



PROPOSTA DE PROTÓTIPO DE MONITOR DE TEMPERATURA CORPORAL UTILIZANDO SOFTWARE EMBARCADO E TEMPO REAL BASEADO EM COMPUTAÇÃO UBÍQUA

Douglas C P Alencar – douglascaetano14@gmail.com

Daniel Prado Rodrigues – dennydaniel@hotmail.com

Erick Seigi Koda – eskoda9@gmail.com

Luciano Paranhos – dr.lupa@gmail.com

Rodrigo Campos Lossio – mobile.rcl@gmail.com

Marcelo Nogueira – marcelo@noginfo.com.br

UNIP – Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos

Rua Antônio Macedo, 505, Parque São Jorge

03087-040 – São Paulo – São Paulo

Resumo: Por conta da superlotação dos hospitais no Brasil, erros médicos são comuns na hora de diagnosticar os pacientes, isso pode ocorrer pelo simples fato de não haver profissionais suficientes em hospitais ou por conta do alto custo de equipamentos de apoio. Com os modernos dispositivos de rede sem fio é possível implementar tecnologias para suportar muitas áreas, inclusive médica. Através de uma pesquisa bibliográfica foi possível identificar que: a computação ubíqua é um ramo da computação que tem como princípio permitir que a interação homem-máquina esteja cada vez mais presente na vida dos usuários. Essa área apresentou importantes avanços nas últimas décadas devido ao desenvolvimento de técnicas experimentais e descobertas de novas estruturas no ramo computacional, demonstrando a relevância da temática. Portanto, foi elaborada uma proposta de construção de um protótipo de monitor de temperatura corporal utilizando software embarcado e tempo real baseado em computação ubíqua.

Palavras-chave: *Software Embarcado e Tempo Real, Computação Ubíqua, Computação Física, Monitor de Temperatura.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o crescimento de tecnologias e estudos aprofundados em microprocessadores, dispositivos de rádio frequência, *smartphones*, computadores locais e pessoais tornou-se possível obter um número grande de informações para um determinado usuário em tempo real. O uso de novas tecnologias tem apoiado a ampliação da expectativa de vida da população, por propiciar a melhoria da qualidade assistencial. No entanto, a elevação dos custos tem impactado o governo e a população, principalmente os usuários/consumidores e empresas de convênios, autogestão e de planos de saúde (BORBA, 2006).



No caso do processo de monitoramento de temperatura de seres humanos internados em hospitais, faz com que a equipe médica realize manualmente medições periódicas e, mesmo assim, este monitoramento corre o risco de não ser feito de maneira adequada e no tempo necessário, pois em casos específicos os pacientes podem ter alterações bruscas de temperatura fazendo com que muitas vezes não sejam detectadas pelos profissionais no tempo certo, podendo ocasionar riscos para o paciente.

O objetivo deste trabalho é realizar pesquisa bibliográfica para obter informações da temática de computação física, computação ubíqua suas relações com os seres humanos e sobre a temperatura humana suas causas e riscos mais comuns.

2. Referencial Teórico

2.1 Computação Ubíqua

O termo Computação Ubíqua é usado para descrever a onipresença da computação. O mesmo foi usado pela primeira vez em 1988 pelo cientista americano Mark D. Wiser (1952 – 1999).

A Computação Ubíqua muitas vezes conhecida por UbiComp (do inglês *Ubiquitous Computing*) é considerado a próxima “onda” da computação após a fase do computador-pessoal (WISER, 1991).

A primeira “onda” na era da computação foram os mainframes, muitas pessoas compartilhando o mesmo computador. A segunda onda é a do computador pessoal, a que estamos hoje, um computador para uma pessoa. A internet realiza uma transação com a computação distribuída. A terceira onda, a computação ubíqua, ou a era da *calm technology* (“tecnologia calma”, em português) (WEISER & BROWN, 1996), descrita como a crescente integração das tecnologias de informação nas mais variadas situações do cotidiano (JOSÉ, 2011), e a tecnologia se torna parte de nossas vidas (KELLER *et al.*, 1999).

A idéia de *calm technology* construída por Wiser e Brown em *Designing Calm Technology* é aquele que informa, mas não exige nosso foco ou atenção (WISER & BROWN, 1991).

Ou seja, a era da computação ubíqua, chamada por Wiser de *calm technology* é a sofisticação na habilidade de interação do homem-máquina fazendo com que esta se torne parte essencial da vida cotidiana do ser humano.

“As tecnologias mais profundas e duradouras são aquelas que “desaparecem”. Elas dissipam-se nas coisas do dia-a-dia até tornarem-se indistinguíveis” (WISER, 1991).

2.2 Computação Pervasiva

A computação ubíqua utiliza as vantagens da Computação Pervasiva e da Computação Móvel para ser contextualizada.

A computação pervasiva é constituída por vários dispositivos espalhados pelo ambiente, cada qual, com sua função específica, de forma perceptível ou imperceptível (RIBEIRO, 2009).

A computação pervasiva muitas vezes é confundida ou usada como sinônimo da computação ubíqua, mas os dois têm conceitos distintos. A palavra *ubiquu*, latim para ubíquo, significa “que está ao mesmo tempo em toda parte”. Já o termo inglês *pervasive*, significa “que existe em todo lugar”.

Grande parte dos autores considera a computação pervasiva como parte da computação ubíqua, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Computação Ubíqua (RIBEIRO, 2009)

2.3 Computação Móvel

A computação móvel baseia-se no aumento da nossa capacidade de mover fisicamente serviços computacionais consigo, ou seja, o computador torna-se um dispositivo sempre presente que expande a capacidade de um usuário utilizar os serviços que um computador oferece, independentemente de sua localização. Combinada com a capacidade de acesso, a computação móvel tem transformado a computação numa atividade que pode ser carregada para qualquer lugar (ARAÚJO, 2003).

A Figura 2, mostra a relação entre computação ubíqua, computação pervasiva e computação móvel, levando em consideração o Grau de Imersão Computacional e o Grau de Mobilidade:

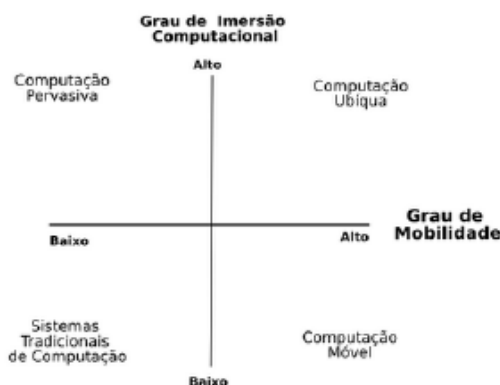


Figura 2. Interface de Usuário Ubíqua (RIBEIRO, 2009)

Portanto, a computação ubíqua é a integração entre a mobilidade com sistemas e presença distribuída, em grande parte imperceptível, inteligente e altamente integrada dos computadores e suas aplicações para o benefício dos usuários (RIBEIRO, 2009).

2.4 Computação Física

Computação física é o campo de pesquisa que aborda as disciplinas que permitem construir equipamentos digitais de computação que interagem, e respondem à realidade física que rodeia os seres humanos e como estes se comunicam através de computadores que consideraram como o homem se expressa fisicamente (O'SULLIVAN & IGOE, 2011).



Segundo Simon Greenold (2003) a computação física é a interação humana com uma máquina, na qual a máquina manipula referências para objetos reais e espaços.

A computação física mudará a forma de pensar no computador, como é vista a capacidade do computador, como interagir com ele e como fazer para que ele trabalhe de acordo com as necessidades do homem. Esta será a ponte entre o físico e virtual, quando o homem usará mais do que os dedos para interagir com o computador (O'SULLIVAN & IGOE, 2004).

2.5 Sistemas em Tempo Real

Sistemas em tempo real são sistemas de computação que monitoram, respondem ou controlam um ambiente externo. Esse ambiente está conectado ao sistema de computação através de sensores, atuadores e outras interfaces de entrada-saída. Podem constituir-se de objetos físicos ou biológicos de qualquer forma e estrutura (SHAW, 2001).

O sistema de computação deve satisfazer as várias restrições, temporais e outras, impostas a ele pelo comportamento de tempo real do mundo externo com o qual faz interface. Um sistema de informação em tempo real também pode ser um componente de um sistema maior no qual está embutido. Com razão, tal computador-componente é chamado de sistema embarcado (SHAW, 2001).

2.6 Software Embarcado

O *Software* embarcado é aquele que não é percebido nem tratado separadamente do produto ao qual está integrado, seja este produto uma máquina, um equipamento, um bem de consumo - um exemplo é o *software* embarcado em celulares (GUTIERREZ *et al.*, 2005).

Cezar Taurion refere-se a *software* embarcado “como o *software* que é embutido em um equipamento, como um sistema de injeção eletrônica de um automóvel, permitindo que este equipamento atue com a maior funcionalidade e flexibilidade” (TAURION, 2005).

2.7 Temperatura Humana

Existe diferenças entre a temperatura corporal com a temperatura da pele. Segundo Bevely Witter Du Gas (1988), com relação a temperatura interna do corpo, o homem é homeotérmico, ou sangue quente, com mecanismos inatos capazes de assegurar uma temperatura constante dentro do organismo. Comumente, os mecanismos reguladores de temperatura do organismo mantêm um equilíbrio preciso entre produção e a perda do calor. Deste modo, a temperatura interna do corpo mantém-se dentro de uma faixa muito estreita. Algumas vezes, entretanto, o equilíbrio é alterado e os desvios da normalidade da temperatura corporal ocorrem. Muitas pessoas que adoecem apresentam uma elevação da temperatura, “o metabolismo produz a maior parte do calor corporal” (Epstein *et al.*, 2004).

Já a temperatura da pele varia entre amplos limites. Nas extremidades essas variações são mais acentuadas (PORTO, 2000) ou como explicadas por Du Gas (1988), a temperatura superficial do corpo varia com as modificações ambientais.

A temperatura depende do local da medida. A temperatura “normal” não é ajustada a um nível preciso e que existem pequenas variações entre os indivíduos, que podem oscilar desde 35,8°C a 37,1°C (ESPSTEIN *et al.*, 2004).

Na presença de humidade intermédia, a temperatura corporal central máxima tolerada é de aproximadamente 40°C, enquanto a temperatura mínima ronda os 35,3°C. (MAGALHÃES *et al.*, 2001).

2.8 Fatores que afetam a temperatura corporal

Em condições de saúde ótima, certo número de atividades normais e processos fisiológicos afetam a temperatura corporal. Nas mulheres que menstruam, atividades musculares e a ação dinâmico-específica dos alimentos também afetam a temperatura corpórea (WITTER, 1988).

A hipertermia é a elevação da temperatura corporal acima do ponto de regulação térmica, mais frequentemente secundária à ineficiência dos mecanismos de dissipação do calor ou, menos frequentemente, por produção excessiva de calor com dissipação compensatória insuficiente. Em muitas circunstâncias a elevação da temperatura corporal aumenta as possibilidades de sobrevida numa situação de infecção. Este efeito é conseguido graças à diminuição do crescimento de várias espécies bacterianas e ao aumento da capacidade bactericida promovidos pela febre (MAGALHÃES *et al.*, 2001).

A hipotermia caracteriza-se diminuição da temperatura corporal para valores inferiores a 35°C (MAGALHÃES *et al.*, 2001). Pode ser causada por doenças hemorragias graves e súbitas, coma diabético, congelamento artificial, choque e em estágios terminais de muitas doenças (PORTO, 2000).

Existem outros fatores que também afetam a temperatura, como a hora do dia, idade, temperatura ambiental, infecção, etc. (PIERSON, 2001).

2.9 Sensores de temperatura

Os sensores eletrônicos de temperatura agora estão amplamente disponíveis, fornecendo uma estabilização mais rápida (ESPSTEIN *et al.*, 2004).

Porém, devido ao alto custo de tecnologias e de mão de obra, sensores de temperatura em tempo real não são comuns em hospitais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Será utilizado para essa pesquisa, materiais bibliográficos tais como livros, artigos científicos, periódicos e *web sites*, que nos auxiliarão durante todas as fases do projeto, até a apresentação do protótipo.

Além da pesquisa bibliográfica, será utilizada a pesquisa experimental, onde o protótipo do medidor de temperatura está sendo desenvolvido.

Toda a elaboração do trabalho incluindo, diagramação do protótipo, especificação de requisitos, documentação do RUP (*Rational Unified Process*) estão sendo feitos em um computador do tipo PC (*Personal Computer*).

O sistema operacional do computador que é a camada de software mais importante, pois realiza o gerenciamento dos recursos da máquina foi o Debian 6 – (www.debian.org). Este sistema operacional é uma distribuição GNU Linux, de código aberto com uma vasta comunidade de usuários e desenvolvedores. O Debian apresenta

uma série de recursos para desenvolvimento de programas e tem um visual amigável (Figura 3).



Figura 3. Sistema Operacional Debian (capturado pelo autor)

Para a criação dos diagramas foi utilizado o Astah Community, um *software* de código aberto desenvolvido pela Change Vision, Inc – (www.astah.net). O uso desta ferramenta é intuitivo e simples, facilitando a construção de diagrama de caso de uso, diagrama de classe, diagrama de sequência, diagrama de atividades, diagrama de transição, diagrama de estados que permitem compreender melhor o comportamento do sistema. A Figura 4 exibe a tela de apresentação da ferramenta case de modelagem Astah Community.

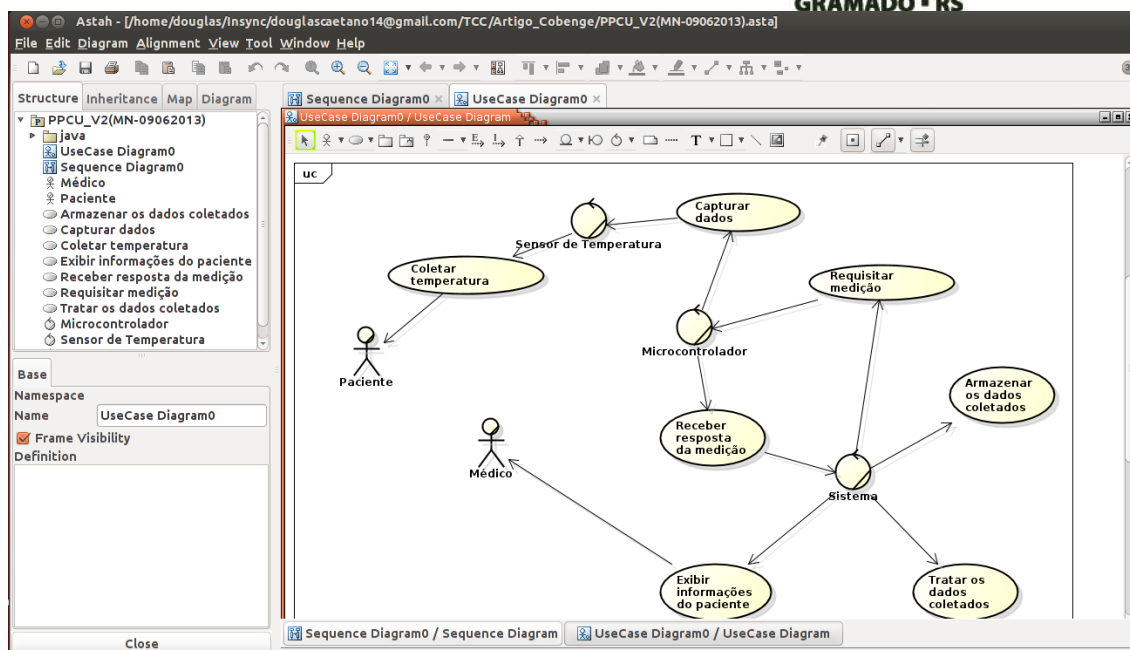


Figura 4. Aplicativo Astah Community (capturado pelo autor)

Foi utilizada a metodologia RUP que é um processo de Engenharia de Software criado pela Rational Software Corporation, sendo mais tarde adquirida pela empresa IBM. São 3 artefatos em elaboração neste momento, especificação de caso de uso, visão (pequeno projeto) e especificação dos requisitos de software.

Para o desenvolvimento do protótipo foi escolhida a placa Arduino modelo Uno Figura 5, pois a mesma é desenvolvida em código aberto e permite que os desenvolvedores programem nas linguagens C/C++ facilitando a implementação dos códigos na placa microcontroladora Arduino Uno.

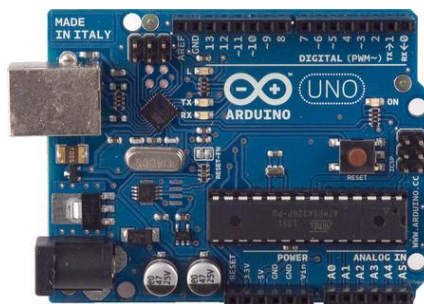


Figura 5. Imagem ilustrativa da placa Arduino Uno (site da empresa Arduino)

Está sendo realizados testes com o sensor de temperatura DS18B20, produzido pela Maxim Integrated (www.maximintegrated.com), Figura 6, e com a placa e-Health Sensor Platform com sensor de temperatura, Figura 7, produzido pela empresa Cooking Hacks (www.cooking-hacks.com). Um dos fatores que influenciaram na escolha destes eletrônicos é o custo baixo e sua facilidade de implementação junto a placa microcontroladora Arduino Uno.

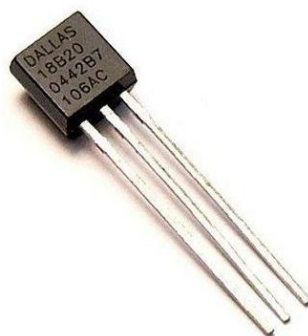


Figura 6. Sensor de Temperatura (capturado no site do fabricante)



Figura 7. Placa e-Health Sensor Platform e sensor de temperatura (capturado no site do fabricante)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi feito a elaboração dos diagramas de casos de uso e diagrama de sequência para que fossem definidas as funcionalidades que o protótipo teria e seu comportamento.

O diagrama de caso de uso ilustrado na Figura 8, mostra as funcionalidades que o sistema de medição de temperatura terá e a Figura 9 a sequência que as funções devem seguir para que o sistema funcione conforme o esperado.

Um sensor de temperatura acoplado de forma não invasiva no corpo do usuário, enviará um sinal contínuo com tempo máximo de 1 segundo para de um transmissor para um receptor que tratará os dados; esses dados são armazenados em uma base de dados; e por fim, as informações sobre a temperatura do paciente serão acessadas por um computador cliente que mostrará as informações em tempo real, além do histórico de temperatura do paciente.

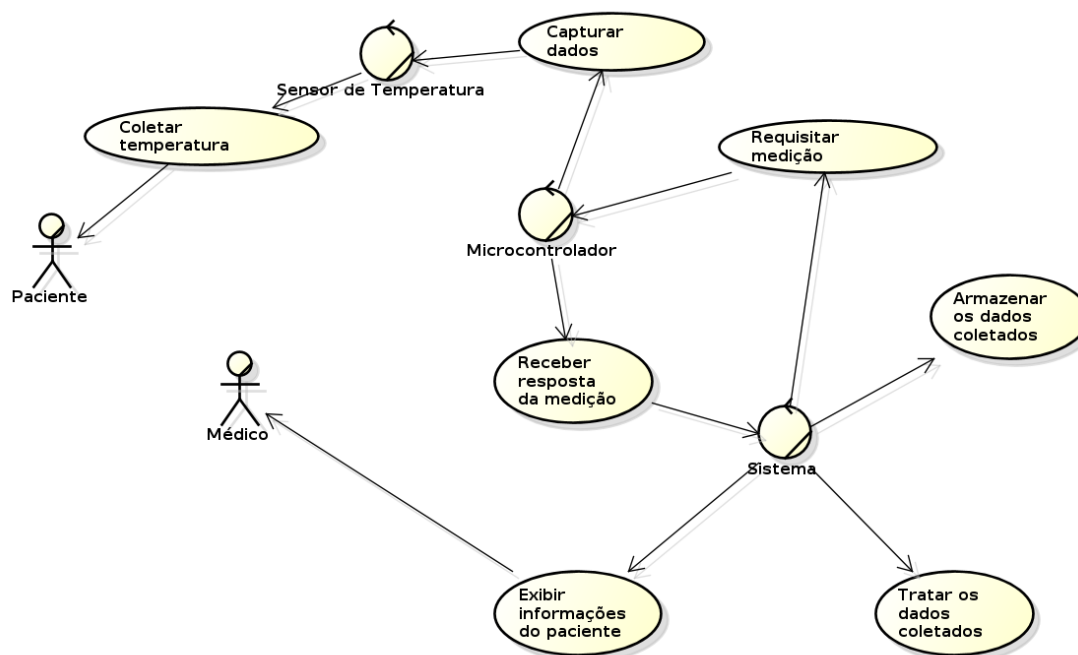


Figura 8. Diagrama de Caso de Uso do Sistema de Monitoramento de Temperatura

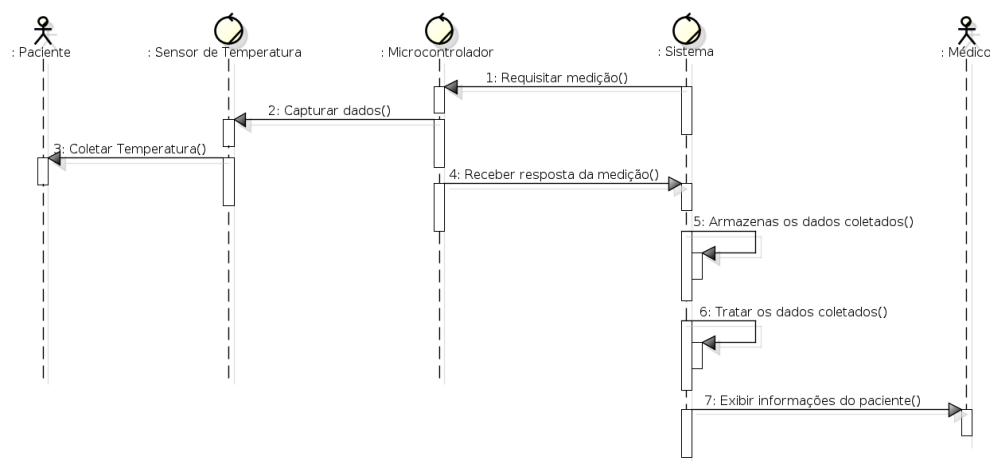


Figura 9. Diagrama de Sequência do Sistema de Monitoramento de Temperatura

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o trabalho de pesquisa foi possível compreender melhor os campos estudados. Conclui-se que a computação atual, pode ser de grande ajuda na área médica com o desenvolvimento de dispositivos capazes de realizar funções que antes só eram possíveis de serem realizadas por seres humanos. O caso estudado foi especializado na temperatura humana, onde a mesma ainda é carente de tecnologias ou de força humana nos casos dos hospitais.

Neste momento o trabalho se encontra em fase de elaboração da documentação baseado no manual do RUP, onde as especificações do protótipo são apresentadas. Estão



sendo feitos testes com os dois sensores de temperatura selecionados, para que o mais adequado seja utilizado no protótipo.

Esta pesquisa também contribui positivamente para o desenvolvimento e amadurecimento de nossas habilidades como pesquisadores, melhora nas nossas relações interpessoais para a troca de experiências entre os estudantes e gerenciamento de tempo para a pouca carga horária disponível para as atividades.

6. TRABALHOS FUTUROS

O protótipo em desenvolvimento aqui apresentado tem o objetivo de mostrar o funcionamento do sistema monitor de temperatura. Este será implementado para ser utilizado apenas por um usuário. Para que o sistema seja usado amplamente entre os usuários, sugerimos que o sistema seja multitarefa e multiusuário, sendo assim, a necessidade de implementação de novas funcionalidades.

Pretende-se tornar a comunicação entre o sensor de temperatura e o receptor, do tipo *wireless* (sem fio), para que pacientes não tenham seus movimentos restringidos pelo cabeamento necessário a operação dos sensores.

Adotar um estudo de caso, para que o protótipo aqui em desenvolvimento seja testado em um ambiente e em condições reais de uso.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO**, R. B. Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios. Anais: XXI – Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Natal: UFRN, 2003.
- BORBA**, Valdir Ribeiro. Do Planejamento ao Controle de Gestão: Instrumento para o desenvolvimento empresarial e técnico, Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. p. 74.
- EPSTEIN**, Owen *et al.* Exame Clínico, Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2004. p. 48-49.
- GAS**, Beverly Witter Du. Enfermagem Prática, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. p. 292-293.
- GAS**, Beverly Witter Du. Enfermagem Prática, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. p. 292-293.
- GUTIERREZ**, Margarida; **BERTRAND**, Hélène *et al.* Estudos em Negócios IV, Rio de Janeiro: Ed. Mauad, 2005. p. 127.
- GREENWOLD**, Simon; Massachusetts Institute of Technology, Media Arts and Sciences. Spatial Computing, 2003 p.2. il. Tese (Mestrado).
- JOSÉ**, Rui; Universidade do Minho, Departamento de Sistemas de Informação Guimarães. Introdução à Computação Ubíqua, 2011. p. 1.
- KELLER**, M. A. *et al.* Ubiquitous Computing. Stanford University – Libraries and Academic Information Resources, 1999. Disponível em: <<http://www-sul.stanford.edu/weiser/Ubiquitous.html>> Acesso em: 8 jun. 2013.
- MAGALHÃES**, Sónia *et al.* Faculdade de Medicina da Universidade do Porto Serviço de Fisiologia, Porto, 2001. p. 9-19.
- O’SULLIVAN, Dan; IGOE, Tommy.** Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers, Boston: Ed. Thomson Course Technology, 2004. p. 465.
- O’SULLIVAN, Dan; IGOE, Tommy.** Physical Computing, Disponível em: <<http://itp.nyu.edu/physcomp/Intro/HomePage>> Acesso em: 10 jun. 2013.
- PIERSON**, Frank M. Princípios e Técnicas de Cuidados com o Paciente, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2001. p. 38-40
- PORTO**, Celmo Celso. Exame Clínico: Base Para a Prática Médica, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2000. p. 184, 185.
- RIBEIRO**, Anna Giselle Câmara Dantas; Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia CT/UFRN. Sistema de prontuário médico com monitoramento de pacientes via GPRS, 2009. p.16-17. il. Monografia (Graduação)
- SHAW**, Alan C. Sistemas e Softwares de Tempo Real, Porto Alegre; Ed. Bookman, 2001. p. 9.
- TAURION**, Cezar. Software Embarcado: A nova onda da Informática, Rio de Janeiro: Ed. Basport, 2005. p. 1.
- WISER**, M. The Computer for the 21st Century. Revista Scientific American, v.265, n.3, p. 94-104, 1991.
- WISER**, M.; **BROWN**, John Seely. The Coming Age Of Calm Technology. Xerox Park, 1996.
- WISER**, M.; **BROWN**, John Seely. Designing Calm Technology. Xerox Park, 1995.



PROPOSAL FOR A PROTOTYPE OF MONITOR BODY TEMPERATURE USING EMBEDDED SOFTWARE AND REAL TIME BASED ON UBIQUITOUS COMPUTING

Abstract: *Due to overcrowding in hospitals in Brazil, medical errors are common when it comes to diagnosing patient. This may happens for the simple fact that there are not enough professionals in hospitals or because high cost of support equipment. With modern wireless devices it is possible to implement technologies to support lots of areas, including the medical one. Through a literature search, we found out that: ubiquitous computing is a branch of computing that has as a principle to allow human-computer interaction is increasingly present in the users lives. This area has presented important advances in recent decades due to the development of experimental techniques and discoveries of new branch in computational structures, demonstrating the relevance of the theme. Therefore, we present a proposal to build a prototype monitor body temperature using embedded software and real time based on ubiquitous computing.*

Keywords: *Embedded Software and Real Time, Ubiquitous Computing, Physical Computing, Temperature Monitor.*