

Odin: Um Modelo para coleta adaptativa de sinais vitais

Jorge A. S. Aranda¹, Lucas P. S. Dias¹, Juliano V. de Carvalho², Adenauer C. Yamin³, Mauricio C. Tavares⁴, Jorge L.V. Barbosa¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) Av. Unisinos, 950 – São Leopoldo – RS – Brasil

²Instituto de Ciências Criativas e Tecnológicas – Universidade Feevale ERS239,2755 - Novo Hamburgo – RS – Brasil

³Mestrado em Eletrônica e Computação (MEEC) Universidade Católica de Pelotas (UCPel) – Pelotas – RS – Brasil

⁴Contronic Sistemas Automáticos – Rudi Bonow, 275 – Pelotas – RS – Brasil

jorgearthurs@hotmail.com, lucaspsfsd@gmail.com, julianovc@feevale.br, adenauer.yamin@ucpel.edu.br, mauricio.tavares@contronic.com.br, jbarbosa@unisinos.br

Abstract. *With the advancement of communication technology, wearable devices have emerged which periodically monitor a user's vital signs. The present work aims to propose a model of vital signs collection called Odin. Odin in comparison to related works is the only one that presents an adaptive collect of vital signs, which enables a generation of historical contexts. The adaptability changes the time between collects and in the activation or deactivation of sensors in wearable devices. Odin's evaluation was based on a simulation with requests control to optimize the parameters of the collection. This optimization results in a 214% increase in battery life in a proposed scenario compared to a collection without adaptivity.*

Resumo. *Com o avanço da tecnologia para embarcados e de comunicação, surgiram os dispositivos vestíveis que monitoram sinais vitais de um usuário. Este artigo propõe um modelo de coleta de sinais vitais chamado Odin. O Odin em comparação aos trabalhos relacionados é o único que apresenta uma coleta adaptativa de sinais vitais, permitindo a geração de históricos de contextos otimizados. A adaptação atua no tempo de espera entre coletas e na ativação ou desativação de sensores de um vestível. O Odin foi avaliado através de uma simulação baseada em controle de requests aperfeiçoando os parâmetros de coleta, essa otimização resultou em um aumento no tempo de duração da bateria em 214%, comparado a uma coleta sem adaptação.*

1. Introdução

O desenvolvimento de dispositivos de monitoramento de saúde, a miniaturização dos dispositivos eletrônicos, por decorrência dos avanços na microeletrônica de baixo consumo de energia, bem como a disponibilidade crescente de redes sem fio, possibilita uma oportunidade para melhoria dos serviços de atendimento de qualidade para pacientes e profissionais da área de saúde. Além disso, como a população mundial está

envelhecendo [United Nations 2017], há uma demanda por cuidados médicos de qualidade em qualquer ambiente. As soluções de saúde móvel desempenham um papel importante na coleta de dados para monitorar o estado do paciente e podem reduzir o custo dos serviços médicos. Embora esforços significativos tenham sido dedicados a melhorar a arquitetura e a conectividade entre dispositivos [Jones et al. 2006], menos atenção foi dedicada ao desenvolvimento de técnicas analíticas para avaliar o estado de saúde atual das pessoas monitoradas.

A computação ubíqua pode facilitar [Barbosa 2015] tarefas que necessitam de computação invisível aos usuários. A computação ubíqua pode ser considerada uma extensão da computação móvel, pois a mesma herda parte de suas características, como transparência e sensibilidade ao contexto [Satyanarayanan 2001]. Tratando-se de contextos os mesmos podem ser considerados entidades dentro de sistemas computacionais, estes contextos podem ser pessoas (indivíduos, grupos), sinais vitais (batimentos cardíacos, temperatura corporal) ou coisas (dispositivos vestíveis, recursos computacionais). Estes itens podem possuir atributos, como uma identidade (identificação única), *status* (referente às propriedades de cada entidade) e tempo (para definir a ordenação que os eventos ocorrem) [Barbosa et al. 2018, Dey et al. 2001].

Conforme Wagner et al. [2014], a adaptação em contextos deve se basear nas informações disponibilizadas de forma a compreender a situação do usuário. Porém apenas o contexto atual pode não fornecer a totalidade de informação necessárias, por isso é importante saber a história dos contextos onde a entidade está inserida. Esse tipo de informação pode ajudar uma aplicação a se adaptar ao usuário.

Este artigo apresenta o modelo Odin que realiza análises em tempo real de dados fisiológicos para monitorar as condições de saúde dos usuários, atuando sobre os parâmetros de coleta de sinais vitais. Os históricos de contextos fisiológicos são analisados, permitindo que a coleta se adapte. A adaptação de sinais vitais consiste em efetuar mais coletas em caso de alterações de sinais vitais estratégicos e menos coletas quando o usuário estiver em uma situação regular, esta adaptação proposta é chamada de Adaptação de Tempo de Espera (ATE). O usuário pode ter dispositivos vestíveis com mais de um sensor de sinais vitais. Um destes sensores ou mais poderá ser o sensor principal (SP) e o restante os sensores secundários (SS), a adaptação permite iniciar a coleta de SS de acordo com o status do SP. Em uma situação regular apenas o sensor principal efetua a coleta de sinais vitais enquanto os sensores secundários ficam em estado de pausa. De acordo com o contexto de sinais vitais do usuário estes sensores podem ficar ativos ou voltar para o estado de pausa automaticamente, esta segunda adaptação proposta é chamada de Adaptação de Sensores em Pausa (ASP).

Para que os dois tipos de adaptações sejam efetuados é necessário a utilização de regras que são baseadas nos padrões de referência de valores de sinais vitais proposto pelo Ministério da Saúde [Ministério da Saúde 2003]. A representação destas regras será baseada em uma ontologia proposta na seção 3.2.

Tendo como base a revisão bibliográfica apresentada na seção de trabalhos relacionados, a contribuição científica do Odin consiste em adaptar a coleta de sensores fisiológicos para formação otimizada de um histórico de contextos de sinais vitais. Este artigo está dividido em cinco seções. A segunda seção aborda os trabalhos relacionados. A terceira

e quarta seções abordam o modelo proposto e uma simulação utilizada para avaliação. Por fim a seção cinco apresenta as conclusões do trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

O Odin é um modelo de coleta e análise de sinais vitais para a composição de históricos de contextos, usando a adaptação para otimização do armazenamento. Para a seleção dos trabalhos relacionados foi efetuada uma busca pelos termos “*Physiological Data*” e “*Smart Environments*” como termos principais e “*Health Data*”, “*Biometric Data*” e “*Ubiquitous Environment*” como sinônimos. A busca se deu em bases de dados de artigos de computação e saúde (*ACM Digital Library, IEEE Xplore, JMIR, Springer Link, e Pubmed*). Na busca inicial foram encontrados 5032 trabalhos e após um processo de filtragem foram reduzidos a 25. Desta seleção final os cinco artigos a seguir foram selecionados, por estarem mais alinhados com o modelo proposto neste trabalho.

2.1. Trabalhos com análise de dados

O estudo de Furberg et al. [2017] introduz um modelo para monitorar policiais em serviço. A aplicação determina possíveis situações de estresse, permitindo que o comandante da missão acompanhe os sinais vitais de seus subordinados.

No artigo apresentado por Silva et al. [2017] foi proposto o desenvolvimento de um middleware para controle de dados coletados de dispositivos de *IoT* (*Internet of Things* – Internet das coisas). O middleware controla as requisições e faz a reordenação de pacotes de requisições de coletas de sinais vitais, otimizando o uso da bateria dos dispositivos de *IoT*.

O estudo de Fernandes et al. [2017] propõe um *framework* baseado em agentes para monitoramento de sinais vitais. Os agentes agem de maneira automatizada para coletar, criar um histórico de contexto de sinais vitais do usuário e alertar pessoas designadas em caso de alguma alteração encontrada.

O trabalho de Ferrigo et al. [2018] é voltado para análise em tempo real de arritmias cardíacas. Através de uma constante análise de ECG (Eletrocardiograma) e através de diversos métodos de classificação foi possível uma acurácia de diagnóstico de arritmia cardíaca de até 90%.

Choi e Shin [2018] desenvolveram uma plataforma para serviços personalizados com dados de *IoT* para cuidados de saúde. Eles usam o conceito de *PHR* (*Personal Health Records* – Registro de Saúde Pessoal) para classificar os dados. Este conceito consiste no usuário gerenciar seus próprios dados de saúde sem depender de hospitais ou clínicas. A arquitetura apresentada permite coletar dados fisiológicos e baseado no perfil do usuário determinar o nível de risco em tempo real.

2.2. Comparação de trabalhos relacionados

Na Tabela 1 estão comparadas as principais características dos trabalhos relacionados, sendo que nenhum contempla coleta adaptativa. Desta forma um aspecto central da contribuição científica do Odin consiste na coleta adaptativa de sinais vitais, permitindo a composição otimizada de históricos de contextos.

Tabela 1. Comparativo de trabalhos relacionados

	Otimiza o uso de bateria dos dispositivos?	Guarda dados mesmo sem conexão com a Internet?	Envia Alertas?	Gera histórico de contexto de sinais vitais do usuário?	Efetua coleta que se adapta ao usuário?
Odin	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Furberg et al. (2017)	Não	Não	Não	Sim	Não
Silva et al. (2017)	Não	Não	Não	Sim	Não
Fernandes et al. (2017)	Não	Não	Não	Sim	Não
Ferrigo et al. (2018)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Choi e Shin (2018)	Não	Não	Não	Sim	Não

3. Modelo Odin

A arquitetura do Odin, neste artigo, é representada através da modelagem unificada (UML) com definições propostas no padrão arquitetural (TAM) da SAP [SAP 2007]. O diagrama de componentes do Odin, conforme Figura 1, é composto por quatro módulos: *Agentes*, *Backend*, *Frontend* e *Database*. O módulo de *Agentes* está relacionado à interação com os dispositivos de coleta de sinais vitais. O módulo de *Backend* consiste no *Controller* de regras, de notificações e de sinais vitais. Estes *Controllers* permitem o acesso aos históricos de contextos armazenadas no módulo *Database*. O *Frontend* possui as *Views* de regras, de sinais vitais e de alerta, estas *Views* são responsáveis para exibir as informações para o usuário. Por fim o módulo *Database* armazena os históricos de contextos dos usuários, assim como suas informações pessoais e regras, que são representadas através de uma ontologia.

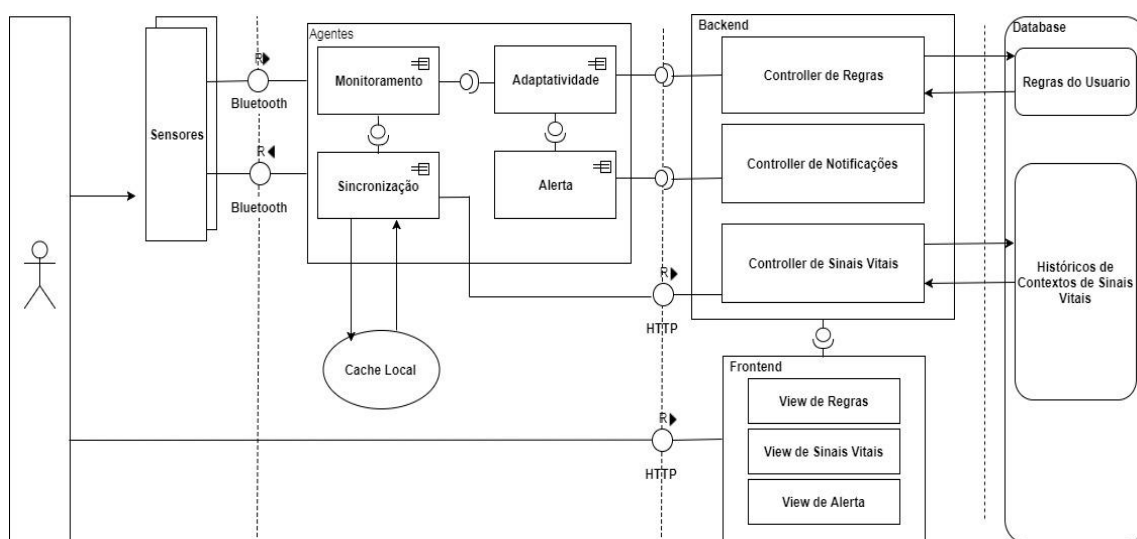


Figura 1. Arquitetura do Odin.

3.1. Organização Multiagentes do Odin

Por definição, agentes executam tarefas computacionais de forma autônoma, tomando decisão baseado em regras ou parâmetros [Niazi e Hussain 2011]. Os agentes do Odin foram modelados através da metodologia *Prometheus* [Padgham e Winikoff 2004]. A Figura 2 apresenta o diagrama de visão geral do sistema, no qual cada agente é descrito com sua percepção e ações.

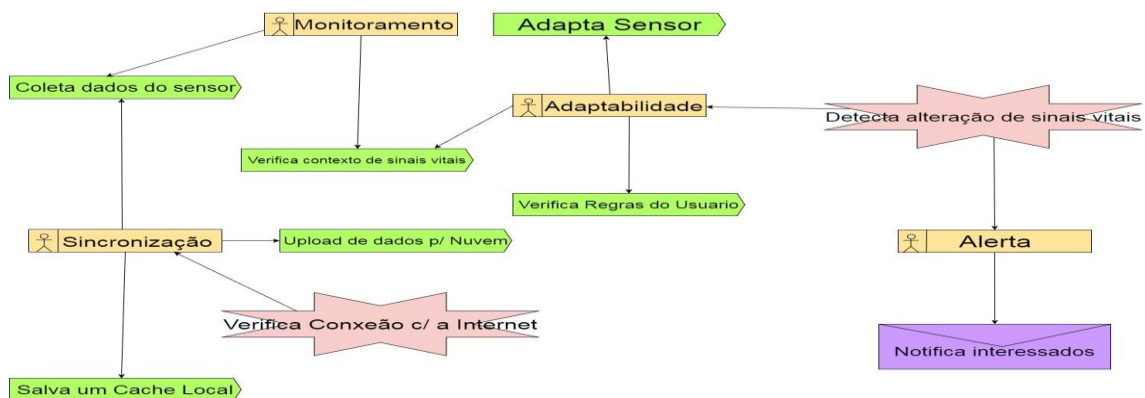


Figura 2. Visão da Organização Multiagentes do Odin.

Os agentes são **Monitoramento**, **Sincronização**, **Alerta** e **Adaptatividade**. O agente de Monitoramento é responsável por toda a interface de comunicação com os sensores, disponibilizando a informação coletada para os demais agentes. O agente de Sincronização verifica a conexão com o servidor. Se a conexão está disponível os dados de sinais vitais coletados são sincronizados, caso a conexão não esteja disponível, os dados são armazenados em uma cache local e tão logo seja disponibilizada a conexão com o servidor, os dados coletados são sincronizados. O agente de Alerta exibe notificações ao usuário de acordo com as adaptações que estão sendo efetuadas pelo agente de Adaptatividade. No Odin o intervalo de coleta para sinais vitais regulares, bem como os possíveis intervalos de coleta a medida que os sinais vitais variam, são específicos para cada usuário, e são definidos sob a supervisão do profissional de saúde que o acompanha.

O agente de Adaptatividade efetua dois tipos de adaptações. O primeiro tipo de adaptação ocorre através da alteração do parâmetro de tempo de coleta na qual é chamado de Adaptação no Tempo de Espera (ATE). O segundo tipo de adaptação, consiste em acionar um ou mais sensores secundários que porventura estejam em estado de pausa, esta adaptação tem o nome de Adaptação de Sensores em Pausa (ASP).

3.1.1 Adaptação de Tempo de Espera

Se os sinais vitais saírem dos valores considerados regulares, o agente altera a periodicidade de coleta do sensor para uma maior frequência. Se estes valores continuarem a progredir em direção oposta aos valores regulares, o tempo de espera entre coletas é diminuído ainda mais. Quanto mais próximo dos valores regulares de sinais vitais a coleta estiver, maior será o tempo de espera entre uma nova coleta. Com os valores dentro do limiar de valores regulares a coleta atinge o tempo de espera máximo. Todas estas alterações são efetuadas automaticamente pelo agente de Adaptatividade.

3.1.2 Adaptação de Sensores em Pausa

Se o usuário possuir um dispositivo vestível com mais de um tipo de sensor de sinais vitais, um ou mais destes sensores podem ser definidos como SP e o restante como SS. Nesta adaptação a regra aplicada fica a critério do usuário, permitindo que este SS apenas seja acionado quando um SP estiver fora do limiar de sinais vitais regulares. A

ASP irá iniciar ou pausar um SS de acordo com o contexto fisiológico do usuário de maneira automatizada.

3.2. Ontologia de Regras

As entidades, recursos e regras foram representadas através da ontologia apresentada na Figura 3. A classe Usuário representa um indivíduo. Esta classe possui 5 subclasses, que são chamadas de Temperatura Corporal, Pressão Arterial, Batimentos Cardíacos, Fluxo Respiratório e Nível de Dor. Em uma situação de emergência estes 5 sinais vitais são os primeiros a serem avaliados [Ministério da Saúde 2003]. Estas subclasses contemplam os sinais vitais de um usuário. Os tipos de estado de cada sinal vital foram adicionados como instâncias. A subclasse Temperatura Corporal possui os seguintes tipos: febre (temperatura corporal elevada), hipotermia (temperatura corporal baixa) ou temperatura corporal regular. A subclasse Pressão Arterial possui os tipos: hipertensão (pressão arterial elevada), hipotensão (pressão arterial baixa) ou pressão arterial regular. Já a subclasse Fluxo Respiratório possui os tipos: eupneia (respiração normal), dispneia (respiração dificultada) e apneia (ausência de respiração). A subclasse Nível de Dor possui os tipos, sem dor, dor moderada e dor intensa. Por fim a subclasse Batimentos Cardíacos possui os tipos: taquicardia (Batimentos cardíacos elevados), bradicardia (batimentos cardíacos baixos) ou batimentos cardíacos regulares. A padronização dos tipos e valores de sinais vitais segue as definições propostas pelo Ministério da Saúde [2003].

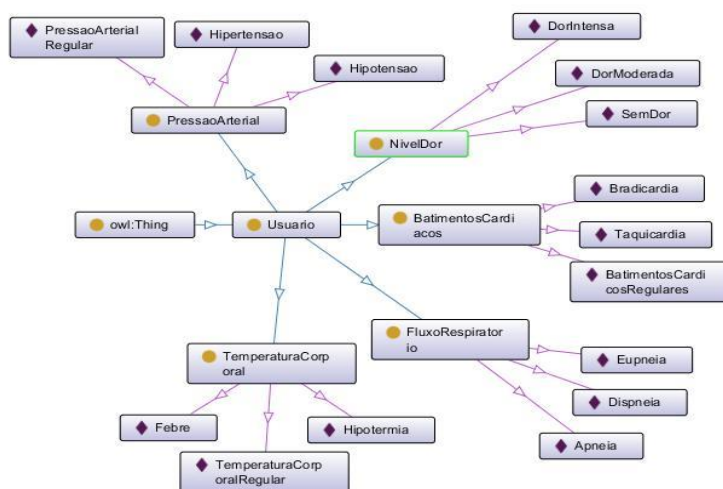


Figura 3. Ontologia de Regras de sinais vitais.

4. Avaliação

Para a avaliação de aplicações ubíquas e sistemas sensíveis ao contexto, uma das alternativas é a utilização de cenários [Satyanarayanan 2001, Barbosa et al. 2018]. Fazendo uso dessa estratégia, foram criados 2 cenários simulados para a avaliação do Odin. Os dados de coleta de sinais vitais foram gerados através de uma simulação. Nestes cenários considera-se o uso de um app para dispositivos móveis chamado Odin App e um servidor para acesso e armazenamento dos históricos de contextos de sinais vitais. Para esta simulação foram usadas algumas definições. Cada coleta de sinais vitais efetuada consome 0,1% de bateria. O tempo de espera entre as coletas foi definido como

30 segundos para um valor normal de sinais vitais (estado regular), 15 segundos para uma condição de até 20% fora do limiar normal de sinais vitais (estado de atenção) e 6 segundos para uma condição acima de 20% do limiar normal de sinais vitais (estado grave). O estado regular de sinais vitais leva em conta o padrão de referência proposto pelo Ministério da Saúde [2003].

4.1. Cenário 1

"José de 66 anos tem reclamado ao seu médico que de maneira esporádica sente sintomas de taquicardia que desaparecem após alguns minutos. Durante a consulta, o médico não consegue identificar nenhuma alteração nos seus batimentos cardíacos impedindo o diagnóstico da condição de saúde de José. Como José possui histórico de doenças cardíacas na família, o médico então sugere a José que use um dispositivo vestível com monitor de batimentos cardíacos em conjunto ao Odin app no seu smartphone, uma vez que a suspeita da condição de José acontece de forma intermitente. José usa a alternativa proposta pelo médico e algumas horas após a consulta José sente novamente os sintomas mencionados. O médico acessa os dados fisiológicos de José através do Odin app em seu *smartphone*, localiza José na lista de pacientes e analisa seus históricos de contextos verificando um quadro de arritmia, podendo diagnosticar e indicar um tratamento correto para José. José conseguiu mostrar a alteração fisiológica intermitente ao médico que por sua vez conseguiu entender o problema e efetuar um diagnóstico possivelmente mais acertado."

A tabela 2 exibe a dinâmica do cenário com as entidades e as ações.

Tabela 2. Dinâmica do primeiro Cenário

Entidade	Ação
José	Inicia o monitoramento cardíaco a partir de um dispositivo vestível.
Odin App	Armazena a coleta de sinais vitais de José no servidor.
José	Começa a sentir os sintomas de taquicardia relatados ao médico.
Odin App	Adapta a coleta de acordo com a gravidade dos sinais vitais coletados. Verifica a conexão com o servidor, sincroniza as coletas e notifica José e seu médico.
José	Sintomas de taquicardia cessam.
Odin App	Adapta a coleta ao estado regular.
José	Sente novamente os sintomas de taquicardia.
Odin App	Adapta a coleta de acordo com a gravidade dos sinais vitais coletados novamente. Sincroniza os valores e notifica José e seu médico.
Médico	Médico analisa o padrão de alterações de sinais vitais e diagnostica José.

4.2. Cenário 2

"Rachel 27 anos costuma praticar corrida quase todos os dias em ambientes externos. Porém Rachel mora em uma localidade em que as temperaturas chegam a valores negativos. Ela não abre mão de correr mesmo com essa adversidade. Infelizmente Rachel já sofreu com alguns quadros iniciais de hipotermia devido a prática do seu esporte. Rachel possui um dispositivo vestível de monitoramento cardíaco, este dispositivo também monitora a temperatura corporal. Para evitar novos quadros de hipotermia, Rachel utiliza seu dispositivo vestível em conjunto com o Odin App. Rachel determina no app que os batimentos cardíacos serão seu sensor principal e a temperatura seu sensor secundário. Quando Rachel começa a correr seu batimento cardíaco aumenta o que faz o Odin App tirar o sensor secundário de pausa, no caso o sensor de temperatura corporal, iniciando assim seu monitoramento. Quando a temperatura sai de um estado regular de sinais vitais Rachel é notificada pelo Odin app. Rachel interrompe a prática do esporte evitando entrar em um quadro de hipotermia. Por conta da adaptação da coleta de sinais vitais Rachel conseguiu monitorar sua temperatura em um contexto específico. A adaptação da coleta de sinais vitais, teve por consequência o aumento da autonomia de bateria do vestível, diminuindo a necessidade de Rachel ficar constantemente carregando o dispositivo."

A Tabela 3 exibe a dinâmica de ações do cenário 2.

Tabela 3. Dinâmica do segundo Cenário

Entidade	Ação
Rachel	Inicia o monitoramento cardíaco a partir de um dispositivo vestível e começa a correr.
Odin App	Identifica o aumento de batimentos cardíacos, adapta a coleta e inicia a coleta de temperatura corporal.
Rachel	Sente que o frio está aumentando.
Odin App	Verifica que a temperatura corporal de Rachel está saindo do estado regular. Envia uma

	notificação para Rachel.
Rachel	Recebe a notificação em seu dispositivo móvel e para a atividade.
Odin App	O fim do treino reduz os batimentos cardíacos. A coleta entra em estado regular com o sensor primário. A coleta de temperatura é interrompida, colocando o sensor secundário em pausa.

4.3. Discussão de Resultados

Através da aplicação dos cenários foi possível verificar dois resultados. No cenário 1 o médico pode analisar através dos históricos de contextos, quanto tempo José ficou em cada condição conforme Figura 4. No cenário 2, foi possível identificar quanto tempo Rachel ficou com risco de hipotermia. Temperatura neste cenário foi um SS e somente era acionado quando o SP (batimentos cardíacos) saía dos padrões regulares de acordo com a Figura 5.

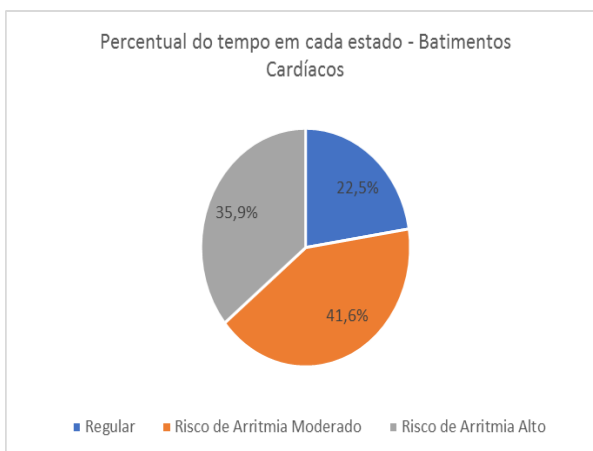


Figura 4. José em cada estado.

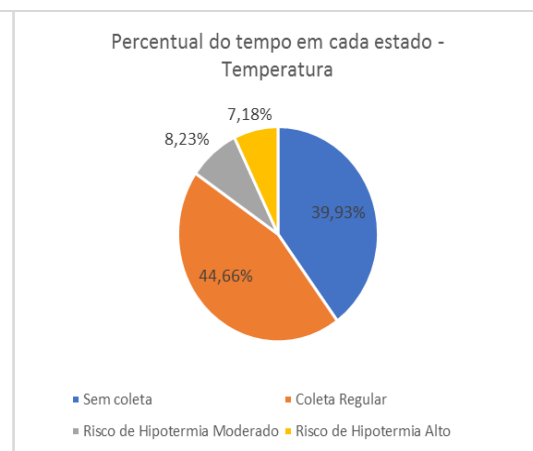


Figura 5. Rachel em cada estado.

Por consequência da adaptação a autonomia de bateria dos dispositivos mencionados nos cenários 1 e 2 foi aumentada. No primeiro cenário houve um aumento de 214%, já no segundo cenário foi encontrando um aumento de 264% de autonomia de bateria quando comparado a coleta de sinais vitais sem adaptação conforme ilustrado pela Figura 6.

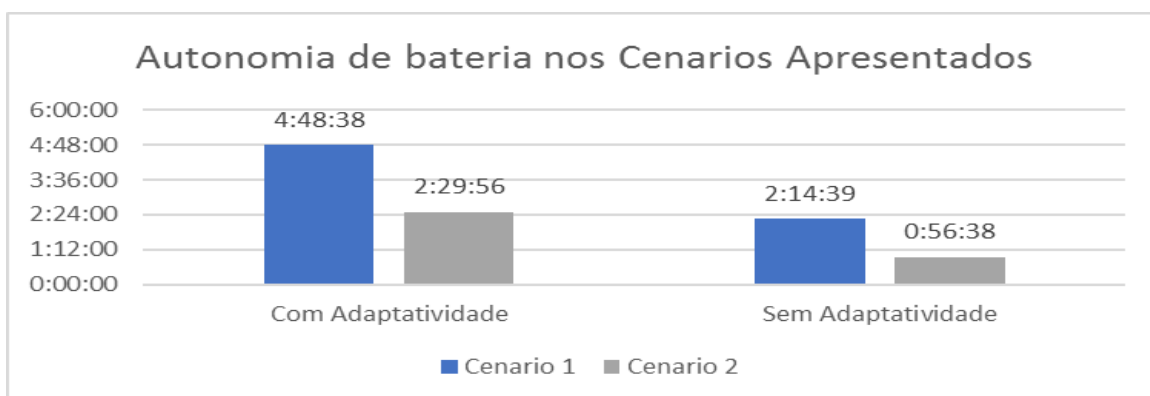


Figura 6. Autonomia de Bateria.

5. Conclusão

Este artigo propôs um modelo denominado Odin para coleta adaptativa de sinais vitais. Dentre outros aspectos, o Odin contribui para geração otimizada de históricos de

contexto de sinais vitais, bem como contribui para o tempo de vida da bateria dos dispositivos vestíveis empregados no monitoramento. Para a criação do modelo, foram levados em conta os trabalhos relacionados, de forma a encontrar funcionalidades ainda não oferecidas como a coleta de sinais vitais que se adapta ao usuário.

Ao realizar a avaliação foi possível identificar quanto tempo o usuário fica em uma possível situação de risco através da análise dos históricos de contextos de sinais vitais, uma vez que este histórico é alimentado pela coleta adaptativa de dados fisiológicos. Parâmetros especializados poderiam trazer melhores soluções para problemas específicos de acordo com a necessidade do usuário. Esses parâmetros podem ser inseridos como regras, permitindo um ganho na análise e na adaptação da coleta dos dados de sinais vitais.

O Odin é um trabalho em andamento no Mobilab (Laboratório de Computação Móvel da Unisinos), e como principal trabalho futuro se pretende avaliar o Odin através de um protótipo desenvolvido para dispositivos móveis como *smartphones e tablets*, permitindo a validação dos resultados gerados pelo Odin em um ambiente real.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Universidade Feevale e a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) pelo apoio ao desenvolvimento desse trabalho. Os autores reconhecem especialmente o apoio do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA) e do Laboratório de Computação Móvel (Mobilab) da Unisinos.

Referências

- Barbosa, J. L. V. (2015). Ubiquitous computing: Applications and research opportunities. In *2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ICCIC.2015.7435625>
- Barbosa, J., Tavares, J., Cardoso, I., Alves, B., & Martini, B. (2018). TrailCare: An indoor and outdoor Context-aware system to assist wheelchair users. *International Journal of Human-Computer Studies*, 116:1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.04.001>
- Choi, A., Shin, H. (2018). Longitudinal Healthcare Data Management Platform of Healthcare IoT Devices for Personalized Services. *Journal of Universal Computer Science*, 24:1153–1169. <https://doi.org/10.3217/jucs-024-09>.
- Dey, A., Salber, D. and Abowd, G. (2001). A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware application, *Human-Computer Interaction*, 16(2): 97–166. http://dx.doi.org/10.1207/S15327051HCI16234_02.
- Fernandes, C. O., Lucena, C. J. P. De. (2017). A Software Framework for Remote Patient Monitoring by Using Multi-Agent Systems Support. *Journal of Medical*

Internet Research Medical Informatics, 5(1): e9.
<https://doi.org/10.2196/medinform.6693>

- Ferrigo, S. F., Costa, C. A., Righi, R. R. (2017). Um Middleware para Gerenciamento de Sensores de Saúde Corporais em Dispositivos Móveis. In: *9º Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP)*, 868-877, 2017, São Paulo. Anais do CSBC 2017, 2017.
- Furberg, R. D., Taniguchi, T., Aagaard, B., Ortiz, A. M., Hegarty-Craver, M., Gilchrist, K. H., & Ridenour, T. A. (2017). Biometrics and Policing: A Protocol for Multichannel Sensor Data Collection and Exploratory Analysis of Contextualized Psychophysiological Response During Law Enforcement Operations. *Journal of Medical Internet Research Protocols*, 6(3): e44.
<https://doi.org/10.2196/resprot.7499>
- Jones, V., Halteren, A., Widya, I., Dokovsky, N., Koprinkov, G., Bults, R., Micheli-Tzanakou, E. (2006). Mobihealth: Mobile Health Services Based on Body Area Networks (pp. 219–236). https://doi.org/10.1007/0-387-26559-7_16
- Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde. Projeto de Profissionalização dos Trabalhadores da Área de Enfermagem (2003). 2ª edição, 1ª reimpressão. - Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. ISBN 85-334-0539-1. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/profae/pae_cad3.pdf>. Acesso em: 17 Mar. 2019.
- Niazi, M., & Hussain, A. (2011). Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based Models: a visual survey. *Scientometrics*, 6:479–499.
<https://doi.org/10.1007/s11192-011-0468-9>
- Padgham, L., Winikoff, M. (2004). *Developing Intelligent Agent Systems: A Practical Guide*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- SAP. Standardized Technical Architecture Modeling, (2007). Disponível em: <http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM_Standard.pdf>. Acesso em: 17 Mar. 2019.
- Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: vision and challenges. *IEEE Personal Communications*, 8(4), 10–17. <https://doi.org/10.1109/98.943998>
- Silva, A.P.N., Aquino-Junior, G.S., Xavier-Júnior, J., Barreto, C.A.S. (2018). A cardiac arrhythmia monitoring platform based on feature selection and classification methods. In: *10º SBCUP – Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva*, 9-19. 2018.
- Wagner, André; Barbosa, Jorge L. V.; Barbosa, Débora N. F. (2014). A model for profile management applied to ubiquitous learning environments. *Expert Systems with Applications*, v. 41, p. 2023-2034, 2014.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2017). World Population Prospects The 2017 Revision Key Findings and Advance Tables. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf>. Acesso em: 17 Mar. 2019.