES, J. L. B.; REISER, R.; YAMIN, A. C.; GEYER, C.Middleware Middleware Architecture for Supporting a Hybrid Processing of Context Data Targeted to Detection of Situations in Ubicomp. In: **12th International FLINS Conference - Conference on Uncertainty Modelling in Knowledge Engineeringand Decision Making**. Roubaix, France: FLINS, 2016.
- SCHEUNEMANN, D.; PARREIRA, W. D.; YAMIN, A. C.; LOPES, J. L. B.;GEYER, C.. Cardiac Rehabilitation: an IoT Architecture Exploring Situation Awareness Based on Open-Source Technologies. In: **XXXIV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais**. Santarém - PA: SBRT, 2016.
- SCHEUNEMANN, D.; LOPES, J. L. B.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. Uma Contribuição à Reabilitação Cardíaca Explorando a Identificação de Situações na IoT. In: **SEMISH – 43º Seminário Integrado de Software e Hardware**. Porto Alegre - RS:SEMISH, 2016. p. 1772–1782.
- SCHEUNEMANN, D.; LOPES, J. L. B.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. Identificação de Situações de Risco para Pacientes em Reabilitação Cardíaca Explorando uma Arquitetura de Software na Internet das Coisas. In**: WIM - XVI Workshop de Informática Médica**. Porto Alegre - RS: WIN, 2016. p. 1772–1782.
- SCHEUNEMANN, D.; LOPES, J. L. B.; YAMIN, A. C. Explorando o Processamento Híbrido de Contexto no Reconhecimento de Atividades. In**: XVI Escola Regional de Alto Desempenho do Estado do Rio Grande do Sul**. São Leopoldo -RS: ERAD/RS, 2016.
- SCHEUNEMANN, D.; YAMIN, A. C. Sistemas Ubíquos para Saúde: Uma Revisão de Técnicas para Consciência de Situação. In: **Salão Universitário UCPEL**. Pelotas- RS: UCPEL/RS, 2015.

Publicações Aguardando Revisão

- SCHEUNEMANN, D.; CARDOZO, A.; YAMIN, A. C.; LOPES, J. L. B.; SOUZA,R.; GEYER, C. eHealth in the IoT: an Architecture Combining Embedded and Distributed Systems. In: **ICECS - 23rd IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems**. Monte Carlo, Monaco: ICECS, 2016.
- SCHEUNEMANN, D.; LOPES, J. L. B.; ; REISER, R.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. Identificação de Situações em eHealth Explorando uma Abordagem Híbrida Baseada em Lógica Fuzzy e Árvore de Decisão. In: **IV CBSF - Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy**. Campinas - SP: CBSF, 2016.

Referências

- BELLAVISTA, P. et al. A survey of context data distribution for mobile ubiquitous systems. ACM Computing Surveys, v. 44, n. 4, p. 1–45, 2012. ISSN 03600300.
- CHIHANI, B.; BERTIN, E.; CRESPI, N. Programmable context awareness framework. Journal of Systems and Software, Elsevier Inc., v. 92, n. 1, p. 59–70, 2014. ISSN 01641212.
- FORKAN, A.; KHALIL, I.; TARI, Z. CoCaMAAL: A cloud-oriented context-aware middleware in ambient assisted living. Future Generation Computer Systems, Elsevier B.V.,v. 35, p. 114–127, 2014. ISSN 0167739X.
- KHODADADI, F.; DASTJERDI, A. V.; BUYYA, R. Simurgh: A framework for effective discovery, programming, and integration of services exposed in IoT. Recent Advances in Internet of Things (RIoT), 2015 International Conference on, n. April, p. 1–6, 2015.
- KWAPISZ, J. R.; WEISS, G. M.; MOORE, S. a. Activity recognition using cell phone accelerometers. ACM SIGKDD Explorations Newsletter, v. 12, p. 74, 2011. ISSN 19310145.
- LOPES, J. et al. A Distributed Architecture for Supporting Context-Aware Applicationsin UbiComp. 2014 IEEE 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, p. 584–590, 2014.
- MINERVA, R.; BIRU, A.; ROTONDI, D. Towards a definition of the Internet of Things (IoT).IEEE Internet of Things, n. 1, p. 1–86, 2015.

Referências

- NEGRÃO, C. E.; BARRETO, A. C. P. Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata.3. ed. Barueri, SP - Brazil: Manole, 2010. 725 p. ISBN 978-85-204-3075-0.
- RABELO, D.; GIL, C.; ARAÚJO, S. D. Reabilitação cardíaca com ênfase no exercício: uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 12, n. 5, p. 279–285, 2006.
- YE, J.; DOBSON, S.; MCKEEVER, S. Situation identification techniques in pervasive computing: A review. Pervasive and Mobile Computing, Elsevier B.V., v. 8, n. 1, p. 36–66,2012. ISSN 15741192.
- YUAN, B.; HERBERT, J. Context-aware hybrid reasoning framework for pervasive healthcare. Personal and Ubiquitous Computing, v. 18, n. 4, p. 865–881, 2014. ISSN 1617-4909.

Universidade Católica de Pelotas
Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação
Seminário de Andamento

Uma Arquitetura para Processamento Híbrido de Contexto Direcionada às Aplicações Cientes de Situação na IoT

Douglas Adalberto Scheunemann
(UCPEL) {scheunemann.d.a@gmail.com}

Adenauer Corrêa Yamin (Orientador)
(UCPEL/UFPEL)

João Ladislau Lopes (Colaborador)
(UFRGS/IFSUL)

Pelotas, agosto de 2016