Monitoramento Remoto de Pacientes em Ambiente Domiciliar

Sergio T. Carvalho[1,2], Matheus Erthal[1], Douglas Mareli[1], Alexandre Sztajnberg[3], Alessandro Copetti[1], Orlando Loques[1]

[1]Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)
Niterói – RJ – Brasil

[2]Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – GO – Brasil

[3]Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{scarvalho,merthal,dmareli}@ic.uff.br

alexszt@uerj.br,{acopetti,loques}@ic.uff.br

Abstract. *Pervasive home health care applications require an infrastructure of specialized hardware and software capable of collecting and processing data from the patient and the environment. We present here a remote monitoring home health care prototype, whose patients, following a prescribed care plan, have their data (physiological and activity) collected by sensors and analyzed to identify their health status. The information is stored in a local database and transmitted to a central supervisory station, which is able to respond to emergency situations. This prototype is part of a Remote Assisted Living Health Care System project, which integrates various key aspects regarding the telemonitoring of patients at home.*

Resumo. *Aplicações pervasivas de assistência domiciliar à saúde exigem uma infraestrutura especializada de hardware e software capaz de coletar e processar dados do paciente e do ambiente. Apresentamos neste artigo um protótipo de monitoramento remoto em ambiente domiciliar, cujo paciente, seguindo prescrições definidas num plano de cuidados, tem seus dados (fisiológicos e atividade) coletados por sensores e analisados para a identificação da sua situação de saúde. As informações são armazenadas localmente e transmitidas para uma central de supervisão capaz de atender a situações de emergência. Este protótipo é parte do projeto de um Sistema de Assistência Domiciliar à Saúde, o qual integra diversos aspectos relevantes ao telemonitoramento do paciente em sua casa.*

1. Introdução

A quantidade de pessoas idosas, em especial aquelas com doenças crônicas ou condições críticas de saúde, tem crescido substancialmente nos últimos anos. Este cenário provoca uma alta demanda, exigindo cada vez mais da atual infraestrutura de serviços de saúde. A assistência domiciliar à saúde [Koch 2006] com o uso da tecnologia de computação pervasiva, pode representar uma solução. Através de sensores utilizados no ambiente domiciliar, o paciente pode ser monitorado a todo momento e em qualquer parte da casa. Dados fisiológicos (pressão arterial, frequência cardíaca, etc.), atividades realizadas pelo paciente (se está caminhando, dormindo, comendo, etc.) e condições do ambiente (temperatura e umidade) podem ser obtidos continuamente. Profissionais de saúde (por exemplo, cuidadores, enfermeiros, médicos) têm a oportunidade de acompanhar, por meio do telemonitoramento, o dia-a-dia do paciente e ajustar o seu plano de cuidados de acordo com a evolução do tratamento. Para o paciente pode significar menos visitas aos consultórios médicos e períodos mais curtos de hospitalização.

Diante disso, estamos desenvolvendo o SADS (Sistema de Assistência Domiciliar à Saúde) que integra, através de uma infraestrutura baseada em computação pervasiva, diversos

aspectos relevantes ao monitoramento remoto da saúde do paciente em seu ambiente domiciliar. No contexto deste projeto implementamos um protótipo que tem como foco a contínua identificação da situação de saúde do paciente associada à definição de um plano de cuidados. O protótipo coleta dados fisiológicos e a atividade realizada pelo paciente e os analisa usando um modelo em lógica *fuzzy*. Foram empregados dispositivos com comunicação sem fio, como um sensor de pressão arterial e frequência cardíaca, e sensores de movimento.

Neste artigo apresentamos a estruturação e detalhes de funcionamento do protótipo. O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a estrutura geral do projeto SADS; a Seção 3 aborda os detalhes e mecanismos do protótipo; a Seção 4 mostra a configuração do ambiente de testes feitos em laboratório e a Seção 5 traz a conclusão.

2. Sistema de Assistência Domiciliar à Saúde

A Figura 1 mostra a estrutura geral do SADS (Sistema de Assistência Domiciliar à Saúde) [Copetti 2010, Copetti et al. 2009].

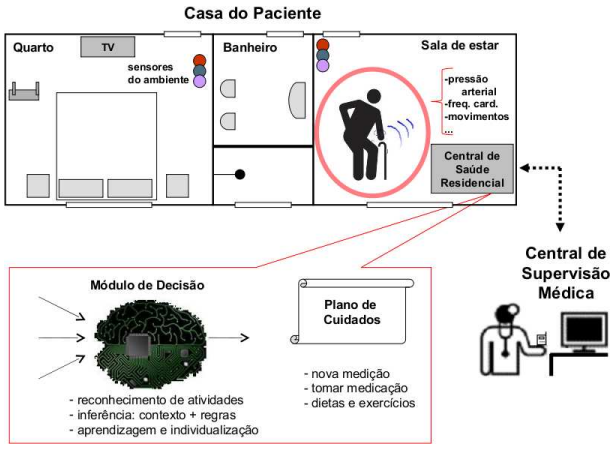

Figura 1. Estrutura geral do SADS

Localizada na casa do paciente, a Central de Saúde Residencial (CSR) recebe e processa dados do paciente (fisiológicos e atividades) e dados do ambiente coletados por sensores, com o objetivo de determinar a situação de saúde do paciente. Dados fisiológicos do paciente correspondem a, por exemplo, pressão arterial e frequência cardíaca, enquanto que as atividades referem-se às ações que o paciente pode realizar, tais como caminhar, dormir, comer, ou alguma atividade doméstica. A importância de se considerar a atividade está relacionada à necessidade de precisão na identificação da real situação de saúde do paciente. Por exemplo, um paciente com uma frequência cardíaca de 120bpm pode estar varrendo a casa, caracterizando uma atividade doméstica de esforço. Mesmo com a alta frequência cardíaca é possível, dependendo do paciente, que isso seja normal. Em relação ao ambiente, variáveis como temperatura e umidade do local, podem também influenciar na identificação da situação de saúde. Tanto os sensores de atividade do paciente quanto os de condições do ambiente devem estar integrados à rede residencial para o envio dos dados para a CSR.

O processo de monitoramento tem início com o Plano de Cuidados, o qual é composto de uma série de prescrições elaboradas pelo profissional de saúde, tais como quais medições o paciente deve realizar (pressão arterial, frequência cardíaca, etc.) e com qual periodicidade, quais medicamentos e quando devem ser tomados, recomendações de dieta e de exercícios físicos, e outras recomendações personalizadas conforme o tratamento. De acordo com o plano, o SADS pode gerar notificações ao paciente, lembrando-o de cumprir os procedimentos definidos. O profissional de saúde pode também modificar o plano, prescrevendo novos horários para a medicação, ou mesmo modificando a periodicidade de uso dos sensores.

Os dados coletados na CSR são representados por variáveis *fuzzy* e analisados por meio de técnicas de inteligência artificial baseadas em regras produzidas em cooperação com especialistas médicos (detalhes do Módulo de Decisão em [Copetti et al. 2009]). A eventual identificação de uma situação anormal do paciente pode ativar um dispositivo local (uma TV, por exemplo), aumentar a frequência de monitoramento [Sztajnberg et al. 2009] ou ainda, dependendo da gravidade, enviar um alarme de emergência para a Central de Supervisão Médica (CSM).

A CSR armazena em uma base de dados um histórico completo e individualizado da situação de saúde do paciente. Além de armazenar e processar dados localmente, a CSR age como um *gateway* entre a residência do paciente, os provedores de saúde (prestadoras de assistência domiciliar, instituições médicas, profissionais de saúde, etc.) e os familiares. Essa funcionalidade de comunicação da CSR permite:

- enviar imediatamente avisos de emergência para a CSM ou profissional de saúde;
- enviar periodicamente os dados do paciente (fisiológicos, atividade e situação de saúde) para a CSM;
- receber o plano de cuidados elaborado pelo profissional de saúde;
- disponibilizar os dados aos familiares do paciente;
- estabelecer uma comunicação direta do paciente com o profissional de saúde e/ou com os seus familiares.

A CSM recebe a informação processada por várias CSRs e pode armazenar dados de longo prazo. Isso torna possível, com o apoio de operadores especializados, o monitoramento de diversos pacientes e outros tipos de avaliação, tais como verificações de tendências, análises estatísticas e comparativas com dados de vários pacientes.

Determinadas funcionalidades da aplicação, como a obtenção de dados dos sensores, as notificações ao paciente, o envio de mensagens e alarmes ao profissional de saúde, e a transmissão de dados e informação de emergência da CSR para a CSM, necessitam de um suporte diversificado de comunicação. Tais funcionalidades apresentam requisitos específicos de qualidade e tolerância a falhas, bem como a demanda de programação e integração também específicos (veja Subseção 3.4).

Outro aspecto importante de comunicação no âmbito da aplicação está relacionado ao sistema de notificação (*reminder*) e alarme. Lembretes para a realização de uma atividade podem ser enviados e exibidos em dispositivos cadastrados no sistema, tais como sistemas de TV Digital na residência do paciente, aparelhos de telefonia celular ou PDAs. O envio destas notificações depende da configuração da CSR e de informações de contexto (por exemplo, a localização do paciente dentro de sua residência), conforme descrito em [Rodrigues 2009].

3. Protótipo

Implementamos um protótipo[1] cujo projeto tem como foco a contínua identificação da situação de saúde do paciente associada à definição de um plano de cuidados. Como estudo de caso, manipulamos dados fisiológicos referentes à pressão arterial/frequência cardíaca e determinadas atividades exercidas pelo paciente.

Os seguintes módulos foram implementados: obtenção dos dados fisiológicos e de atividade, análise dos dados para identificação da situação do paciente, armazenamento, e transmissão (Figura 2). Os módulos operam na CSR e iniciam a execução de acordo com a programação pré-estabelecida no plano de cuidados, cujas prescrições são inseridas diretamente na CSR. Supondo que a programação estabeleça que o paciente deve medir sua pressão arterial/frequência cardíaca duas vezes ao dia, às 8h e às 18h, o protótipo irá iniciar um ciclo de execução, em cada um destes horários. Interfaces especializadas também estão presentes no protótipo, provendo visões dos dados apropriadas a cada um dos atores do sistema. Módulos

[1]Disponível em `http://www.tempo.uff.br/sads`

para identificação de usuários por nome e senha e para cadastramento de pacientes, médicos, operadores e administradores também estão disponíveis[2].

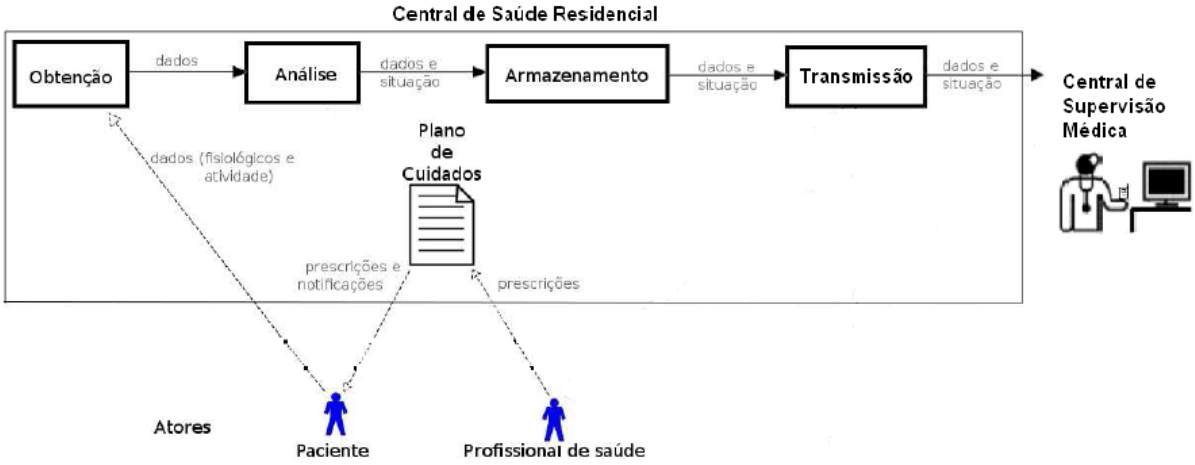

Figura 2. Estrutura geral do Protótipo.

3.1. Obtenção dos Dados

Para a obtenção dos dados empregamos dois sensores (Figura 3): o sensor de medição WristClinic[3] para os dados fisiológicos, e o sensor SPOT (Small Programmable Object Technology)[4] para a atividade do paciente.

Figura 3. (a) Wrist Clinic. (b) SPOT.

O WristClinic tem capacidade de medir pressão arterial/frequência cardíaca, entre outros. Ao ser devidamente ajustado ao pulso e acionado, o WristClinic realiza as medidas e envia os valores para um dispositivo denominado MiniGate (do mesmo fabricante), acoplado à porta USB do computador CSR. O Minigate estabelece uma arquitetura de comunicação centralizando o recebimento de múltiplas leituras de medidas de vários sensores diferentes.

O módulo de obtenção foi implementado na linguagem de programação C#, uma vez que o fabricante do WristClinic disponibiliza APIs nesta linguagem para a manipulação dos dados oriundos do sensor de medição. A cada uso do WristClinic para a tomada de uma medida, este módulo recebe os dados e inicia o procedimento para a obtenção da atividade do paciente.

A atividade do paciente é obtida através do SPOT, um acelerômetro capaz de realizar a leitura da aceleração do dispositivo em três eixos espaciais, o que torna possível a verificação do seu deslocamento. A partir desse recurso, usamos o SPOT como um sensor vestível com o propósito de identificar o grau da intensidade da atividade do paciente: pouca, moderada ou intensa. O SPOT envia para a estação-base, conectada à porta USB da CSR, os dados dos três eixos (x, y e z), os quais são processados. Eventualmente, para casos em que o módulo

[2]Detalhes no manual de utilização: `http://www.tempo.uff.br/sads.`
[3]Telcomed Advanced Telemedicine Industries: `http://www.telcomed.ie`
[4]Sun Microsystems Laboratories: `http://www.sunspotworld.com`

de obtenção não detecta nenhuma transmissão do SPOT, o sistema solicita ao paciente a sua atividade. Desse modo é possível a prevenção quanto a possíveis falhas na leitura do sensor. Foram definidas seis possíveis atividades: repouso, comendo, caminhando, fazendo atividade doméstica, indo dormir, acordando. Essas atividades foram escolhidas por influenciarem na medição da pressão arterial, conforme diretrizes médicas encontradas em [Mion Jr et al. 1995].

Seja pelo SPOT, seja pela informação do próprio paciente, a obtenção dos valores para a atividade servem de subsídio para o sistema, juntamente com os dados coletados pelo WristClinic, realizar a análise da situação de saúde do paciente, descrita na Seção 3.2.

3.2. Análise

O módulo de análise é responsável por determinar a situação de saúde do paciente, definida em três faixas possíveis: normal, alerta ou emergência. Seis variáveis de entrada devem estar disponíveis para o funcionamento do módulo: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), atividade, média de PAS e média de PAD. As quatro primeiras são coletadas pelo módulo de obtenção (Seção 3.1) e as demais correspondem às médias de pressão arterial, às quais devem ser obtidas em exame prévio junto ao profissional de saúde. Uma das formas de obtê-las é por meio do exame de MAPA (Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial), que consiste na realização da medição de pressão arterial do paciente fora do consultório médico durante 24 horas, com intervalos de 15 a 20 minutos durante a vigília e 30 minutos durante o sono. Este exame serve como uma calibração para o protótipo. As médias são importantes, pois são usadas no cálculo da variação da pressão arterial.

A implementação do módulo de análise foi feita usando lógica *fuzzy* com regras que seguem diretrizes médicas [Mion Jr et al. 1995, Mion Jr et al. 2006]. Caso tenha sido habilitada pelo profissional de saúde a opção de aplicar a Individualização, o sistema verifica, para os casos diagnosticados como alerta ou emergência, se a entrada de dados ocorre com frequência. Se for este o caso, uma redução é aplicada na situação do paciente, podendo modificá-la de faixa, fazendo com que, por exemplo, uma situação de alerta possa ser considerada uma situação normal (detalhes em [Copetti et al. 2009]). De qualquer maneira, a variável situação e as demais variáveis do paciente são armazenadas no banco de dados, estabelecendo um histórico de medições. A Figura 4 mostra informações detalhadas de um paciente e de vários pacientes, as quais podem ser visualizadas na CSM.

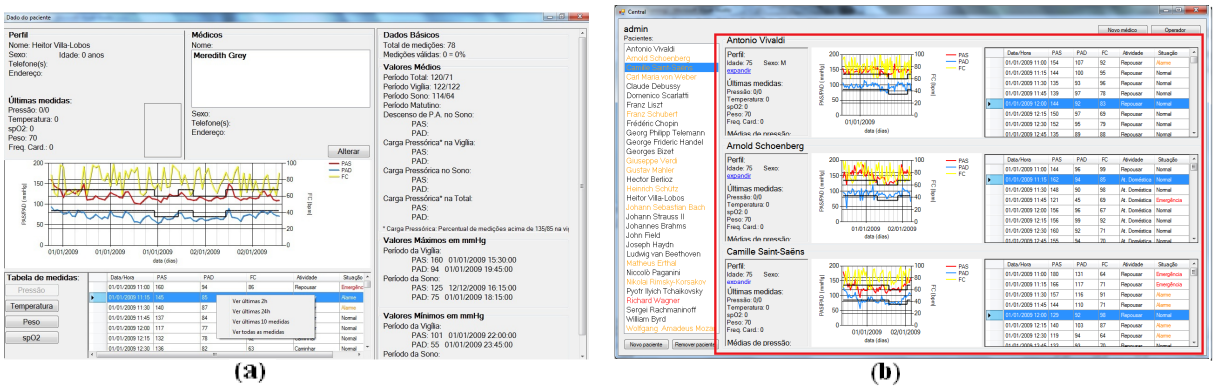

Figura 4. (a) Visualização de um paciente. (b) Visualização de vários pacientes.

A lógica *fuzzy* foi implementada no Matlab-Simulink[5] e convertido em um programa em C o qual é invocado pela aplicação em C#. Da mesma forma, o programa em C# invoca a execução do algoritmo APRIORI [Agrawal and Srikant 1994], no momento em que é necessária a Individualização.

[5]The MathWorks: `http://www.mathworks.com`

3.3. Armazenamento

O módulo de armazenamento é responsável por atualizar o banco de dados com as informações oriundas dos módulos de obtenção, análise e do plano de cuidados, formando uma base histórica e individualizada com informações do paciente.

Localizado na própria casa do paciente e instalado na CSR, o banco de dados, estruturado com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL[6] , mantém armazenados os dados fisiológicos, a atividade e a situação de saúde do paciente, registrados a cada ciclo de execução do protótipo. As médias de PAS e de PAD, utilizadas na identificação da situação de saúde do paciente, são também armazenadas. Estas médias são utilizadas pelo módulo de análise do protótipo.

3.4. Comunicação e Tolerância a Falhas

Tanto na CSR quando na CSM vários aspectos relacionados à comunicação e tolerância a falhas foram observados. Primeiro, a coleta de informação dos diversos sensores na CSR tem que contemplar os aspectos específicos de cada dispositivo. Isso inclui as interfaces e os estilos de comunicação (*push-pull*) disponibilizados pelos acionadores de cada fabricante. A comunicação com estes dispositivos é suscetível a falhas e, portanto, rotinas de tratamento de falhas foram incluídas e adaptadas ao plano de cuidados. Por exemplo, o que fazer se no plano de cuidados uma medida de pressão arterial está prescrita e a captura da medida não está sendo possível?

Outro aspecto diz respeito à comunicação entre a CSR e a CSM, que pode sofrer descontinuidades, geralmente associadas à qualidade do serviço prestado pelos provedores de acesso, considerando que primariamente a comunicação é feita através da Internet ”comodity”. Neste sentido, a aplicação procura tratar as falhas de comunicação através de mecanismos triviais de *time-out* e de nova tentativa, mas também provê tolerância a falhas utilizando um canal alternativo via rede celular. A CSR possui autonomia para manter as informações coletadas no banco de dados de forma que os subsistemas de comunicação possam tolerar descontinuidades na conexão com a CSM. Por sua vez, os operadores da CSM têm a informação de que a comunicação com uma CSR específica está interrompida, podendo realizar os procedimentos alternativos visando garantir o atendimento ao paciente.

Com requisitos específicos de configuração em cada ambiente domiciliar, a coleta de informações dos sensores, recorrente em aplicações ubíquas e pervasivas, segue um padrão de projeto, o qual denominamos Agente de Recursos, que encapsula os mecanismos específicos em módulos com interfaces padronizadas (detalhes em [Sztajnberg et al. 2009]). Através deste padrão a interação pode ocorrer por meio de trocas de mensagens síncronas e assíncronas (eventos *push-pull*). Além disso, a própria CSR mantém uma lista de sensores e dispositivos, personalizados para cada paciente, e detecta quando algum destes está inativo.

4. Ambiente de Testes

O protótipo do SADS voltado para o monitoramento de pressão arterial/frequência cardíaca foi testado em laboratório com duas máquinas, sendo uma funcionando como CSR e outra funcionando como CSM, ligadas por uma rede sem fio. Além das máquinas, o ambiente de testes conta com um sensor de medição WristClinic, para a obtenção da pressão arterial/frequência cardíaca, e um sensor SPOT, programado para identificar o grau de intensidade da atividade do paciente. Incluímos ainda uma balança, da mesma fabricante do WristClinic, para coletar o peso do paciente. A Figura 5 mostra a configuração do ambiente.

Para efeito de teste consideramos esta configuração para um determinado paciente em sua casa. Portanto, como descrito na Seção 3.2, as médias de PAS e PAD do paciente, obtidas em exame de MAPA feito previamente, devem ser inseridas no sistema. Com todos os sensores

[6] `http://www.postgresql.org`

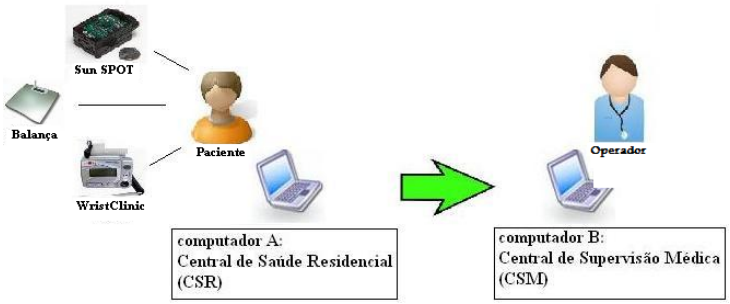

Figura 5. Ambiente de Testes.

em ordem (o SPOT pode, para efeito de testes, ser acoplado à roupa do paciente), com os dados de MAPA inseridos e com o plano de cuidados em operação, o módulo de obtenção de dados da CSR pode iniciar sua operação. Isso ocorre quando o paciente realiza, com o WristClinic, uma nova medição da pressão arterial/frequência cardíaca. Assim que os dados desta medição chegam ao módulo de obtenção, este faz a leitura da intensidade da atividade realizada pelo paciente (pouca, moderada ou intensa) nos cinco minutos anteriores à medição com o WristClinic. Se eventualmente nenhuma atividade tiver sido detectada neste período, o sistema solicita ao paciente que a informe, conforme descrito na Seção 3.1.

Na sequência, o paciente tem sua situação de saúde inferida por meio do módulo de análise. Caso seja caracterizada uma situação de emergência, o operador da CSM é avisado imediatamente e todos os dados do paciente são transmitidos. Na CSM os dados podem ser visualizados de forma gráfica, como mostrado na Figura 4, com as situações de emergência destacadas em vermelho[7]. Em nossos experimentos repetimos os testes para pacientes com diferentes valores de pressão arterial/frequência cardíaca e atividades, o que pode ser visualizado na Figura 4-b.

5. Conclusão

Neste artigo, apresentamos um protótipo de monitoramento remoto de pacientes, o qual é parte do projeto SADS (Sistema de Assistência Domiciliar à Saúde), estruturado com o objetivo de integrar aspectos relevantes ao telemonitoramento do paciente no seu ambiente domiciliar. O paciente, ao seguir as prescrições definidas em um plano de cuidados, é monitorado e os dados obtidos são analisados conjuntamente para se identificar a sua situação de saúde. As informações identificadas são armazenadas em um banco de dados, estabelecendo um histórico individualizado do paciente, e transmitidas para uma central de monitoramento especializada e com condições de atender a situações de emergência.

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos aplicando a tecnologia de computação pervasiva na assistência à saúde. Uma boa revisão da literatura na área pode ser encontrada em [Orwat et al. 2008]. Por exemplo, em [Leijdekkers et al. 2007] é apresentado um sistema de monitoramento projetado para reagir quando limites pré-estabelecidos dos dados fisiológicos do paciente são atingidos. O sistema, no entanto, não integra dados de atividade na análise da situação do paciente, como no nosso protótipo. Outra proposta, apresentada em [Lee et al. 2008], usa dados fisiológicos e atividades, discutindo a importância da obtenção de dados e da sua análise, porém, não contempla mecanismos para identificar situações críticas do paciente. Outros dois trabalhos, [ElHelw et al. 2009, Wood et al. 2008], têm pontos em comum com nossa proposta, no entanto, não há qualquer menção ao emprego de notificações ao paciente integrado a um plano de cuidados.

Atualmente estamos aperfeiçoando diversos aspectos do protótipo, tais como:

[7]Detalhes no manual de utilização: `http://www.tempo.uff.br/sads`.

- implementação de técnicas mais precisas de reconhecimento da atividade, com o objetivo de diminuir a necessidade do paciente de informá-la;
- uso de formas alternativas de transmissão entre as CSRs e a CSM, prevenindo possíveis descontinuidades;
- inclusão de canal de comunicação (áudio e vídeo) envolvendo o paciente, familiares e profissional de saúde;
- uso de tecnologias da *web* na implementação da CSR e CSM para tornar mais fácil o acesso aos dados, principalmente por parte dos profissionais de saúde;
- adoção de um modelo de dados utilizando especificações aceitas internacionalmente (OpenEHR ou HL7);
- plano de cuidados autoadaptável, que permita a inserção automática de recomendações ao paciente a partir da análise dos seus dados.

Numa etapa posterior planejamos a realização de avaliações, determinadas por grupos de pacientes reais utilizando o protótipo e por grupos de controle. O objetivo das avaliações será verificar os benefícios alcançados com a utilização do sistema, principalmente aqueles relacionados à precisão na coleta de dados e identificação da situação de saúde do paciente e à confiabilidade na transmissão de dados e avisos de emergência.

Agradecimentos. Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERJ pelo financiamento parcial deste trabalho.

Referências

Agrawal, R. and Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules in large databases. In *20th Int. Conference on Very Large Data Bases*, pages 487–499, San Francisco, CA, EUA.

Copetti, A. (2010). *Monitoramento Inteligente e Sensível ao Contexto na Assistência Domiciliar Telemonitorada*. PhD thesis, (em preparação) Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.

Copetti, A., Loques, O., Leite, J., Barbosa, T., and da Nóbrega, A. (2009). Intelligent context-aware monitoring of hypertensive patients. In *1st Workshop for Situation Recognition and Medical Data Analysis. 3rd Int. Conf.on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, London, UK*.

ElHelw, M., Pansiot, J., McIlwraith, et al. (2009). An integrated multi-sensing framework for pervasive healthcare monitoring. In *3rd Int. Conf. on Pervasive Comp. Technologies for Healthcare*, pages 1 –7.

Koch, S. (2006). Home telehealth-Current state and future trends. *Int. Journal of Medical Informatics*, 75(8):565–576.

Lee, H., Park, K., Lee, B., et al. (2008). Issues in data fusion for healthcare monitoring. In *Proc. of the Int. Conf. on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*, pages 1–8, New York, USA.

Leijdekkers, P., Gay, V., and Lawrence, E. (2007). Smart homecare system for health tele-monitoring. In *Digital Society, 2007. ICDS '07*, pages 3 –3.

Mion Jr, D. et al. (1995). *MAPA, Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial*. Atheneu.

Mion Jr, D. et al. (2006). V Diretrizes Bras. de Hipertensão Arterial. *Rev Bras Hipertens*, 13:256–312.

Orwat, C., Graefe, A., and Faulwasser, T. (2008). Towards pervasive computing in health care - a literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 8(1):26.

Rodrigues, A. L. B. (2009). Uma Infraestrutura para Monitoramento de Sistemas Cientes de Contexto. Master's thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Sztajnberg, A., Rodrigues, A., Bezerra, L., Loques, O., Copetti, A., and Carvalho, S. (2009). Applying context-aware techniques to design remote assisted living applications. *Int. Journal of Functional Informatics and Personalised Medicine*, 2(4):358–378.

Wood, A., Stankovic, J., Virone, G., Selavo, L., He, Z., Cao, Q., et al. (2008). Context-Aware wireless sensor networks for assisted-living and residential monitoring. *IEEE Network*, 22(4):26–33.