# Arquitetura e Implementação do Sistema Móvel de Assistência ao Idoso

**Matheus Costa Stutzel[1], Alexandre Sztajnberg[1,2,3]**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ
[1]Bacharelado em Ciência da Computação - Instituto de Matemática e Estatística
[2]Pós-Graduação em Ciências Computacionais - Instituto de Matemática e Estatística
[3]Pós-Graduação em Eletrônica - Faculdade de Engenharia

matheusstutzel@yahoo.com.br, alexszt@ime.uerj.br

***Abstract.*** *SMAI provides an infrastructure to monitor elderly patients with chronic degenerative disease that present functional loss. It is composed of Android applications and Web Service that provide authentication procedures and access to the database. The architecture and implementation of the system are presented and discussed. SMAI has been developed under the strict guidance of a health team and is being assessed in a quasi-randomized clinical trial with 30 +30 patients accompanied by NAI/UERJ.*

***Resumo.*** *O SMAI oferece uma infraestrutura para o monitoramento de pacientes idosos com doença crônico-degenerativa que apresentem perda funcional. O sistema é composto de aplicações para o Android OS e de um conjunto de Web Services que provêm serviços de autenticação e de acesso ao banco de dados. A arquitetura e a implementação do sistema são discutidas. O SMAI foi desenvolvido segundo a orientação estrita da equipe de saúde e está sendo avaliado em um ensaio clínico quasi-randomizado com 30 + 30 pacientes acompanhados pelo NAI/UERJ.*

## 1. Introdução

O projeto do SMAI, Sistema Móvel de Assistência ao Idoso, envolve duas equipes: de computação, o LCC - Laboratório de Ciência da Computação e de saúde, o NAI – Núcleo de Assistência ao Idoso, ambos da UERJ. O público alvo do sistema é composto de idosos, com algum grau de dependência, e seus cuidadores. A equipe do NAI tem experiência no monitoramento e acompanhamento deste grupo, empregando os procedimentos e as práticas disponíveis.

O SMAI tem como objetivos (i) tornar a comunicação do cuidador com a equipe de saúde mais ágil; (ii) reduzir o estresse do cuidador; (iii) facilitar o cuidado e suporte do idoso nas suas atividades de vida diária; (iv) prover à equipe médica informações sobre o estado do paciente com maior frequência, de forma organizada, facilitando a tomada de decisões.

Como preparação, foi realizado um levantamento sobre o uso de recursos de computação e telefonia móvel, aplicando-se questionários ao grupo acompanhado pelo NAI. Os resultados obtidos constituíram importante informação para direcionar a abordagem proposta para o SMAI, desde a escolha pelo sistema Android [Google, 2003], até o desenvolvimento de interfaces interativas.

O sistema é composto de 2 aplicações: uma delas utilizada pelo profissional de saúde, otimizada para a utilização em um *tablet*; e a outra desenvolvida para *smartphone*, dedicada ao cuidador ou paciente. Um serviço de suporte também foi desenvolvido para dar acesso ao banco de dados, e inclui diversas ferramentas para auxiliar no monitoramento dos pacientes.

O presente artigo tem foco nos aspectos técnicos da arquitetura e implementação do SMAI. A arquitetura foi desenvolvida de maneira modular, facilitando a adição de novas funções e simplificando o reuso de módulos personalizados. Esta abordagem permite que a aplicação receba atualizações, mesmo durante o seu uso. As aplicações foram implementadas considerando as limitações de hardware dos *tablets* e *smartphones*. Aspectos de avaliação e usabilidade, também importantes no projeto, estão sendo desenvolvidos em conjunto com a equipe do NAI [Stutzel, 2016].

*O aluno Matheus Stutzel, sob orientação do professor Alexandre Sztajnberg, participa do projeto desde o desenvolvimento do primeiro protótipo. É responsável pelo levantamento de requisitos junto à equipe de saúde e desenvolveu os sistemas descritos neste artigo. Em 2015 passou a coordenar outros alunos que entraram na equipe. Tem também acompanhado o processo de registro do sistema no INPI.*

O restante do texto está estruturado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta trabalhos relacionados. A Seção 3 apresenta uma visão geral da arquitetura do sistema proposto e a Seção 4 discute sua arquitetura. A Seção 5 aborda a implementação das aplicações desenvolvidas. A Seção 6 resume as avaliações do SMAI. Concluindo o texto, a Seção 7 traz as últimas considerações.

## 2. Trabalhos relacionados

O uso da telemedicina no controle de doenças crônicas tem sido discutido nos últimos anos, demostrando benefícios para o paciente e para os sistemas de saúde [Dorsey, 2013], [Celler, 2006], [Jaglal, 2013], [Finkelstein, 2006]. Alguns deles se concentram em sistemas de notificação e lembretes aos pacientes, com o objetivo de melhorar a aderência ao tratamento [Fisher, 2006], [Keranen, 2013].

As atividades de desenvolvimento e pesquisa em novas tecnologias na área da telemedicina no Brasil estão começando a emergir. Considerando aplicações de telessaúde, algumas propostas já podem ser elencadas, como [Sanches, 2012].

Em [Nicholas, 2007] são avaliados vários aspectos da tecnologia para e-Health, incluindo o impacto para o paciente, para o médico e para os serviços de saúde já estabelecidos. Um dos problemas recorrentes é o abandono do uso do sistema, por várias razões: falta de incentivo, falta de interesse e a não percepção de benefícios.

A revisão apresentada em [Mosa, 2012] classifica aplicações para *smartphones* apresentadas em 2894 artigos. A maior parte das aplicações está relacionada à diagnóstico de doenças ou calculadoras médicas. Apenas 15 das aplicações pesquisadas estão relacionadas ao monitoramento de pacientes com doenças crônicas. Destas 15 aplicações poucas se preocupam em tornar lúdico o uso da aplicação. No SMAI procuramos adicionar aspectos lúdicos e características de *gamificação* ao aplicativo destinado aos pacientes/cuidadores como forma de atrair o usuário ao uso contínuo do sistema (mais detalhes são discutidos em [Stutzel, 2016]).

## 3. SMAI - Sistema Móvel de Assistência ao Idoso

O SMAI é composto de duas aplicações: paciente/cuidador e médico, e um serviço de suporte, baseado em Web Service, hospedado na nuvem (Figura 1)

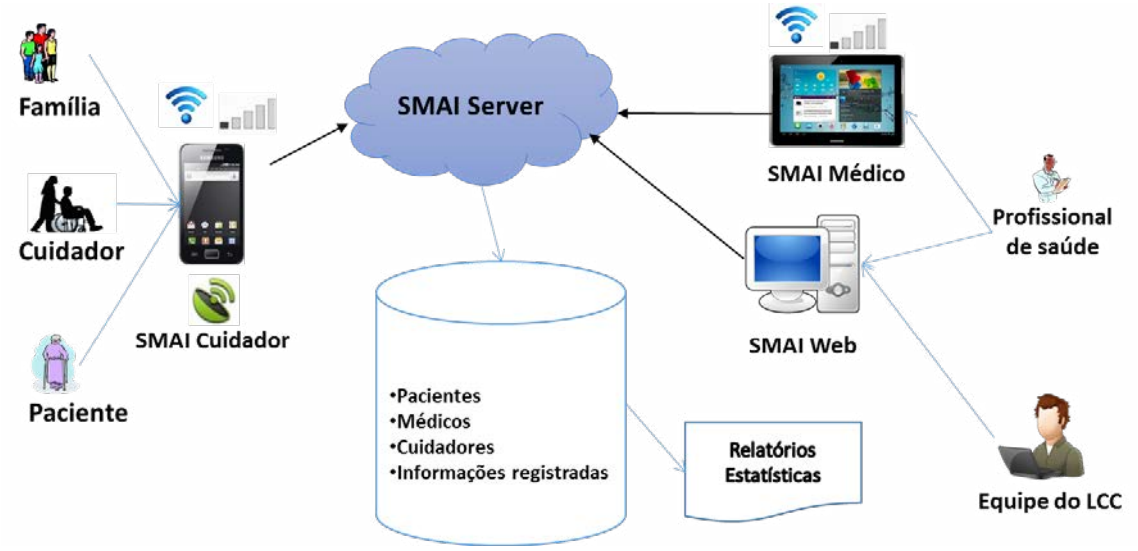


**Figura 1. Estrutura geral do SMAI**

Através de aparelhos *smartphone* uma aplicação (*app*), chamada SMAI Cuidador, permite ao cuidador/familiar, ou ao próprio paciente, enviar e receber informações e notificações para/da equipe de saúde:

- lembretes sobre uso de medicação e consultas agendadas;
- informações de medidas realizadas para acompanhar pressão arterial e glicemia;
- relatório diário com informações sobre o comportamento, rotina alimentar, evacuação e micção do paciente e relatório semanal sobre o próprio cuidador.
- recebimento de mensagens de suporte ao cuidador nas orientações de cuidado;
- envio periódico da localização do paciente, usando uma combinação de possibilidades como o GPS e sistemas de localização baseado na rede.

A aplicação utilizada pelo cuidador/familiar tem o objetivo de auxiliar seu dia a dia e facilitar o envio de informações para o NAI. A aplicação quando utilizada pelo paciente tem um número reduzido de opções, cujo objetivo é receber deste paciente informações sobre seu estado geral, mantendo uma conexão "virtual" com o NAI. Este versionamento da aplicação é realizado utilizando a ferramenta de *flavors* disponibilizada pela IDE utilizada, o Android Studio.

Os profissionais da saúde têm acesso ao sistema através de um *tablet.* A aplicação SMAI Médico apresenta a visualização de todos os pacientes de forma estruturada, e permite o monitoramento e a comunicação individual ou com o grupo de pacientes. Entre as funções estão:

- visualizar alarmes e informações atualizadas dos pacientes, em grupo;
- visualizar detalhes de cada paciente, incluindo a sua localização atual e dos últimos dias, permitindo verificar sua mobilidade;
- envio de agendamento de consulta e lembretes de medicamentos, além de mensagens para usuários individuais ou grupos de pacientes;

- visualizar os relatórios relacionados aos pacientes e o relatório do cuidador.

A troca de informações entre as aplicações dos pacientes e da equipe médica é feita através de um serviço desenvolvido para o sistema, o SMAI Server. Este serviço permite o armazenamento das informações geradas pelos usuários, além de realizar a autenticação e o controle de acesso aos dados dos pacientes. Integrada ao SMAI Server também é disponibilizada uma visualização alternativa das informações através de uma página Web, o SMAI Web, que permite verificar a utilização do sistema, relatórios de erros e o uso da rede dos dispositivos móveis na transmissão de dados das aplicações.

## 4. Arquitetura

A arquitetura do SMAI é baseada no padrão *Model-View-Controller* (MVC) [Krasner, 1988]. O sistema foi planejado para que cada categoria de informação (fisiológica, estado, relatório) possuísse seu próprio módulo de entrada. Desta maneira, a alteração ou adição de uma nova categoria pode ser realizada de maneira simples.

O sistema foi desenvolvido para ser utilizado em *smartphones* e *tablets* Android e faz uso de diversos serviços disponibilizados pelo sistema operacional. A integração entre os módulos da aplicação e o Android é realizada através das classes *Super**, com destaque para a *SuperActivity* (Figura 2).

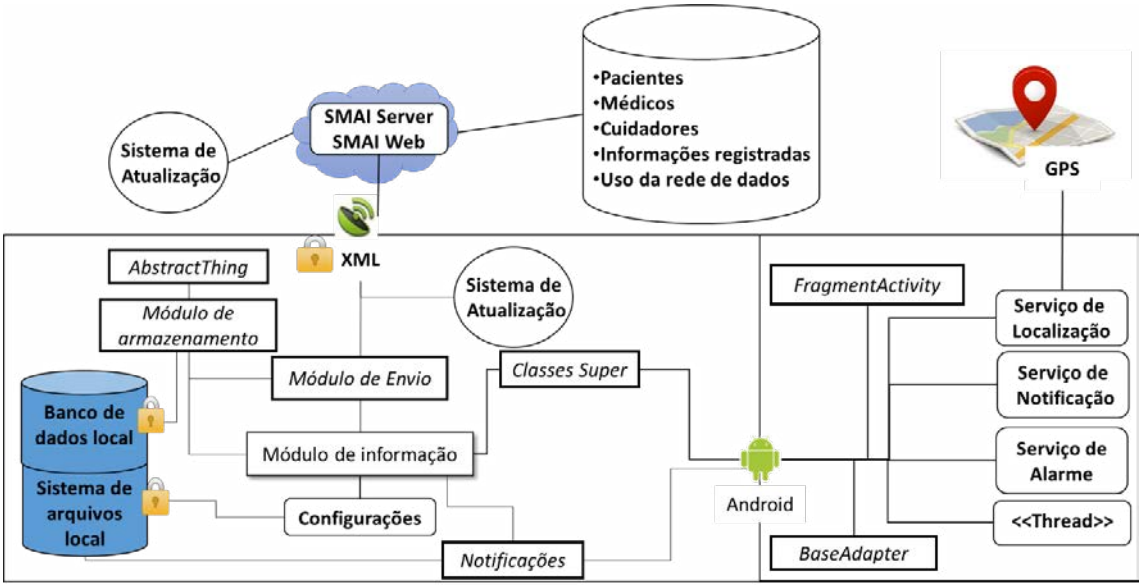


**Figura 2. Arquitetura do SMAI Cuidador e SMAI Médico**

Cada módulo de informação possui as interfaces necessárias para a entrada dos dados ou para a exibição dos mesmos, de acordo com os requisitos da aplicação. Por exemplo, o módulo responsável pelos registros de dor possui a entrada de dados no SMAI Cuidador e a exibição no SMAI Médico, já no caso dos remédios a equipe de saúde fica responsável pela entrada dos dados, enquanto o cuidador pode apenas visualizar os remédios atuais e confirmar se eles foram tomados.

O Módulo de Envio é responsável por registrar/obter novos dados consumindo serviços do SMAI Server, de acordo com a interação do usuário ou em períodos preestabelecidos. Para a transmissão dos dados é realizada uma conversão da informação de acordo com as especificações da respectiva classe *AbstractThing*.

O armazenamento dos dados das aplicações é realizado utilizando o banco de dados local através do Módulo de Armazenamento. Entretanto as configurações e as notificações são armazenadas utilizado o sistema de arquivos local de forma a se utilizar os serviços disponibilizados pelo Android, tal como o *FileObserver*, que dispara eventos de acordo com a criação/alteração de determinados arquivos/diretórios.

A arquitetura do SMAI oferece a possibilidade da reutilização dos módulos, bem como a fácil adição de novos componentes. Um Sistema de Atualização especialmente desenvolvido permite que novas versões da aplicação, com melhorias e correções, sejam disponibilizadas, sem que haja interrupção no serviço.

## 5. Implementação

Os elementos da arquitetura do SMAI foram implementados para avaliação. As aplicações SMAI Cuidador e SMAI Médico foram desenvolvidas em Java para Android, compatível com a verão 4.0 e superiores, enquanto o SMAI Server utiliza o GlassFish [Oracle, 2010] como servidor de aplicação e seus Web Services são disponibilizados por uma API RESTful sobre HTTPS. A implementação SMAI Server encontra-se em sua 2º versão, enquanto as aplicações Android encontram-se na 5º versão.

As funcionalidades, painéis de informação e notificações foram implementadas de acordo com a orientação e requisitos da equipe de saúde do NAI, seguindo as práticas e padrões de projeto recomendados pela Google.

A interface com o usuário foi desenvolvida de modo a se manter simples e a possibilitar que em poucos cliques o usuário fosse capaz de registrar as informações desejadas, sejam, por exemplo, registros de pressão arterial ou a confirmação de que um remédio foi tomado (Figura 3). Assim que o usuário seleciona a opção "enviar", os dados são criptografados e armazenados localmente, em seguida é iniciado o Módulo de Envio, responsável por ler essas informações em disco, autenticar a aplicação no servidor e realizar a transmissão dos dados, utilizando XML, baseado nas classes *AbstractThing*. Em caso de falha o processo é reiniciado, caso contrário o arquivo local é apagado. Atualmente a autenticação e o envio são realizados utilizando chamadas RESTful no SMAI Server e toda a comunicação é realizada através de HTTPS.

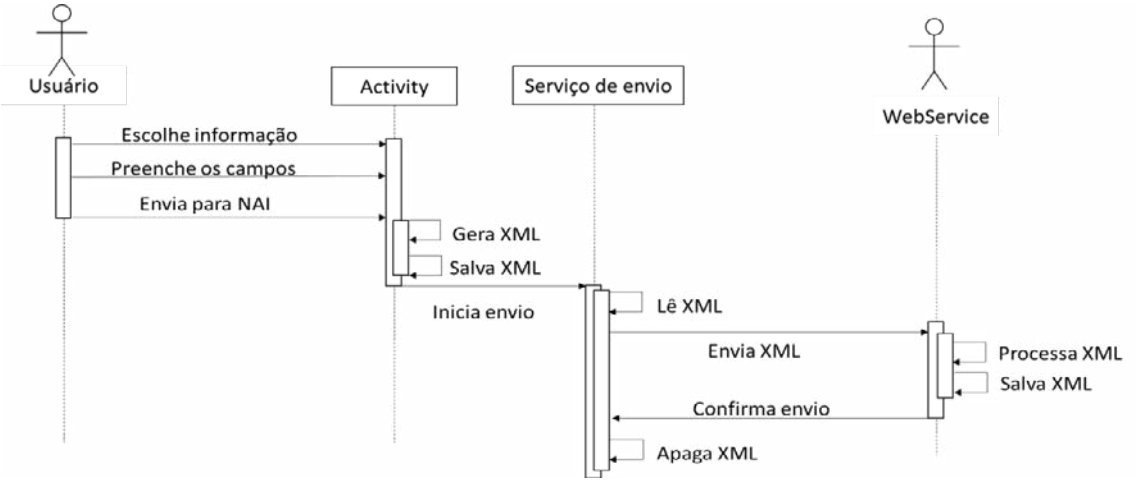


**Figura 3 – Sequência do registro de uma informação no sistema**

A autenticação do paciente é realizada na primeira inicialização das aplicações, quando as credenciais do usuário são solicitadas, verificadas e armazenadas, de maneira segura, localmente, dispensando que o usuário se identifique a cada ação no sistema. O acesso do profissional de saúde aos dados dos pacientes é controlado por mecanismos de permissão e compartilhamento autorizado. Os agendamentos, lembretes de medicações e notificações para os pacientes têm associada a informação do profissional de saúde responsável.

As notificações no SMAI Cuidador e Médico utilizam um mecanismo especialmente adaptado. No momento em que o usuário precisa ser notificado, o sistema executa três ações: (i) a notificação padrão do Android é acionada; (ii) uma notificação "flutuante" é ativada - um ícone que é exibido "sobrepondo" uma parte do aplicativo que o usuário estiver utilizando – tornando-se um aviso insistente para o cuidador realizar alguma tarefa no sistema e, (iii) também é armazenado localmente um registro, criptografado, contendo informações sobre a notificação. Este registro permite que o SMAI gerencie as notificações. Por exemplo, se o tipo de notificação demanda do cuidador uma confirmação, esta notificação é apagada apenas quando esta confirmação é feita. Em outros casos, como por exemplo, o Relatório Diário, que gera uma notificação todos os dias, se o cuidador não fizer o relatório num dia, o sistema evita "acumular" os Relatórios. Assim, uma notificação antiga é substituída pela atual, evitando sobrecarregar o cuidador com dois relatórios no mesmo dia. Observamos que este foi mais um dos requisitos específicos da equipe de saúde.

### 5.1. Aplicação do cuidador (SMAI Cuidador)

A aplicação do cuidador possui um menu principal, com módulos de entrada de informações, por exemplo *Dor*, *Pressão Arterial* e *Temperatura* (Figura 4). Alguns módulos são cientes de contexto, acionando ações específicas. Por exemplo, se a temperatura ultrapassar 37,8º é solicitada a informação sobre tosse. Estes limites são determinados pela equipe de saúde. O usuário possui ainda, a possibilidade de acionar o Alarme NAI, para que um profissional de saúde seja notificado e entre em contato com o paciente de acordo com o protocolo adotado. Ao ser carregado, o programa também cria *threads* separadas para os serviços de segundo plano, por exemplo, o envio da localização do paciente e a verificação de atualizações.

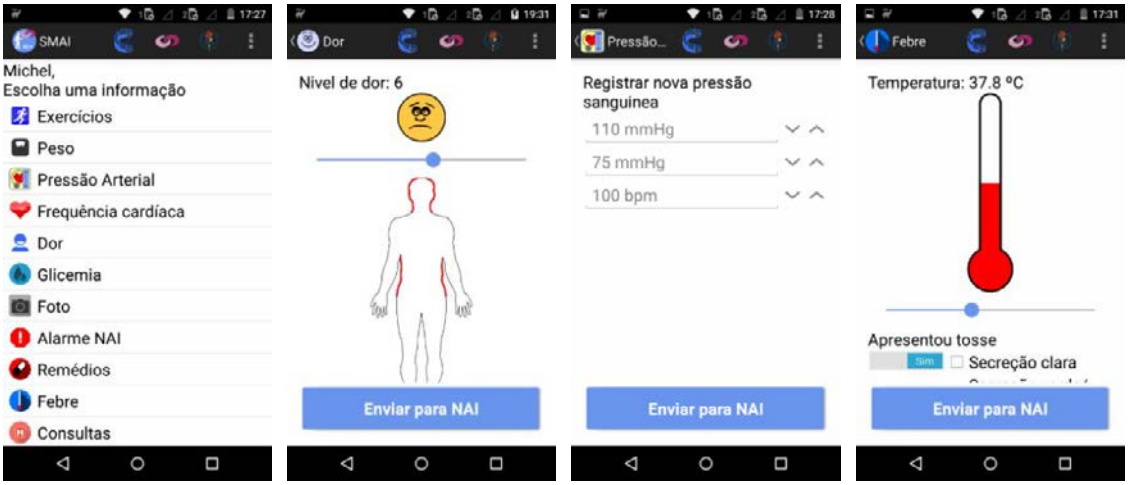


**Figura 4. Tela principal e envio de informações**

O mecanismo de *Alarm* do Android é usado para agendar determinados eventos recorrentes, como, por exemplo, diariamente uma notificação é gerada às 20:00 como lembrete para o cuidador preencher um relatório (Figura 5). O usuário pode preencher os itens de acordo com sua percepção de importância ou indicação da equipe de saúde. Este é um dos módulos desenvolvidos especificamente para o conjunto de pacientes monitorados e aderentes à prática adotada pelo cuidador. Já existe uma rotina para que informações do dia a dia do paciente sejam anotadas em uma planilha em papel, de forma que a equipe de saúde possa acompanhar a evolução do paciente e intercorrências. O relatório através do SMAI objetiva tornar esta rotina mais ágil para o cuidador e proporcionar um acompanhamento mais próximo da equipe de saúde, já que os relatórios ficam disponíveis imediatamente.

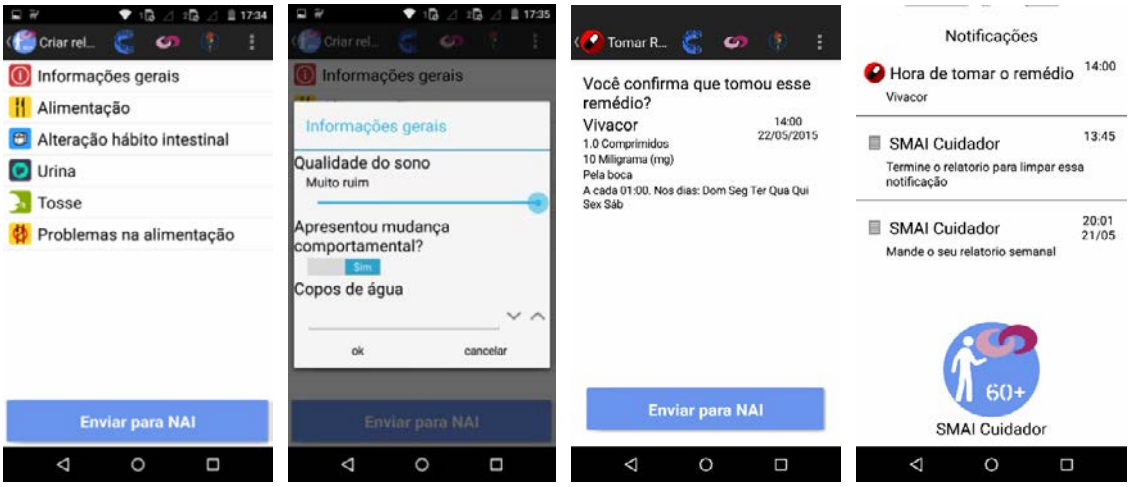


**Figura 5. Relatórios, notificações e lembretes**

Outras notificações, como a ingestão de remédios também são enviadas como lembrete (Figura 5). A confirmação das mesmas fica registrada para a equipe de saúde.

## 5.2. Aplicação do profissional de saúde (SMAI Médico)

A arquitetura do SMAI Médico se assemelha ao SMAI Cuidador (Figura 2), com pontos diferentes na estrutura da implementação, como interface com o usuário e a utilização da API de mapas da Google, além do gerenciamento de vários pacientes.

A aplicação tem como base uma lista de pacientes monitorados, e um mecanismo automático de atualização de informações que traz do SMAI Server as últimas informações enviadas. Esta lista é persistida em um banco de dados local, e exibida na forma de um Painel de Controle (Figura 6(a)). Desta forma, é minimizada a necessidade de se obter os dados do servidor a cada interação do profissional de saúde.

Quando um cuidador aciona o Alarme NAI, o paciente associado é exibido com a borda em vermelho e o profissional de saúde é notificado. Este alarme é atualizado a cada 2 minutos, com isso ele é recebido rapidamente pela equipe de saúde, tornando menor o tempo de resposta ao paciente. O sistema também utiliza esta atualização para verificar no servidor a necessidade de atualizar as demais informações, economizando assim a utilização dos recursos. Caso haja novas informações disponíveis o sistema faz o download completo e de forma automática, porém em um intervalo de tempo maior. A qualquer momento a equipe de saúde pode solicitar os dados mais recentes, seja de um determinado paciente ou de todo o grupo.

Quando um paciente é selecionado, um menu similar ao do SMAI Cuidador também é apresentado (Figura 6(b)), com opções adicionais, como o gráfico das medidas fisiológicas transmitidas e o registro de localização do usuário (Figura 7).

**Figura 6 (a) Painel de controle, (b) detalhe de um paciente**

**Figura 7 (a) Detalhes do histórico de dor; (b) Localização do paciente**

Algumas opções permitem que se listem os itens enviados pelo paciente, na forma de relatórios ou que se adicionem informações para serem notificados para o paciente. Este é o caso dos Medicamentos, que podem ser adicionados/alterados/ descontinuados para cada paciente. Além disso, é possível acompanhar o registro dos medicamentos que tiveram sua notificação confirmada por um cuidador.

Para algumas informações fisiológicas, como a Pressão Arterial, o profissional de saúde pode individualizar os parâmetros para cada paciente. Deste modo, se uma informação deste tipo estiver fora dos limites estipulados individualizados, uma notificação é gerada pelo SMAI Médico para alertar o profissional.

### 5.3. Servidor de suporte (SMAI Server) e Interface Web (SMAI Web)

O SMAI Server é responsável por prover toda a infraestrutura para o armazenamento, autenticação, controle de acesso e transmissão de dados para as aplicações Android.

O SMAI Web foi desenvolvido com o objetivo de prover o suporte à equipe de saúde e aos pacientes e é composto por módulos que possibilitam monitorar as informações registradas, a quantidade de dados usados para a transmissão destas informações e gerar relatórios de falhas no sistema.

Nas primeiras etapas do desenvolvimento o sistema fez uso do Microsoft Health Vault [Microsoft, 2007]. Atualmente é utilizado um servidor de aplicação independente. Este servidor é composto por aplicações Java, que oferecem seus serviços através de Web Service e por uma interface Web. Para oferecer a compatibilidade entre versões diferentes das aplicações, a API utilizada na etapa anterior foi reproduzida na nova versão.

Através dos dados obtidos pelo SMAI Web (Figura 8), é possível confirmar, por exemplo, o aumento do consumo de dados ao se lançar uma nova versão do sistema. É importante destacar que houve um aumento no consumo de dados no mês de Fevereiro de 2016 devido a migração do sistema para o SMAI Server. Outro ponto importante a ser observado é que a transmissão de dados pelos módulos iniciados a partir das notificações é maior (Relatórios e Remédios tomados).

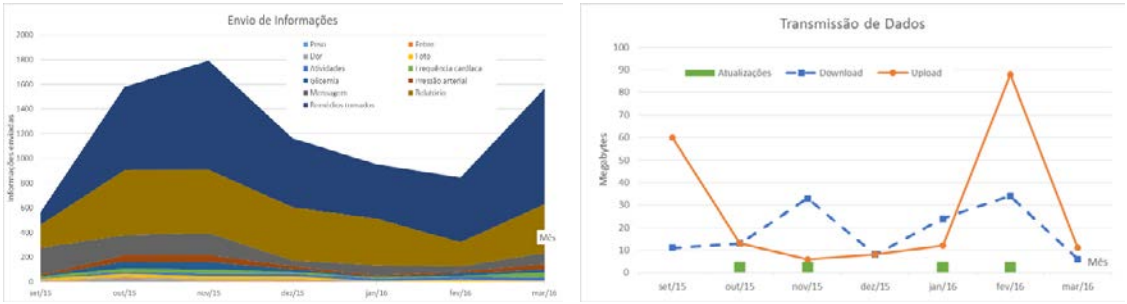


**Figura 8. (a) Quantidade de informações enviadas (b) consumo de dados**

Atualmente o SMAI consome, por usuário, uma média de 28 MBytes de upload e 18 MBytes de download por mês. O sistema registra uma média de 1200 informações inseridas pelos usuários e mais de 8900 localizações registradas automaticamente.

## 6. Avaliação

**Estudo piloto.** No início de 2015 o protótipo do SMAI passou por uma primeira avaliação. Um grupo de 5 cuidadores recebeu um aparelho com a versão SMAI instalada. O sistema deveria ser usado por 15 dias, da melhor forma, sem compromisso de fornecer dados reais. Uma reunião foi realizada para a entrega dos aparelhos e um treinamento simples no o uso das principais funções, *hands-on*, foi oferecido pela equipe de Computação. Este treinamento durou em média 40 minutos.

Durante a reunião marcada para a devolução dos aparelhos, foi realizada uma pesquisa informal de opinião com os cuidadores com destaque para os seguintes pontos: (i) todos os cuidadores fariam uso contínuo do sistema; (ii) alguns cuidadores não entenderam completamente algumas opções; (iii) sugestões foram registradas no sentido de mudar algumas opções ou acrescentar a possibilidade de informar detalhes.

**Teste clínico.** Um teste clínico *quasi*-randomizado está sendo realizado para avaliar o sistema. 30 cuidadores receberam um aparelho Motorola Moto G com um plano de dados de 50 Mbytes para utilizar o SMAI Cuidador e um grupo de controle de 30 cuidadores é acompanhado com questionários por telefone. A duração prevista é de nove meses. Reuniões de grupo focal são realizadas periodicamente, além das consultas ambulatoriais programadas. O retorno dos cuidadores tem sido muito positivo.

## 7. Conclusão

O SMAI foi desenvolvido com uma arquitetura modular, visando facilitar o acréscimo de novas funções e o lançamento de novas versões, o que foi mais frequente no início de sua avaliação. A implementação desta arquitetura foi realizada de acordo com os requisitos obtidos com os profissionais de saúde do NAI e a partir dos padrões sugeridos pela Google. Os usuários tem acesso ao sistema através de *smartphones* e *tabets* e a interface foi desenvolvida de modo a simplificar a interação com o aplicativo.

O SMAI conta ainda com um Web Service, que realiza a comunicação entre o aplicativo dos cuidadores e a aplicação da equipe de saúde. Além disso, o serviço também disponibiliza uma página Web para a equipe de desenvolvimento verificar a utilização do sistema, relatórios de erro e o consumo de dados das aplicações.

Vários aprimoramentos tem sido incluídos por demanda da equipe de saúde e dos próprios cuidadores. Também está sendo desenvolvida uma versão das aplicações voltada para o sistema móvel iOS, principalmente para atender a equipe de saúde.

**Agradecimentos.** Agradecemos o auxílio financeiro da FAPERJ e CNPq e o apoio do InovUERJ no processo de registro do software junto ao INPI e nos pedidos de patente.

## 8. Referências

Celler, B. G., Basilakis, J., Budge, M. e Lovel, N. H. (2006) "A clinical monitoring and management system for residential aged care facilities", 28th IEEE EMBS Annual Intl. Conferences, pp. 3301-3304, New York, EUA.

Dorsey, E. R. (2013) "Randomized controlled trial of "virtual houses calls" for Parkinson disease", JAMA Neurology, vol. 70, no. 5, pp. 565- 70.

Finkelstein, S. M., Speedie, S. M. e Potthoff, S. (2006) "Home telehealth improves clinical outcomes at lower cost for home healthcare", Telemed. Jrnl. and E-health, vol. 12, no. 2, pp. 128-38.

Fisher, G. S. (2006) "Brief Communication: Electronic Reminds to Patiens Within an Interactive Patients", Telemed. Jrnl. and e-Health, vol.12, no. 2, pp. 128-38.

Google, "Android", http://www.android.com/about/

Jaglal, S. B., Haroun, V. A., Salbach, N. M., Hawker, G., Voth, J. e Lou, W. (2013) "Increasing access to chronic disease self-management programs in rural and remote communities using telehealth", Telemed. Jrnl. and e-Health, vol.19, no.6, pp.467-74.

Krasner, G. E., Pope, S. T. (1988) "A description of the model-view-controller user interface paradigm in the smalltalk-80 system", Journal of object oriented programming 1.3, pp. 26-49.

Keranen, T. e Liikkanen, S. (2013) "Medication reminder service for mobile phones: an open feasibility study in patients with Parkinson's disease", Telemed. Jrnl. and e-Health, vol.19, no. 11, pp. 888-90.

Microsoft, "HealthVault", https://www.healthvault.com/br/en

Mosa, A. S. M., Yoo, I. e Sheets, L. (2012) "A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphone", BioMed Central – Medical Informatics and Decision Making, vol. 12, pp. 67.

Nicholas, D., Huntington, P. e Jamali, H. (2007) Digital Health Information for the Consumer: Evidence and Policy Implications, Ashgate Publishing, Ltd., England.

Oracle, "GlassFish", http://www.oracle.com/technetwork/middleware/glassfish/overview/index.html

Sanches, L. M., Alves, D. S., Lopes, M. H. e Novaes, M. A. (2012) "The practice of telehealth by nurses: an experience in primary healthcare in Brazil", Telemed. Jrnl. and e-Health, vol. 18, no.9, pp. 679-83.

Stutzel, M. C, Filippo, M. P., Sztajnberg, A., Brittes, A., Motta, L. B. (2016) "SMAI – Mobile System for Elderly Monitoring", 4th IEEE SeGAH International Conference on Serious Games and Applications for Health, Orlando, EUA.