



Monitorização para prevenção das úlceras por pressão

Monitoring for prevention of pressure ulcers

Azevedo, J. A. R.¹
Santos, C. L. A.²
Santos, M. L. V. A.³
Jardim, M. H. A. G.⁴

RESUMO

A permanência de pessoas em camas e cadeiras por períodos de 2 horas ou mais pode levar ao aparecimento de úlceras por pressão (UPP) nas zonas de contacto das proeminências ósseas. Este problema apresenta-se hoje com elevada magnitude afetando drasticamente a qualidade de vida dos indivíduos e das famílias e consequentemente da sociedade. Custos notáveis ao nível pessoal, familiar, social e económico solicitam respostas efetivas ao nível da sua prevenção.

A elevada prevalência de UPP em pessoas com necessidade de cuidados de saúde, quer em hospitais, lares ou domicílios¹ na Macaronésia suscitou o interesse de um grupo de investigadores para a sua prevenção.

O trabalho aqui apresentado foi desenvolvido pelo projeto de Investigação Científica em Enfermagem² no âmbito do programa MAC 2007-2013 (ICE2 MAC/1/A029). Trata-se de uma continuidade do estudo sobre sistemas de medição de pressão e de temperatura efetuado na Universidade da Madeira cujo objetivo foi criar um sistema automático de deteção precoce da lesão tecidual². Ele expressa o esforço interdisciplinar de investigadores da área da engenharia e da enfermagem em prol de uma solução efetiva para apoiar os cuidadores a prevenir as UPP.

O artigo começa por abordar a relação que a pressão e a temperatura têm no aparecimento da lesão tecidual, sugerindo-as como indicadores preditivos da mesma. Na segunda parte advoga a monitorização da pressão e da temperatura como mais-valias para uma eficaz prevenção das UPP e apresenta os resultados de um estudo com um sistema de monitorização de pressão e temperatura. Apresenta o protótipo em desenvolvimento, o sistema de monitorização para prevenção das UPP, constituído por matrizes de sensores, circuitos de aquisição de dados, sistema de transmissão sem fios e um *software* de visualização dos dados.

Enfatiza-se como dado inovador o facto de cada matriz de sensores, aplicada numa superfície de contacto, cadeira ou cama, estar associada a um computador e a um nó sensor sem fios, permitindo que a informação relativa a cada superfície seja visualizada local e remotamente, constituindo-se uma ferramenta útil para o despiste precoce da lesão tecidual que origina uma úlcera por pressão.

Palavras-chave: Prevenção, úlceras por pressão, temperatura, sensores.

ABSTRACT

The permanence of people in beds and chairs for periods of two hours or more can lead to the onset of pressure ulcers (UPP) in the contact areas of bony prominences. This problem presents itself today with high magnitude drastically affecting the quality of life of individuals and families and thus society. Notable costs to personal, family, social and economic requesting effective responses in terms of prevention. The high prevalence of UPP in people in need of health care, whether in hospitals, nursing homes or households [1] in Macaronesia aroused the interest of a group of researchers for its prevention.

The work presented here was developed by the scientific research project in Enfermagem² the OMC 2007-2013 (ICE2 MAC / 1 / A029). This is a continuation of the study on pressure measurement systems and temperature performed at the University of Madeira whose goal was to create an automated system for early detection of tissue damage [2]. He expressed the interdisciplinary effort of researchers from the field of engineering and nursing towards an effective solution to support caregivers to prevent the UPP.

The article begins by addressing the relationship that the pressure and the temperature have the onset of tissue damage, suggesting them as predictive indicators of it. In the second part advocates monitoring of pressure and temperature as capital gains for effective prevention of UPP and presents the results of a study with a pressure and temperature monitoring system. It presents a prototype under development, the monitoring system to prevent UPP, comprising arrays of sensors, data acquisition circuits, wireless communication system and a data visualization software. It is emphasized as given innovative the fact that each sensor array, applied to a contact surface, chair or bed, be associated with a computer and a wireless sensor node, allowing the information on each surface is viewed locally and remotely, becoming a useful tool for the early screening of tissue damage that leads to a pressure ulcer.

Key words: Prevention, pressure ulcers, temperature sensors.

ÚLCERAS POR PRESSÃO

Como problema clínico, as UPP têm sido intensamente relatadas ao longo da história. Provavelmente, sempre existiram na sociedade humana, como foi evidenciado pela descoberta de extensas UPP nas múmias do Egipto mas muito raramente ocorrem em pessoas saudáveis³.

Como se desenvolvem as UPP?

O esquema conceptual⁴ seguinte (Figura 1), expõe fatores críticos para o desenvolvimento das UPP.

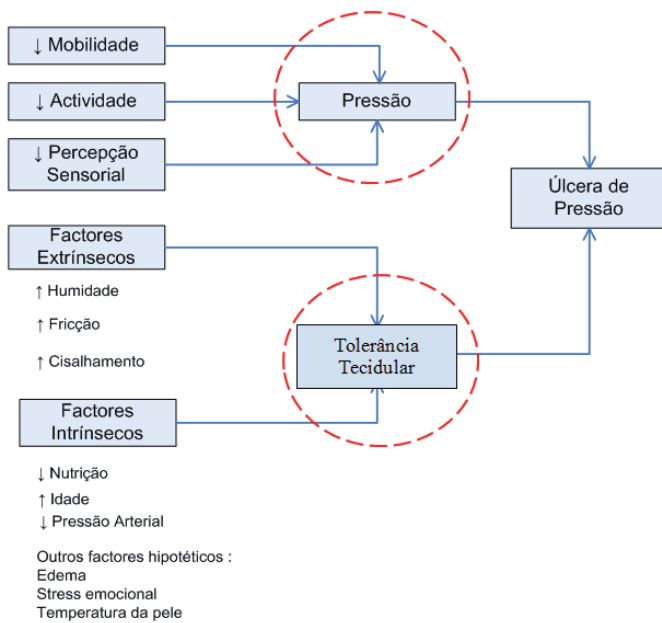


Figura 1 - Esquema conceptual de fatores de risco para o desenvolvimento de úlceras por pressão.

O esquema permite, então, compreender que a pressão (força exercida pelo peso do corpo) e a tolerância do tecido são dois conceitos centrais na etiologia das UPP. A pressão é diretamente influenciada pela menor mobilidade, atividade e sensibilidade enquanto a resistência tecidual sofre diretamente o impacto de fatores externos como a humidade, fricção e cisalhamento, e de fatores internos como a nutrição, a idade e a pressão arterial. Fatores como o edema, o stress emocional e a temperatura da pele são mencionados ainda como hipotéticos intervenientes na etiologia das UPP.

Explica-se que as UPP podem surgir em poucas horas, quando o suprimento sanguíneo das camadas cutâneas é reduzido. Em termos genéricos define-se que a pressão causa a compressão e a oclusão dos capilares que levam à isquemia. Em condições normais, a pressão capilar arterial situa-se em torno de 32 mmHg, enquanto na venosa é de aproximadamente 12 mmHg. Quando a pressão sanguínea diminui, como consequência de desidratação, doença cardiovascular ou sépsis, entre outros, ou a pressão externa localizada é maior que 32 mmHg, eleva-se o risco de formação de UPP devido à interrupção do fluxo sanguíneo para a área por oclusão dos capilares, interferindo na oxigenação e nutrição dos tecidos, ocasionando, consequentemente, isquemia, hipoxia, acidose tecidual, edema e necrose celular. De acordo com a resposta celular à pressão⁵ quando a pressão externa oclui os capilares, os tecidos adjacentes ficam privados de oxigénio e nutrientes, os detritos metabólicos começam a acumular-se nos tecidos, os capilares tornam-se mais permeáveis, permitindo o extravasamento de fluido para o espaço intersticial e ocorre a morte celular (Figura 2).

Conceitualmente reforça-se a ideia de que a tolerância dos tecidos é determinante na condução do processo que leva ao desenvolvimento de uma UPP. A tolerância à pressão e à isquemia depende da natureza dos próprios tecidos e é influenciada pela habilidade da pele e das estruturas de suporte, como os vasos sanguíneos, colagénio e fluido

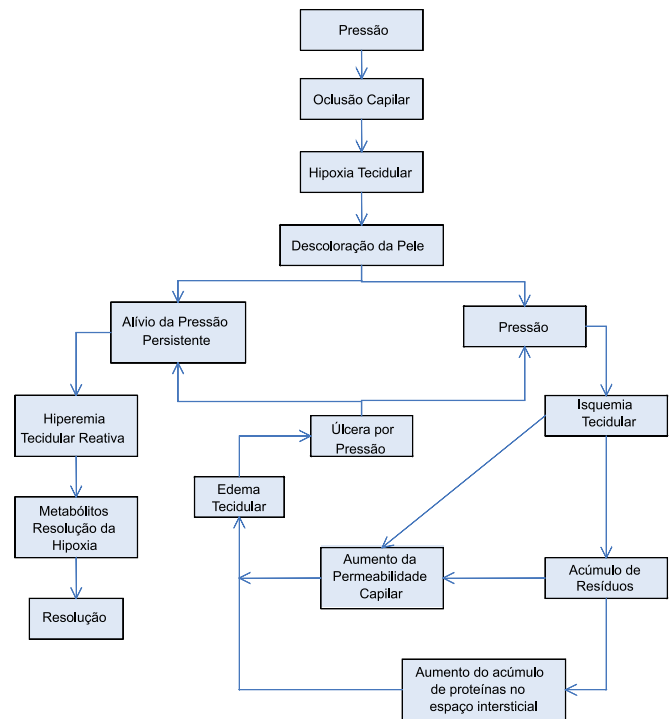


Figura 2 - Resposta celular à pressão.

intersticial, em redistribuir a pressão aplicada na superfície do tecido para a estrutura esquelética do corpo.

Segundo a perspetiva anterior a problemática inerente ao desenvolvimento das UPP é comparável a um *iceberg*⁶. Vários estudos identificaram que o músculo e a gordura adjacente à proeminência óssea são mais suscetíveis à pressão e são danificados primeiro que a pele. Sendo o tecido muscular mais sensível à pressão e à isquemia do que a pele⁷, uma grande área de isquemia e necrose é esperada na interface osso – músculo frequentemente antes de surgir a lesão da pele⁸.

A constatação de que o início da lesão tecidual, nas UPP, ser na interface osso – músculo⁸ desconstrói a imagem de que a UPP agrava à medida que atinge estruturas mais profundas e fundamenta o facto de que o seu aparecimento na pele, eritema não branqueável (Categoria I), já acarreta lesão tecidual grave das estruturas subjacentes.

Por outro lado Kosiak⁷ descobriu que o tempo necessário para se formar uma úlcera, “área localizada de morte celular”⁹, está inversamente relacionado com o nível de pressão numa relação parabólica, confirmando a relação inversa entre o tempo e a pressão na formação de uma UPP bem como que a tolerância tecidual diminui quando o tempo de pressão aumenta.

A intensidade e a duração da pressão surgem, assim, como duas variáveis intervenientes relacionadas com o aparecimento da lesão tecidual^{7,10}.

O facto de uma baixa intensidade de pressão, durante um longo período de tempo, poder causar tanto dano aos tecidos quanto a elevada intensidade de pressão por curto período de tempo, bem como o facto de quanto menor for a área do corpo pressionada maior será a intensidade da pressão¹¹ desafia-nos à compreensão da resposta celular como um dos fatores fulcrais na fisiopatologia das UPP.

Com o alívio da pressão, a reperfusion tecidual origina uma hiperemia reativa (Fig. 2). Estudos^{8,12}, apontam que em pacientes saudáveis a efetiva reperfusion é acompanhada de um aumento

da temperatura média de 3,4°F (1,89°C) ($p = 0,01$) quando comparada com a temperatura antes de ser efetuada a pressão. Após 2 horas de pressão constante, o mesmo estudo mostrou que havia uma boa reperfusão nos pacientes em cuidados intensivos, que se moviam sozinhos, a temperatura da pele após a pressão, aumentou 0,83°F (0,46°C) ($p = 0,03$) contrariamente à temperatura da pele dos pacientes que não se moviam sozinhos. A pouca ou nenhuma mudança entre a temperatura antes e depois da induziu uma má reperfusão do tecido¹³.

De acordo com o *National Pressure Advisory Panel* (NPUAP), a temperatura é identificada como um indicador tátil do desenvolvimento de uma úlcera de pressão^{13,17}. A medição da temperatura pós isquemia tem sido estudada como uma forma de identificar as áreas que estão em risco de desenvolver uma úlcera de pressão^{2,8}.

Estudos sobre o rácio da temperatura do músculo comprimido sobre a do músculo não comprimido revelam que a temperatura caiu cerca de 10% após 10 minutos (a temperatura do músculo comprimido diminui 2,4°C ± 0,3°C quando comparada com a do músculo não comprimido) e depois estabilizou. Isto quer dizer que os capilares ficaram obstruídos, ou pelo menos substancialmente obstruídos 10 minutos após o início da pressão. Este resultado vem confirmar que, após 15 minutos de uma pressão de 32 kPa ou superior, o tecido muscular fica danificado⁸.

A resposta inflamatória, naturalmente despoletada pelo sofrimento celular e caracterizada pela produção de mediadores inflamatórios e movimento de líquidos e leucócitos do espaço vascular para o intersticial, clinicamente identificada pelos sinais de rubor, calor (temperatura), dor e tumor/edema, constitui, na nossa opinião, constitui uma mais-valia para a identificação precoce da lesão tecidual precursora de uma UPP. Contudo os sinais de rubor, dor e mesmo o edema enfrentam algumas dificuldades associadas à sua objetiva mensuração, pelo que a temperatura emerge como um indicador objetivo deste processo e alvo de estudo^{2,17}.

Parece-nos elementar que a temperatura da pele em resposta à pressão possa ser um preditor importante^{2, 8, 13, 14} para a deteção precoce da lesão tecidual que origina uma UPP. Advogamos que a sua monitorização ajuda a definir com precisão o fenómeno que ocorre na maior parte das vezes fora do nosso alcance, na interface músculo-osso, orientando atitudes preventivas de dano tecidual.

PREVENIR AS UPP

Os indivíduos mais suscetíveis às UPP3 são os que se encontram imóveis, confinados a uma cama ou a cadeiras de rodas. Esta população não se restringe aos idosos, mas a toda o indivíduo cuja percepção sensorial esteja comprometida, ou seja, aqueles não-aptos a detetar sensações que indiquem a necessidade de mudança de posição, como as pessoas com paralisia, em coma, submetidos a cirurgias de grande porte, pós-trauma em sedação ou aqueles sob restrição mecânica de dispositivos médicos, aparelhos gessados ou trações ortopédicas, por exemplo.

Medidas que incidam sobre o reforço da tolerância tecidual, especificamente melhorando o estado geral dos indivíduos suscetíveis ao desenvolvimento de UPP e o alívio da pressão apresentam-se como pilares essenciais quando a atitude é a prevenção.

Que atitudes?

Advogamos que um dos primeiros passos é o reconhecimento dos clientes de risco^{15,16}, para o desenvolvimento das UPP. Para o efeito, a pesquisa permite constatar que existem vários instrumentos de medida que possibilitam prever o risco de uma pessoa desenvolver UPP^{17,18,19,20,21}. São exemplo as escalas de Norton, Braden, Gosnell entre outros, contudo é a de Braden que tem revelado maior poder preditivo. Apesar de lhe estar associado uma força de evidência baixa, alguns

estudos demonstram uma correlação positiva entre o risco e o aparecimento das UPP¹⁹.

A implementação atempada de medidas que visam a manutenção de um bom estado geral do indivíduo, impõe-se, na nossa opinião como segunda linha de força na prevenção das UPP. A consciência de que o problema tem um início interno, portando associado à pessoa e à resposta dada a uma agressão externa (a pressão) convida-nos a potenciar as capacidades deste em prol de uma defesa mais efetiva. Assim se apresentam os cuidados com a pele e com o estado nutricional.

A manutenção de uma pele íntegra, protegida de fatores abrasivos e contudentes, em especial nas zonas de proeminências ósseas, exige uma intervenção pró-ativa dos cuidadores. Há evidência da associação entre a presença de incontinência e as UPP¹ e a proporção duplica quando a incontinência fecal e urinária estão presente. A vigilância sistemática da cor, turgor e temperatura da pele mostra-se fundamental para o despiste precoce das UPP.

Já os estados de compromisso do volume de líquidos assim como défices fundamentalmente proteicos têm sido associados à suscetibilidade do indivíduo desenvolver uma UPP. Recomenda-se assim que um fornecimento de 30-35Kcal/kg diárias, com 1,25 – 1,5g/kg de proteínas e 1 ml de líquidos por Kcal, seja providenciado a cada indivíduo²².

Por fim, o alívio da pressão tem mobilizado a pesquisa e a indústria. Entendemos que o alívio da pressão é garantido pela mobilidade ativa ou passiva do indivíduo e pela capacidade das superfícies de contacto em disseminarem/difundirem a pressão.

O alívio da pressão assegura a reperfusão dos tecidos comprimidos. A questão que hoje se coloca é, qual a periodicidade?

A decisão de alternar o decúbito, fortemente associado à decisão clínica baseada no risco individual do cliente e à qualidade das superfícies de contacto pauta-se contudo com contingências relacionadas com a tolerância tecidual. Se há consenso de que esta mudança de decúbito deve ser sistematizada, suportada num plano personalizado, não estamos certos sobre a periodicidade (1, 2, 3 horas) mais efetiva.

Têm surgido diversos dispositivos/superfícies de apoio com o objetivo de minimizar o aparecimento de úlceras por pressão. Os níveis de evidência enfatizam que a escolha da superfície deve estar de acordo com o contexto dos cuidados.

A Figura 3 apresenta alguns exemplos. Na Figura 3-A é apresentada a espuma viscoelástica que se deforma proporcionalmente ao peso aplicado. No entanto, esta espuma tende a aumentar a temperatura da pele. Na Figura 3-B é apresentado um sistema de pressão alternada. O colchão é geralmente alveolado, com variação da distribuição da pressão desigual provida por um compressor em vários locais da superfície. Apresenta a desvantagem de poder aumentar a pressão em certas zonas do paciente na fase de insuflação. Na Figura 3-C apresenta um sistema onde um fluxo de ar é dividido por vários compartimentos pressurizados em níveis diferentes (sobreposição de pressão alterna).

Contudo, nenhum destes sistemas é capaz de evitar por si mesmo o aparecimento das úlceras por pressão.

Desta forma, é fundamental encontrar mecanismos mais eficientes que alertem para o aparecimento das UPP.

Estamos convictos da mais-valia que sistemas de monitorização da temperatura da pele possam trazer em prol da deteção precoce da lesão tecidual e naturalmente da prevenção das UPP.

SERÁ A TEMPERATURA UM PREDITOR DAS UPP?

A associação entre a pressão e as UPP5 bem como a perspetiva de que a temperatura da pele é um indicador tátil das UPP8 orientou a criação e desenvolvimento de um

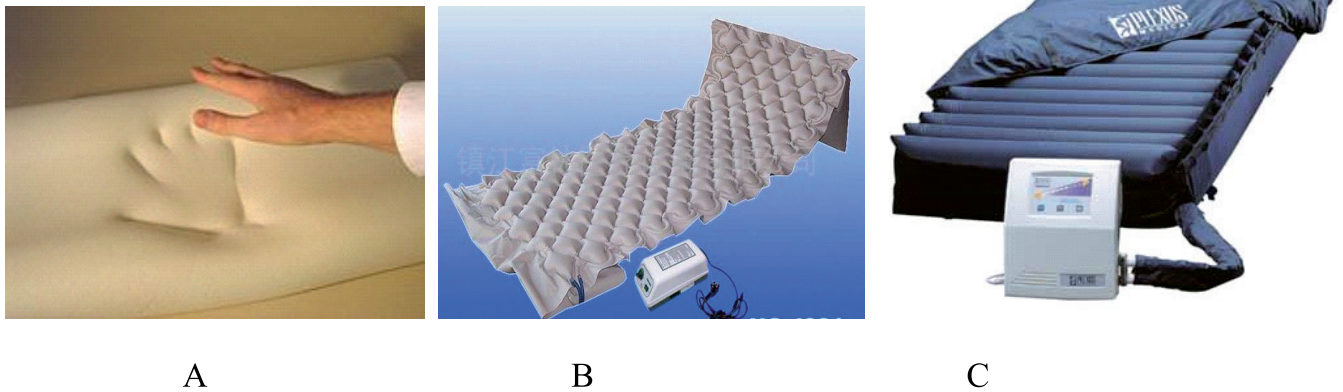


Figura 3 – Sistemas para alívio da pressão: A - Espuma viscoelástica ou elástica; B - Pressão alternada; C - Fluxo de ar.

sistema de monitorização com potencial de aplicação para a prevenção das UPP.

Para o fundamentar o desenvolvimento do protótipo efetuou-se um estudo de natureza quase experimental. Avaliou-se a relação da temperatura/pressão quando uma pessoa permanece sentada numa cadeira de rodas.

Procuramos testar a hipótese de que a temperatura aumenta no local de maior pressão.

Para o efeito recorremos a um sistema de monitorização de pressão e temperatura, Tactilus[®] 22, a fim de determinar alterações de temperatura e pressão com o tempo.

Ensaio clínicos, em contextos controlados do bem estar e segurança de um indivíduo hemiplégico dependente da cadeira de rodas para mover-se, permitiram estudar o desempenho dos parâmetros em análise ao longo do tempo de contacto corpo-cadeira.

Os dados à resposta de cada sensor foram exportados para o formato *.txt e *.csv, e lidos pelo Matlab.

A figura 4 mostra a resposta de um sensor da matriz de pressão, durante 22 minutos (1320 s) obtido em mmHg (1 mmHg = 133,2 Pa = 13,6 kgf/m²).

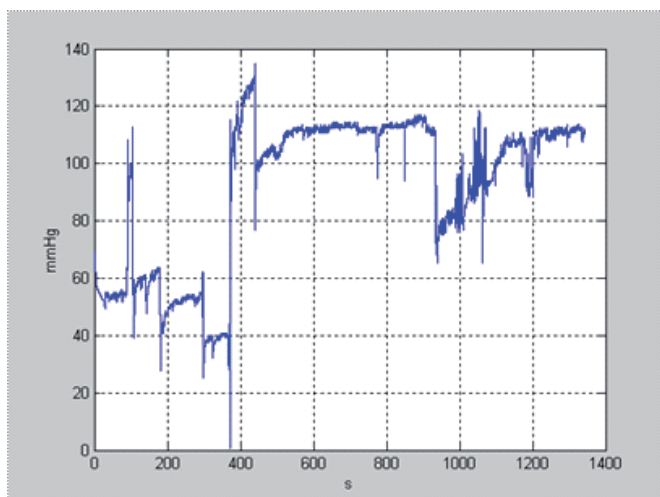


Figura 4 – Medição da pressão para um sensor.

A matriz de temperatura foi testada de forma análoga e foram registados valores ao longo de tempo. A experiência com a matriz de temperatura foi realizada para uma temperatura ambiente de 22°C e para uma temperatura corporal de 36,5°C.

A Figura 5 apresenta a evolução para 4 sensores em diferentes posições da matriz. A temperatura inicia-se no valor ambiente e evolui para a cerca de 32°C. Notar que entre os sensores existe a proteção da manta de medição e a roupa de algodão do utilizador.

Da figura verifica-se que existe uma variação na temperatura que corresponde à precisão do sistema de medição, que para o sistema em causa é de 0,4°C.

Para um melhor visualização, foram obtidas médias utilizando amostras adjacentes, segundo o processo já utilizado para o sistema de pressão. Com base nesses dados, a Figura 6 mostra os resultados da matriz para dois momentos diferentes.

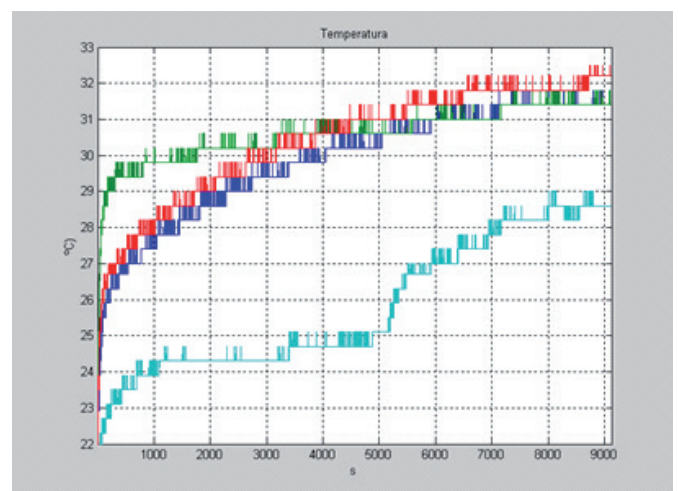


Figura 5 – Evolução da temperatura para 4 sensores.

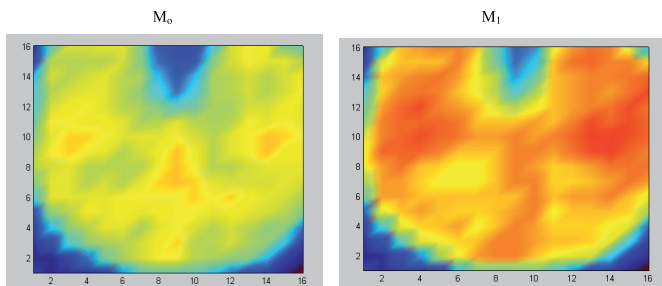


Figura 6 – Evolução da temperatura para dois instantes (M_0 = Momento Inicial).

Após vários testes, verificou-se que a matriz de pressão mostra as variações de uma forma rápida enquanto a evolução da temperatura é muito mais lenta. A Figura 7 apresenta os resultados da temperatura (esquerda) e da pressão (direita) num dado instante. Verifica-se que as zonas de maior pressão também correspondem, em geral, a zonas de maior temperatura.

Tendo em consideração a evolução da temperatura com o tempo, foi realizado um teste de maior duração.

Da análise dos dados constata-se que a temperatura não chega a estabilizar num dado valor. Nos intervalos considerados, em geral, aumenta gradualmente. Desta forma, no sentido de se estudar a relação entre a temperatura e as UPP há que garantir um tempo longo de medição de modo a garantir a estabilização da temperatura. Há, também, que garantir que não haja deslocamento do sensor em relação à zona a ser medida.

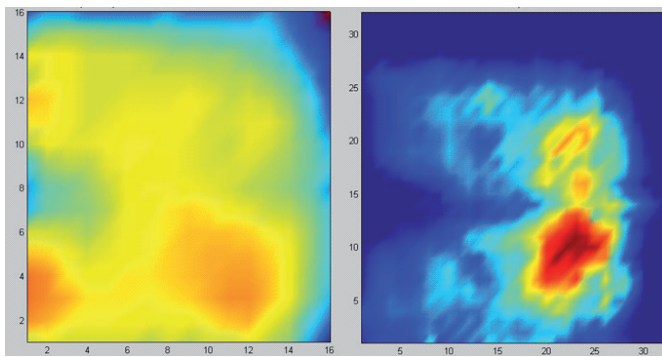


Figura 7 – Temperatura e pressão.

Notou-se, ainda, que o valor atingido de temperatura é relativamente baixo devido aos vários tecidos existentes entre a pele do paciente e a matriz de sensores. Para o estudo de interesse é fundamental que os sensores estejam mais próximos da pele de modo a permitir uma melhor medição. Ainda, a matriz de temperatura deve estar bem referenciada em relação à de pressão de modo a estudar o efeito conjunto dos dois parâmetros.

Do estudo realizado verificou-se que existem diversas dificuldades em obter a temperatura efetiva do paciente na posição da matriz de medição. Existiram vários fatores para que os resultados possam não ser adequados. Um refere-se à necessidade de se fazer a medição o mais em contacto com a pele para uma medição mais próxima da real. Outro tem a ver com o sistema de medição ser ou não adequado a este tipo

de aplicação. Uma vez que a variação de temperatura devido a uma UPP é relativamente pequena, urge realizar estudos de novos sistemas e novas formas de medição.

SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO PARA A PREVENÇÃO DAS UPP

O sistema em estudo resultou da iniciativa de encontrar uma alternativa fiável para a monitorização da pressão e da temperatura como uma mais-valia para uma eficaz prevenção das UPP

O protótipo desenvolvido² envolveu a implementação de uma matriz de medição de pressão e outra de medição da temperatura que quando aplicados numa superfície de contacto possibilitam a identificação e registo de valores de pressão e temperatura da região corporal em apreço. A informação produzida pode ser visualizada local e remotamente com recurso a aplicações informáticas especialmente desenvolvidas.

A matriz de pressão tem uma dimensão de cerca 40 cm x 40 cm contendo 256 sensores de pressão. Na Figura 8 é apresentado o esquema para a matriz, composta por 16 linhas e 16 colunas.

A seleção das linhas e colunas é realizada com desmultiplexers e os buffers permitem o isolamento. Neste esquema utilizam-se dois desmultiplexers de 8 saídas, mas pode-se utilizar um de 16. Para a saída tem-se 2 multiplexers de 8 saídas, mas também se pode utilizar um de 16. O descodificador e o transístor em cada linha são utilizados para reduzir o crosstalk. Para evitar a interferência de correntes entre colunas, cada uma das dezasseis colunas da matriz está ligada ao circuito de terra virtual. Cada circuito de terra virtual é constituído por um amplificador LM358 e uma resistência de ganho.

A matriz de temperatura de 16 x 16, apresentada na Figura 9, segue a configuração geral utilizada para a matriz de pressão. Pretende-se que a gama de leitura de temperatura esteja entre os 20°C e os 50°C, o que é obtido com o circuito amplificador colocado antes do microcontrolador.

Como no sistema anterior, os multiplexadores e os descodificadores são controlados.

Cada uma das matrizes tem um circuito de aquisição e de transmissão de dados. A visualização dos dados é implementado no Matlab segundo o formato apresentado na figura 10.

Para além da variação da pressão ou temperatura através da cor, pode-se visualizar os valores medidos em cada sensor. O *software* também permite a gravação dos dados tendo em consideração a data e a hora da medição.

A informação do sistema pode ser acedida localmente, através da ligação de um computador ao microcontrolador, ou via remota, através da ligação sem fios. Para a ligação remota sugere-se a utilização da tecnologia ZigBee, onde a comunicação sem fios é realizada com recurso aos nós sensores do tipo XBee [56]. Ao nó conhecido como *router* são ligados os pinos de envio e receção do microcontrolador (Figura 11).

O sistema completo consiste numa rede de sensores sem fios (RSSF) baseada na tecnologia ZigBee, para que a informação fornecida pelo sistema possa ser visualizada no espaço onde o paciente se encontra e, também, seja enviada para um servidor central. Associado a cada protótipo pode-se ter um computador (ou *display*) e um nó sensor sem fios, com os dados a serem enviados como mostra a Figura 12.

Pelo sistema é possível obter informação sobre a temperatura e a pressão através de pequenas células "sensitivas" que cobrem toda a superfície do colchão, permitindo a análise discreta da temperatura e da pressão em qualquer ponto da região de contacto. Os dados são

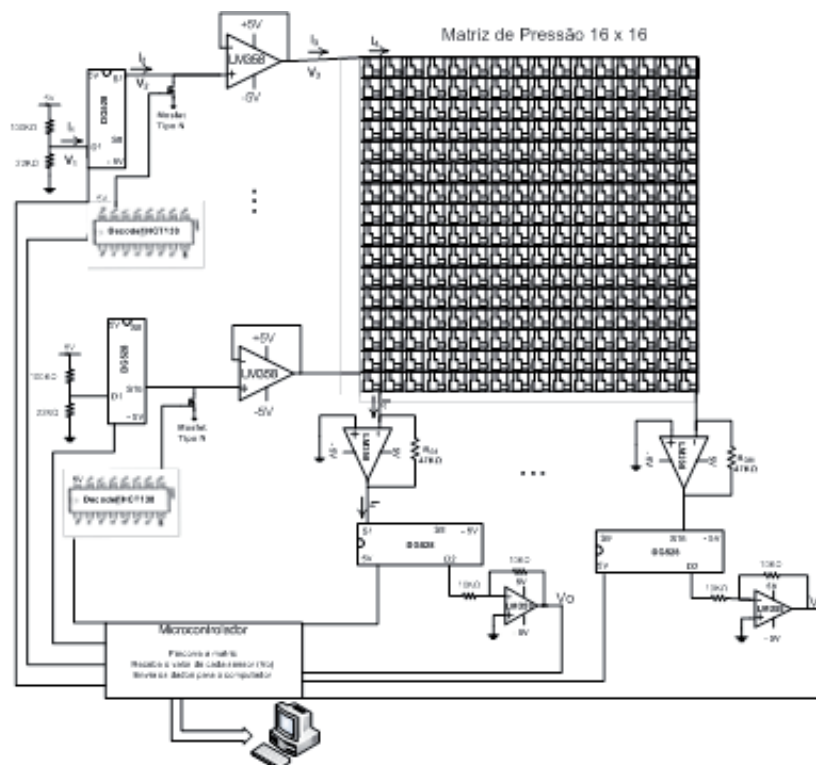


Figura 8 - Circuito de aquisição de dados da matriz de pressão.

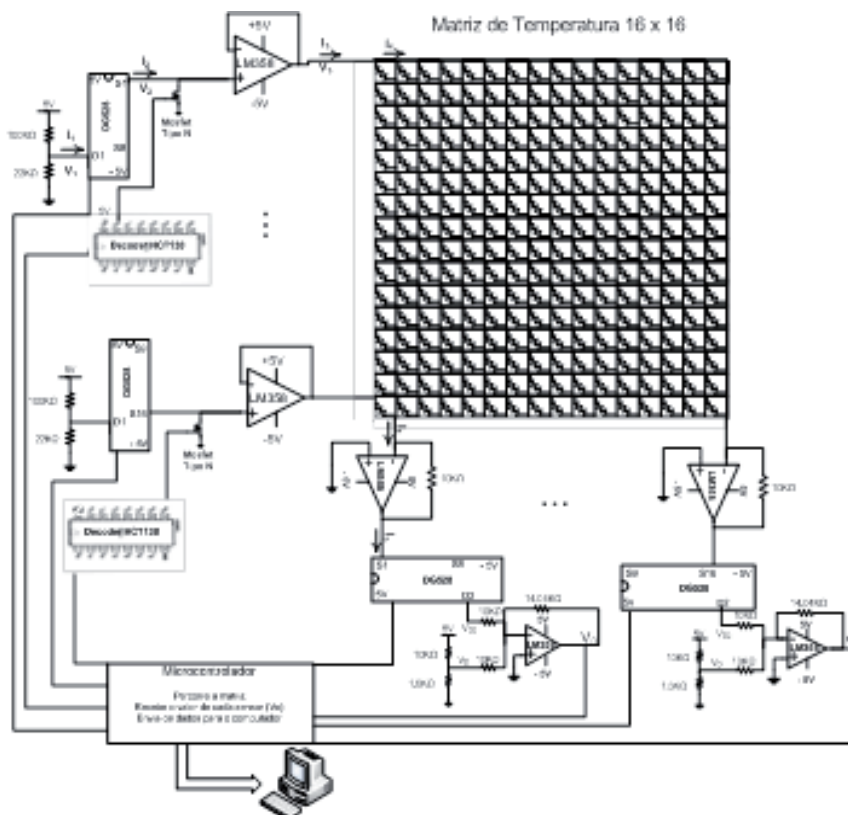


Figura 9 - Circuito de aquisição de dados da matriz de temperatura.

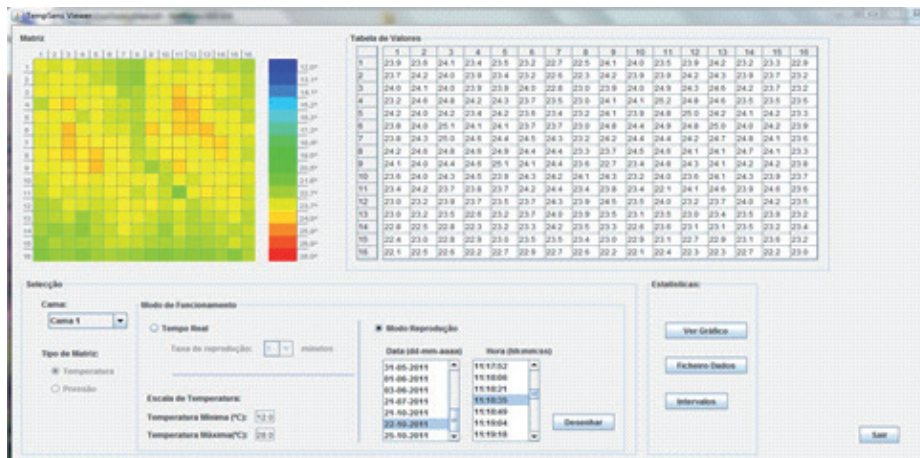


Figura 10 - Visualização dos dados de pressão.

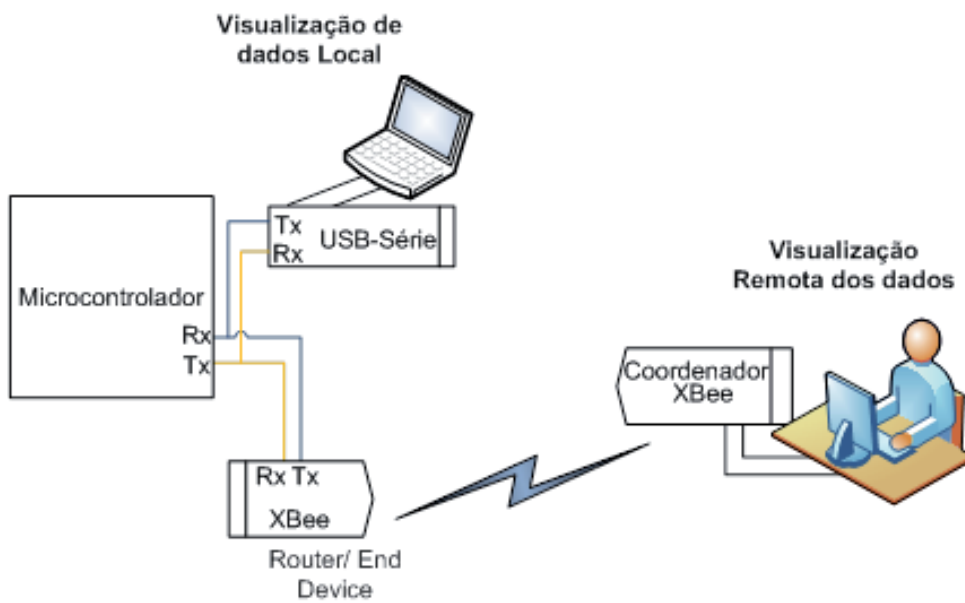


Figura 11 - Visualização dos dados, local e remotamente.

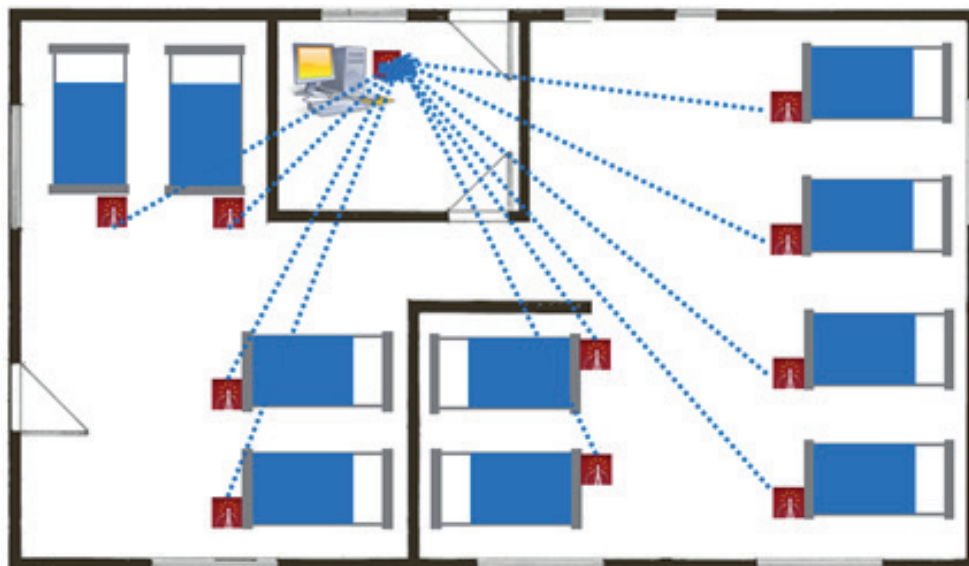


Figura 12 -Diagrama de blocos do sistema final².

capturados nos pontos sensíveis e a informação é tratada através de um software do sistema, sendo gerados mapas coloridos com os valores da temperatura e pressão e outros tipos de relatórios detalhados.

CONCLUSÕES

A solução do problema das UPP passa por recorrer a medidas apropriadas de prevenção. A pressão e a temperatura são dois parâmetros importantes a serem monitorizados continuamente para avaliação do risco de lesão tecidular.

Esse artigo mostra a possibilidade de monitorizar a temperatura para prevenir as UPP. O estudo efetuado mostrou que os sistemas existentes não são adequados e têm elevados custos.

Foram estudados componentes disponíveis para sistemas sensores e projetou-se um protótipo que monitorizasse alterações de temperatura e pressão com custos muito mais baixos que os verificados. Esses sistemas dispõem de 256 sensores, com resposta adequada à variação da pressão e da temperatura.

A matriz de temperatura permite identificar alterações de temperatura entre 20°C e 50°C, com oscilações de 0,1°C. Continua por responder qual o ponto crítico de temperatura que leva ao aparecimento de UPP, ao que se sugere um estudo mais aprofundada desta questão.

A integração de sistemas implica a implementação de uma rede de sensores sem fios para monitorização e lançamento de alertas. Demonstrou-se que o acesso à informação dos valores dos sensores da matriz pode ser tornado totalmente automático através da tecnologia *ZigBee*. A ferramenta de visualização dos dados da matriz desenvolvida permite consultar os dados na forma gráfica e numericamente.

No que diz respeito ao sistema desenvolvido, a sua evolução passa pelo aperfeiçoamento do protótipo. Idealiza-se a construção de uma matriz de sensores integrada num tecido. Desta forma, acredita-se que se ultrapassava os problemas de isolamento detetados. Por outro lado, sugere-se o aperfeiçoamento do *software* de visualização dos dados recorrendo a uma ferramenta de programação que seja de utilização livre.

O sistema de medição da pressão mostrou ser uma solução de baixo custo e de simples implementação. O sistema de medição de temperatura necessita de mais estudos em sensores e matrizes de monitorização.

REFERÊNCIAS

1 Carvalhal, R., et al., "Estudo prevalência das Úlceras por Pressão," In Enfermagem e Úlceras por Pressão: Da reflexão sobre a disciplina às evidências nos cuidados, Grupo ICE (Editor), Investigação Científica em Enfermagem, Espanha, 2008.

2 Santos, C. L. A. "Sistema automático de prevenção das úlceras por pressão". Tese de mestrado. Universidade da Madeira, 2009.

3 Rogenski, N. M. B., Santos, V. L. C. G., "Estudo sobre a incidência de úlceras por pressão em um hospital universitário". Rev. Latino-Am. Enfermagem, Vol.13, Nº. 4, pp. 474-480, julho/agosto. 2005.

4 Bergstrom, N., Braden, B. J., Laguzza, A., Holman, V., "The Braden scale for predicting pressure sore risk", Nurs Res., Vol. 36, Nº 4, pp. 205-210, julho/agosto 1987.

5 Bryant, R. A., "Acute and Chronic Wounds: Nursing Management", 2ª ed., Mosby: Missouri, 236, 2000.

6 Krasner D. Pressure ulcers., "Assessment, classification and management", Krasner D, Kane D. Chronic wound care, 2ª ed., Health Management Publications: Wayne, pp. 152-157, 1997.

7 Royal College of Nursing, Pressure Ulcer Risk Assessment and Prevention, Recommendations 2001.

8 Stephen, S., Maureen, L., Diane, M., Kim, D., Brian, R., "Clinical skin temperature measurement to predict incipient pressure ulcers", Advances in Skin & Wound Care, maio/junho 2001.

9 Bergstrom, N. et al., "Pressure ulcer treatment - Clinical Practice Guideline. Quick reference guide for clinicians", Advances in Wound Care, Vol. 8, Nº 2, pp. 22-44, 1995.

10 Chang, W. L., Seireg, A. A., "Prediction of ulcer formation on the skin", Harcourt Publishers, 1999.

11 Maklebust, J., Siegreen, M., "Pressure ulcers: prevention and nursing management", Springhouse: Pennsylvania, 1996.

12 Scott, ET.; et al. "Effects of warming therapy on pressure ulcers: a randomized trial", AOPN Journal, Vol. 73, Nº 5, pp. 921-938, maio 2001.

13 Soe-Sia, W., Wipke-Tens, D. D., Williams, D. A., "Elevated sacral skin temperature: a risk factor for pressure ulcer development in hospitalized neurologically impaired Thai patients", Appliad Nursing Research, Vol. 18, Nº 1, pp.29-35, fevereiro 2005.

14 Laizzo, P. A., "Temperature modulation of pressure ulcer formation: using a swine model", WOUNDS, Vol. 16, pp. 336-343, 2004.

15 Grupo ICE, Prevenção de úlceras por pressão. Manual de orientações para a macaronésia. ISBN 978-972-8612-43-6, 2010

16 Salvadalena, G. D., Snyder, M. L., Brogdon, K. E., "Clinical Trial of the Braden Scale on an acute care medical unit", Journal of Enterostomal Therapy Nursing, Vol. 19, Nº 5, pp. 160-165, 1992.

17 European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel, "Prevention and treatment of pressure ulcers: quick reference guide", Washington DC: National Pressure Ulcer Advisory Panel, 2009.

18 Smith, L. N., Booth, N., Douglas, D. et al, "A critique of "at risk" pressure sore assessment tools", J. Clin. Nurs., Vol. 4, pp. 153-159, 1995.

19 Norton D., Norton revised risk scores, Nursing Times, Vol. 83 Nº 41, 1987.

20 García, F. P., Pancorbo, P.L., Torra, J.E., Blasco, C., "Escalas de valoración de riesgo del úlceras por presión", Soldevilla JJ, Torra JE (eds), Atención integral de las heridas crónicas, 1ª ed. Madrid, pp. 209-226, 2004.

21 Gosnell, D.J., "An assessment tool to identify pressure sores", Nursing research, Vol. 22, pp. 55-59, 1973.

22 Berglund, B, Nordström, G., "The use of the modified Norton scale in nursing-home patients", Scand J Caring Sci, Vol. 9, pp. 165-169, 1995.

23 <http://tactilus.net/>. Acedido em março 2011

NOTA

¹ Eng., PhD. Universidade da Madeira - Centro de Ciências Exactas e da Engenharia, Professor Associado. Correio eletrónico: jara@uma.pt

² Eng., MSc. Universidade da Madeira - Centro de Ciências Exactas e da Engenharia, Investigador Bolseiro do Projeto ICE. Correio eletrónico: carlalicinia@hotmail.com

³ RN, MSc; PhD. Escola Superior de Enfermagem São José de Cluny, Professora adjunta. Correio eletrónico: mlsantos@esesjcluny.pt

⁴ RN, MSc; PhD. Universidade da Madeira - Centro de Competência Tecnologias da saúde, Professora coordenadora. Correio eletrónico: hjardim@uma.pt