

Sensor Sem Fios para Monitorização da Temperatura Intra-Corporal

Américo C. Mendes¹, João M. L. P. Caldeira^{1,2}, José A. F. Moutinho³ e Joel J. P. C. Rodrigues^{1,4}

¹Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

²Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal

³Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

⁴Instituto de Telecomunicações, Covilhã, Portugal

americo.mendes@sapo.pt, jacaldeira@est.ipcb.pt, jafmoutinho@fcsaude.ubi.pt, joel@ubi.pt

Resumo— A aplicação de novas contribuições científicas para a análise de processos fisiológicos deu origem a uma nova era na medicina, introduzindo técnicas e dispositivos para medição e monitorização de parâmetros fisiológicos. Este trabalho tem como objectivo a apresentação de um novo sensor de temperatura para medição e monitorização da temperatura intra-vaginal. Esta monitorização irá permitir estudar as variações deste parâmetro biológico ao longo de determinado período de tempo, como por exemplo, ao longo de todo um ciclo menstrual ou durante um dos dias desse ciclo. O conhecimento do comportamento deste parâmetro biológico poderá ser extremamente útil do ponto de vista clínico. Com base nesse conhecimento e nas suas correlações com determinados estados sintomáticos da fisiologia feminina, poderá ser possível estudar e propor novos métodos para combater a infertilidade dos casais, antecipar e monitorizar o período fértil (podendo ser usado, tanto para ajudar a favorecer a gravidez como apoio a métodos de anti-concepção), propor e ajustar terapêuticas de tratamento de inúmeras doenças ginecológicas, desenvolver novos métodos anti-concepcionais e ajuda à prevenção de partos pré-termo. O protótipo do sistema foi testado e validado com sucesso, estando pronto para utilização.

Palavras Chave— *Sensores intra-corporais; Monitorização da temperatura; eHealth.*

I. INTRODUÇÃO

Como em grande parte dos domínios das tecnologias, a aplicação da engenharia nas ciências da saúde foi profundamente afectada pelos constantes avanços nas áreas da electrónica, micro-electrónica e informática. Em particular, a engenharia biomédica evoluiu com o desenvolvimento de novos sensores, próteses, dispositivos terapêuticos, com a aplicação da teoria de sistemas e da física aos sistemas fisiológicos e, inclusive, com o uso de modelos matemáticos para modelação de comportamentos desses sistemas fisiológicos [1].

As grandes mudanças na medicina ocorreram no final do século XIX e início do século XX, com o rápido desenvolvimento das ciências aplicadas, tais como a química, física, engenharia, microbiologia, fisiologia, entre outras [2]. Este processo de evolução foi caracterizado pelo enorme intercâmbio entre disciplinas, que possibilitou que a pesquisa

médica tirasse proveito da tecnologia existente e desenvolvesse técnicas para diagnóstico e terapêutica de inúmeras patologias [3]. A aplicação de descobertas científicas para a análise do processo biológico deu origem a uma nova era na medicina, introduzindo técnicas e dispositivos para medição de parâmetros biológicos [4, 5].

Este trabalho tem como objectivo a apresentação de um novo sensor de temperatura para medição e monitorização da temperatura intra-vaginal. Esta monitorização irá permitir estudar as variações deste parâmetro biológico ao longo de determinado período temporal como por exemplo, um período de ciclo menstrual. O conhecimento do comportamento deste parâmetro biológico feminino poderá ser extremamente útil, do ponto de vista das ciências da saúde. Com base nesses dados e nas suas correlações com determinados estados sintomáticos do corpo feminino, poderá ser possível estudar e propor novos métodos para combater a infertilidade dos casais, antecipar e monitorizar o período fértil feminino (usado tanto como auxiliar de métodos contraceptivos como para apoiar a fertilidade), propor e ajustar terapêuticas de tratamento de inúmeras doenças ginecológicas, desenvolver novos métodos anti-concepcionais e ajuda à prevenção do parto pré-termo.

O artigo continua organizado da seguinte forma: a Secção II apresenta a revisão da literatura relacionada com o trabalho proposto. Na Secção III é apresentado o novo sensor intra-corporal para monitorização da temperatura intra-vaginal. A Secção IV demonstra a forma como são adquiridas as medições pelo novo sensor intra-corporal. Na Secção V são apresentados os testes e a validação do sensor, realizados pela equipa médica. Finalmente, a Secção VI conclui o artigo apresentando perspectivas para trabalho futuro.

II. REVISÃO DA LITERATURA

Nas últimas três décadas a engenharia biomédica consolidou-se como uma área de conhecimento abrangente e indispensável para a evolução contínua da medicina e da investigação nesta área. Actualmente, a engenharia biomédica é definida como o uso de princípios e técnicas da engenharia para resolver

problemas nas áreas da biologia e da medicina, dotando-as de meios para melhorar o diagnóstico e a terapêutica [2].

A temperatura intra-corporal representa um dos parâmetros biológicos mais usados na caracterização de estados de saúde específicos do corpo humano. A aquisição deste parâmetro torna-se assim de extrema importância para a definição de diagnósticos clínicos em determinadas enfermidades [6, 7].

Os primeiros estudos sobre a utilização do termómetro na medicina foram feitos por Carl Wunderlich quando, em 1868, estabeleceu alguns padrões para a temperatura corporal e a relação desta grandeza com as doenças [3]. A partir de então, métodos mais sofisticados para a medição da temperatura foram surgindo, ao passo que diversas doenças foram sendo correlacionadas com as alterações deste parâmetro biológico [8].

No estudo do comportamento fisiológico do corpo feminino, a temperatura basal tem fundamental importância, pois está directamente relacionado com o período de fertilidade e ovulação [9]. Este relacionamento, deve-se à secreção de progesterona durante a última metade do ciclo menstrual que leva a uma elevação de pelo menos 0.5 °C (graus centígrados) da temperatura intra-corporal feminina, mantendo-se mais elevada por mais de três dias, sensivelmente. Este fenómeno conduz à indicação de que houve ovulação [2, 10].

A temperatura basal corporal (BBT - *basal body temperature*) é a temperatura corporal medida imediatamente após acordar e antes de qualquer actividade física. Nas mulheres, a sua BBT, sofre um aumento entre os 0.25 os 0.5 °C durante o período de ovulação. Monitorizar este parâmetro é uma das formas mais usadas para estimar o período de ovulação. Na ocorrência deste fenómeno é conhecida a tendência para este parâmetro (BBT) se encontrar com temperaturas mais baixas nos dias que precedem o período de ovulação e com temperaturas mais elevadas após este período [9].

Este padrão de variação tem uma explicação baseada no comportamento hormonal, isto é, nos dias que precedem a ovulação há um pico de secreção de estrogénios pelo folículo maduro, já o aumento da temperatura após o período de ovulação deve-se à secreção de progesterona. Fazer uma carta de controlo deste padrão de variação da BBT pode ser usado como componente de um indicador de fertilidade [11]. O método da monitorização da temperatura basal é largamente utilizado quer para conseguir, quer para evitar a concepção. Este é feito seguindo uma série de passos de forma a ser o mais correcto e fiável possível. No entanto, tem algumas limitações no que diz respeito à sua utilidade no tratamento da infertilidade. Desde logo, porque, até agora, este método tem sido executado recorrendo a termómetros comuns, sendo os mais sofisticados os digitais. Estes termómetros têm pouca sensibilidade, principalmente se tivermos em conta que as variações de temperatura são na ordem de 0.25 a 0.50 °C. Por outro lado, as medidas da temperatura podem não ser realizadas segundo as melhores práticas, uma vez que o método não tem qualquer tipo de validação ou indicação do

seu bom manuseamento ou de validação das leituras recolhidas. A má recolha dessas leituras leva à criação de padrões que não correspondem à realidade, originando resultados incorrectos. Um exemplo da aplicação deste método para realização de estudos médicos pode ser encontrado em [12]. Este trabalho pretende estudar a possível correlação entre a perda de concentração de 22 mulheres durante o seu ciclo menstrual e a variação das suas BBT. A solução proposta neste artigo tem como objectivo a criação de um sensor intra-corporal capaz de medir e recolher de forma autónoma e automática a temperatura intra-vaginal de mulheres. O uso de mecanismos automáticos nestas tarefas traz vantagens na precisão dos valores recolhidos e na sua posterior análise.

Outros estudos, publicados em 1994 [13] e 1996 [14], pela mesma equipa de investigação, propõe a utilização de um sistema baseado no uso de um sensor intra-corporal e de uma unidade de recepção remota. O sensor intra-corporal tem como objectivo medir a temperatura corporal que envia à unidade de recepção remota recorrendo a uma comunicação sem fios (UHF - *Ultra High Frequency*). O receptor armazena todas as medidas recolhidas em memória. Posteriormente, uma vez ligado a um computador, o receptor poderá descarregar todas as medidas efectuadas. Uma vez no computador, as medidas recolhidas poderão ser analisadas recorrendo a softwares específicos. A solução proposta neste artigo difere da descrita anteriormente, no facto de ser proposto um sistema com a possibilidade de monitorização e controle da temperatura intra-vaginal de várias mulheres em simultâneo. Para isso é usado o padrão de comunicação IEEE 802.15.4 entre os módulos emissores e o módulo receptor. Desta forma, poderemos ter vários módulos emissores controlados por um único módulo receptor.

A avaliação da temperatura intra-vaginal é um método de medição pouco invasivo, sendo utilizado especialmente quando um implante intra-vaginal mede a temperatura interna e a envia para um receptor externo. A grande vantagem desta técnica é a aquisição constante da temperatura e a minimização dos erros de medição. Na próxima secção é apresentado um novo sensor para recolha continua de medidas da temperatura intra-vaginal feminina, que possibilitará a definição de padrões de comportamento deste parâmetro biológico em vários estados sintomáticos da mulher. Esta caracterização pode ajudar o pessoal clínico a identificar e diagnosticar determinadas situações anómalas (descritas na secção I) que poderão ocorrer no sistema reprodutivo feminino.

III. SENSOR INTRA-CORPORAL

Nesta secção serão apresentados os detalhes de concepção do novo sensor de temperatura intra-corporal. O objectivo deste novo sensor é a recolha de longa duração de medidas da temperatura intra-vaginal feminina. Para atingir este objectivo foi proposta uma solução baseada no uso de dispositivos de

desenvolvimento já existentes que após alguma reengenharia foram alterados para poderem ser usados para o fim pretendido. O equipamento utilizado foi o kit de desenvolvimento BSN [15]. O kit de desenvolvimento BSN foi projectado para facilitar a criação de redes de sensores corporais (BSNs - *Body Sensor Networks*). Este simplifica a criação de protótipos de novos biossensores e permite a investigação e desenvolvimento de aplicações BSN. Das muitas características presentes neste kit de desenvolvimento, por serem as de maior relevância para o presente trabalho, destacamos as seguintes: baixo consumo de energia, comunicação sem fios (IEEE 802.15.4), miniaturização, flexibilidade, ser programável e apresentar facilidade de integração de novos sensores através de pontos/placas de expansão.

O novo sensor intra-corporal proposto neste trabalho centra-se na recolha da temperatura intra-corporal feminina. Para conseguir recolher esse parâmetro da forma menos invasiva possível para a mulher, foi considerada a medida e recolha da temperatura intra-vaginal. Para se atingir esse objectivo houve necessidade de incluir no sensor BSN um sensor de temperatura capaz de fazer a recolha da temperatura intra-vaginal sem afectar a comodidade das mulheres que tivessem de usar este sensor. Apesar do sensor BSN incluir um sensor de temperatura embestado, este não pode ser utilizado, uma vez que, devido ao tamanho do BSN não era possível introduzi-lo no interior da vagina da mulher sem causar incómodo. Assim sendo, teve de ser incluído um novo sensor de temperatura no BSN, usando os pontos de expansão disponibilizados por este, para se poder realizar a recolha dos dados pretendidos.

A escolha do sensor de temperatura recaiu sobre o *termistor* MA100. O MA100 é um NTC (*Negative Temperature Coefficient*) tipo MA desenvolvido pela GE Industrial Sensing [16] exclusivamente para aplicações biomédicas. A sua gama de funcionamento situa-se entre os 0 e os 50 °C e tem um tamanho de 0.762 x 9.52 mm. Estas especificações respeitam os requisitos necessários para a solução proposta neste trabalho. Deste modo, a escolha deste *termistor* revelou-se a mais adequada. O *termistor* é conectado ao BSN usando um cabo ligador flexível. A Figura 1 apresenta a arquitectura do sistema proposto, na qual se pode identificar facilmente cada um dos componentes descritos anteriormente.

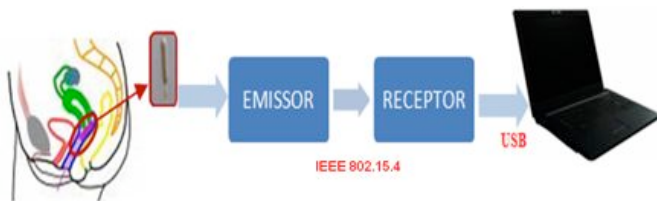


Fig. 1. Arquitectura do sistema proposto.

IV. RECOLHA E MONITORIZAÇÃO DA TEMPERATURA

A recolha das medidas da temperatura intra-vaginal é realizada através da colocação do *termistor* MA100 no colo do

útero. A estrutura do *termistor* escolhido (MA100) é muito flexível e de difícil colocação e manuseamento dentro da vagina. Para ultrapassar esta limitação, houve necessidade de criar um invólucro que pudesse alojar o MA100 e torná-lo facilmente manuseável, cómodo e reutilizável. A solução encontrada baseia-se na criação de uma estrutura semelhante a um normal tampão feminino. Desta forma, não criará qualquer estranheza para as mulheres que o terão de usar. Esta estrutura pode ser facilmente lavada e esterilizada, e reutilizada várias vezes sem necessidade de descartar após a primeira utilização. A Fig. 2 apresenta a solução proposta para a colocação do sensor de temperatura MA100 dentro da vagina da mulher.

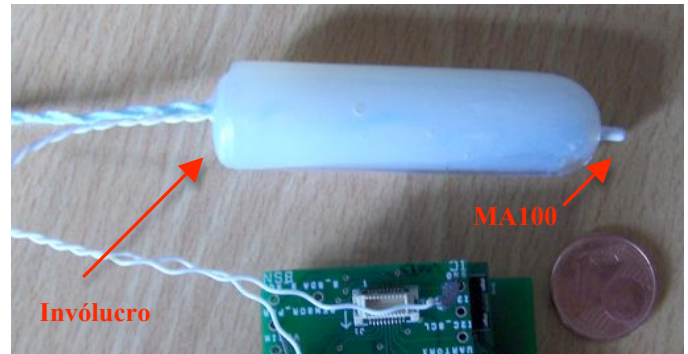


Fig. 2. O termistor MA100 com o respectivo invólucro.

A monitorização da temperatura intra-vaginal é realizada em tempo-real e os dados são recolhidos pelo MA100 colocado no colo do útero feminino. Estes dados com o valor da tensão medido são enviados através do ligador flexível, para o módulo emissor. Depois, este envia o mesmo valor usando comunicação IEEE 802.15.4 para o módulo receptor acoplado ao computador usando uma ligação USB (*Universal Serial Bus*). O computador faz a conversão do valor de tensão recebido para o correspondente valor da temperatura em graus centígrados. Após cada conversão, armazena os resultados num ficheiro para posterior análise e comparação com dados recolhidos anteriormente. A conversão dos valores de tensão em graus centígrados é efectuada através da equação (1).

$$T = \frac{V_{0^{\circ}C} [mV] - V_{out} [mV]}{30.04 [mV/^{\circ}C]} [^{\circ}C] \quad (1)$$

Na equação (1), T representa o valor da temperatura convertido, em graus centígrados (°C). $V_{0^{\circ}C}$ corresponde ao valor da tensão mediada pelo sensor (em milivolts) quando a temperatura são 0 °C; V_{out} é o valor da tensão medido aos terminais do MA100 em cada nova aquisição. O valor constante, 30.04, representa a variação em milivolts verificada pelo aumento de cada 1 °C no valor da temperatura.

Na Fig. 3 é apresentado o protótipo de hardware proposto para um novo sensor de monitorização da temperatura intra-vaginal em tempo-real, com todos os seus componentes.

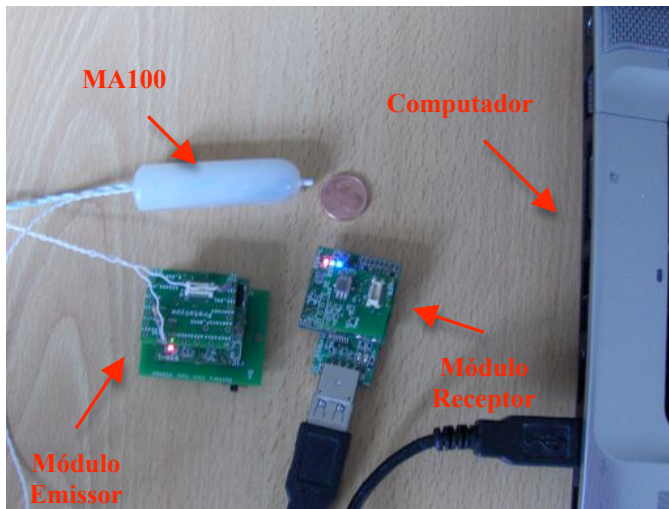


Fig. 3. Sistema para recolha e monitorização da temperatura intra-corporal feminina.

Para conseguir adquirir as medidas da temperatura realizadas pelo MA100 foi necessário desenvolver *firmware* específico para cada um dos módulos, emissor e receptor. O *firmware* desenvolvido para o módulo emissor é responsável pela aquisição dos valores da tensão medidos pelo MA100 através de uma das suas entradas analógicas de expansão disponibilizadas por este módulo. É ainda responsável por enviar cada valor medido para o módulo receptor através de comunicação IEEE 802.15.4. Por seu turno, o módulo receptor está sempre à espera de novos dados no canal de comunicação IEEE 802.15.4. O programa *RFTTestSend* é um transmissor que envia os pacotes para o receptor, enquanto que o programa *RFTTestRecv* é concebido para receber os pacotes. Ao enviar um pacote para o receptor, o LED vermelho do transmissor pisca periodicamente (com base no intervalo de tempo definido) e quando o receptor recebe o pacote, o LED vermelho pisca numa menor taxa de frequência (metade da frequência do transmissor). Analogamente ao *RFTTestSend*, foi elaborado o programa *RFTTestRecv* para tratar os pacotes de comunicação IEEE 802.15.4. Caso chegue um novo dado, este é enviado pela conexão USB para o computador.

O uso do padrão de comunicação IEEE 802.15.4 permitiu que o módulo receptor conseguisse receber informação dos vários módulos emissor presentes na sua área de cobertura de rede. Desta forma é possível monitorizar a temperatura intra-corporal de várias mulheres em simultâneo. O alcance de detecção dos módulos emissores pelo módulo receptor situa-se entre os 50 e os 125 metros, de acordo com a respectiva especificação.

V. TESTES E VALIDAÇÃO DA SOLUÇÃO

O protótipo apresentado foi testado e validado, com recurso a experiências realizadas tanto em mulheres hospitalizadas como no seu dia-a-dia normal. Estes testes foram realizados pela equipa médica que fez a validação do novo sensor no terreno. Os testes realizados tiveram em atenção a usabilidade, conforto e principalmente a precisão do novo sensor.

O sistema apresentado foi testado em 6 mulheres no seu dia-a-dia. Estes testes foram realizados por períodos de 2 a 3 horas ao longo de vários dias. Os resultados obtidos foram validados e confirmados pela equipa médica que acompanhou a experimentação prática do sistema proposto. A validação dos resultados recolhidos teve como base a comparação destes com medidas da temperatura corporal das mesmas mulheres durante os testes realizadas com termómetros digitais na axila e na cavidade oral. Hoje em dia, sendo estes os pontos mais comuns para aquisição da temperatura corporal humana [7], no entanto, são bastante incómodos para leituras e monitorizações deste parâmetro de forma continuada.

Outros testes foram realizados em ambiente hospitalar. Neste caso os testes foram realizados e supervisionados na íntegra pela equipa médica. Os testes foram realizados enquanto as mulheres, que colaboraram na sua realização, se submetiam a pequenas cirurgias (que não implicaram intervenções ao nível do sistema reprodutivo). A duração aproximada das cirurgias foi de 40 a 50 minutos. Os resultados obtidos foram muito satisfatórios e encorajaram a equipa médica a querer continuar a realização de novos testes com vista ao estabelecimento de padrões de comportamento deste parâmetro biológico feminino.

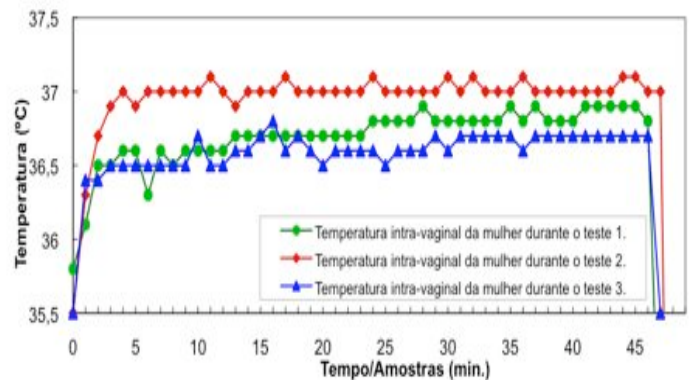


Fig. 4. Resultados de uma amostra de medidas da temperatura intra-vaginal, recolhidas durante os testes realizados.

A Fig. 4 apresenta uma amostra dos resultados da temperatura intra-vaginal recolhidos em três dos testes realizados pela equipa médica. As curvas com os valores de temperatura representados podem ser divididos em três segmentos diferentes. O primeiro segmento pode ser identificado entre os instantes temporais 0 e 2 minutos. Ele representa a subida da temperatura medida pelo sensor MA100 até atingir o valor da temperatura ambiente dentro da vagina (resposta do sensor). O segundo segmento, encontra-se entre os instantes 2 e 46 minutos. Neste, temos a representação das medidas reais da temperatura intra-vaginal. Finalmente, o terceiro segmento, situa-se entre os instantes 46 e 47. Os valores da temperatura medidos dentro deste segmento identificam a retirada do sensor de temperatura (MA100) da vagina das mulheres. A diferença entre cada uma das curvas representadas mostra (e confirma) que a temperatura intra-

corporal de cada mulher difere das restantes. Assim sendo, torna-se necessário o estabelecimento de padrões de comportamento individualizados deste parâmetro biológico feminino. No futuro, os padrões estabelecidos poderão ajudar a aprofundar o conhecimento da relação da variação da temperatura com determinadas patologias ou estados do sistema reprodutivo feminino.

VI. CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado um novo sensor intra-corporal para monitorização contínua da temperatura intra-vaginal baseado no kit de desenvolvimento BSN. O sistema proposto foi testado em ambiente real, através da realização de várias experiências, tanto em mulheres hospitalizadas, como em mulheres no seu dia-a-dia. Os testes realizados e os resultados obtidos foram validados pela equipa médica envolvida neste projecto. Após a validação do sistema, pretende-se levar a cabo uma recolha exaustiva de medidas deste parâmetro para definição de padrões de comportamento em várias situações de saúde das mulheres. A definição destes padrões pode ajudar no estabelecimento de correlações entre a variação da temperatura intra-corporal feminina e a identificação de vários estados sintomáticos. As conclusões desses estudos podem ser usadas para propor novos métodos para combater a infertilidade dos casais, antecipar e monitorizar o período fértil feminino, propor e ajustar terapêuticas para o tratamento de inúmeras doenças ginecológicas, desenvolver novos métodos anti-concepcionais e ajudar à prevenção do parto pré-termo.

No futuro, temos como objectivo a miniaturização do sistema proposto. Este objectivo tornará o sistema mais cómodo e fácil de usar. Será ainda um objectivo futuro a possibilidade de armazenamento da informação recolhida pelo sensor no módulo emissor através da inclusão de um suporte de armazenamento de informação persistente, por exemplo, um cartão de memória. Outro objectivo futuro, passará pela supressão da necessidade do módulo receptor ligado ao computador. Actualmente, qualquer computador disponibiliza uma série de módulos de comunicação sem fios embebidos (*bluetooth*, *infra-vermelhos*, *wi-fi*, etc.), pelo que usando um destes tipos de comunicação deixará de haver necessidade do uso do módulo receptor. Além disso, pretende-se desenvolver de uma aplicação para controlo do sistema e visualização e análise da informação recolhida.

AGRADECIMENTOS

Parte deste trabalho foi realizado com o apoio do Instituto de Telecomunicações, Grupo *Next Generation Networks and Applications* (NetGNA), Portugal, no âmbito do Projecto BodySens.

REFERÊNCIAS

- [1] D. B. Geselowitz and M. N. Geselowitz, "The bioelectrical century: bioelectrical engineering and the "inside story" of the electrical century", in *Proceedings of the IEEE*, Vol. 87, Issue 10, Oct. 1999, pp. 1842-1846.
- [2] F. Nebeker, "Golden accomplishments in biomedical engineering", in *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, Vol. 21, 2002, pp. 17-47.
- [3] J. D. Bronzino, *The Biomedical Engineering Handbook*, 2nd ed., Vol. 1, IEEE Press, New York, 2000.
- [4] G. Shobha, R. R. Chittal, and K. Kumar, "Medical Applications of Wireless Networks", in *Proceedings of the Second International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC 2007)*, Cape Esterel, France, August 25-31, 2007.
- [5] U. Anliker, J. A. Ward, P. Lukowicz, G. Troster, F. Dolveck, M. Baer, F. Keita, E. B. Schenker, F. Catarsi, L. Coluccini, A. Belardinelli, D. Shklarski, M. Alon, E. Hirt, R. Schmid, and M. Vuskovic, "AMON: a wearable multiparameter medical monitoring and alert system", in *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 8, Issue 4, 2004, pp. 415 - 427.
- [6] G. L. Brengelmann, "Body surface temperature: manifestation of complex anatomy and physiology of the cutaneous vasculature", in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2000. Proceedings of the 22nd Annual International Conference of the IEEE*, Vol. 3, 2000, pp. 1927-1930.
- [7] I. Campbella, "Body temperature and its regulation", in *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, Vol. 9, 2008, pp. 259-263.
- [8] E. F. J. Ring, "Progress in the measurement of human body temperature", in *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, Vol. 17, 1998, pp. 19-24.
- [9] L. Ngalamou and D. Rose, "Fertility information appliance", in *Proceedings of the 15th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2002)*, Maribor, Slovenia, June 4-7, 2002, pp. 335-338.
- [10] R. P. Benedict, *Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements*, 3rd ed, John Wiley & Sons, New York, 1984.
- [11] J. Meylan, "Diagnostic Methods in Female Infertility", in http://www.gfmer.ch/Books/Reproductive_health/Diagnostic_methods_female_infertility.html, visitada em Julho 2009.
- [12] J. Beaudoin and R. Marrocco, "Attentional validity effect across the human menstrual cycle varies with basal temperature changes", in *Behavioural brain research*, Vol. 158, 2005, pp. 23-29.
- [13] Z. McCreesh and N. Evans, "Radio telemetry of vaginal temperature", in *Proceedings of the 16th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1994. Engineering Advances: New Opportunities for Biomedical Engineers*, Vol. 2, Baltimore, MD, USA, 1994, pp. 904-905.
- [14] Z. McCreeshab, N. E. Evans, and W. G. Scanlonab, "Vaginal temperature sensing using UHF radio telemetry", *Medical Engineering & Physics Journal, Elsevier*, Vol. 18, 1996, pp. 110-114.
- [15] "BSN development kit", in <http://vip.doc.ic.ac.uk/bsn/index.php?article=926>, visitada em Julho 2009.
- [16] "GE Industrial Sensing", in <http://www.gesensing.com>, visitada em Julho 2009.