

Simulação computacional de uma arquitetura para monitoramento de sinais vitais de pacientes

Luana Coelho de Moraes¹
Stella Jacyszyn Bachega²

Dalton Matsuo Tavares³

Resumo: O monitoramento de pacientes tem se destacado entre as práticas utilizadas para promoção e reabilitação da saúde. Com isso, a inovação tecnológica ganha cada vez mais importância nesse segmento. Como técnica de auxílio a este tipo de inovação, a simulação computacional vem sendo amplamente utilizada. Nesta perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo representar, via simulação computacional, uma arquitetura para monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes. A pesquisa é classificada como hipotético-dedutiva, a abordagem utilizada é quantitativa e o procedimento de pesquisa empregado é experimental. Para tanto, foi usada a simulação do tipo matemática realizada de forma numérica e estocástica. Este artigo mostra que é possível testar e validar a arquitetura em desenvolvimento para monitoramento de sinais vitais de pacientes, em longa distância, por meio de simulação computacional.

Palavras-chave: Simulação computacional. Sistema de monitoramento de pacientes. Arquitetura.

-
- 1 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharia. Contato: luanacoelho@live.com. Bolsista do Programa Institucional de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/UFG/CNPq).
 - 2 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Engenharias. Contato: stella@ufg.br
 - 3 Universidade Federal de Goiás – UFG. Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Biotecnologia. Contato: dalton_tavares@ufg.br

1 Introdução

O constante aumento da expectativa de vida no final do século XX acarretou na modificação do perfil das patologias, sendo que a idade avançada e hábitos criados ao longo da vida são causas de doenças crônicas degenerativas, as quais requerem uma atenção especial (MALTA et al., 2006). Diante disso, faz-se necessário o uso de práticas para a promoção e reabilitação da saúde além da prevenção e tratamento de doenças (LUCCHESI et al. 2010). Dentre essas práticas se destaca o monitoramento de pacientes com o intuito de diminuir o agravamento das doenças e auxiliar na alocação de recursos e diagnósticos precoces, visando a diminuição dos índices de mortalidade (PEIXOTO et al., 2008).

Percebe-se então, que a inovação tecnológica é um ponto de extrema importância nos métodos de monitoramento de pacientes. De acordo com Barra et al. (2006), desde os primórdios são relatados inúmeros benefícios fornecidos pela tecnologia à saúde, os quais modificam, de forma excepcionalmente positiva, o diagnóstico e o tratamento de doenças. Por exemplo, o monitoramento pode ser realizado através de um smartphone que, conforme Mims (2010), transmite informações do paciente em tempo real para os médicos. Torna-se possível, a partir disso, configurar novas aplicações para o monitoramento de sinais vitais e sintomas de doenças. Isso possibilita o rápido atendimento de emergências além do compartilhamento de informações entre os profissionais envolvidos.

Quando se trata de simulação computacional, nota-se que esta técnica vem sendo utilizada como auxílio ao desenvolvimento tecnológico no monitoramento de pacientes, como pode ser visto em Badal et al. (2013), Chunming e Xuemei (2010), Hasan et al. (2014), Sirait et al. (2013) e Sloane e Gelhot (2004). A simulação computacional auxilia o processo decisório, tornando possível optar pela melhor decisão após várias experimentações, o que é fundamental quando se quer evitar falhas e permitir assim o melhor bem-estar dos pacientes.

Ao se fazer necessária a manipulação e validação de variáveis em um curto horizonte de tempo, modelos de simulação se destacam por flexibilizar essas ações, que muitas vezes seriam impraticáveis por conta do alto preço ou pela impossibilidade de realizá-las. Assim sendo, a simulação se trata da representação de um sistema, baseado em um modelo real, para que se consiga elaborar cenários nos quais possam ser compreendidos seus comportamentos e deste modo, facilitar o processo decisório (DIAS; CORREA, 1998; LAW; KELTON, 2006). Visto isso, advoga-se que a simulação pode e deve ser aplicada para teste e validação de arquiteturas de monitoramento de sinais vitais em pacientes, antes de seu efetivo teste em seres humanos.

Este artigo contribui com a etapa de realização de testes, via simulação computacional, da arquitetura desenvolvida para o monitoramento em tempo real

do estado geral de saúde de pacientes, no âmbito do Projeto de Pesquisa intitulado “Arquitetura Para Monitoramento de Sinais Vitais em Longa Distância em Saúde” vinculado ao Grupo de Desenvolvimento de Produtos Mecatrônicos. O referido projeto possui o intuito de desenvolver uma arquitetura que proporcione o monitoramento remoto de pacientes atendidos no Sistema Único de Saúde (SUS)⁴, que seja de baixo custo e dotada de uma gama de sensores que não sejam específicos de fabricante.

Neste sentido, o presente artigo possui como objetivo representar, via simulação computacional, uma arquitetura para monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes. Cabe salientar que o escopo dessa pesquisa é a representação da arquitetura para o entendimento do funcionamento de como o monitoramento de sinais vitais de pacientes poderá ser realizado no âmbito de um hospital. Assim, a simulação computacional é utilizada para compreender o contexto da aplicação da tecnologia em desenvolvimento. O modelo resultante da pesquisa permite a análise do comportamento do sistema via animação dinâmica, considerando os dados inseridos no modelo.

Para tanto, na primeira seção é apresentada a revisão bibliográfica; na segunda é exposta a metodologia da pesquisa; na terceira seção são apresentados os resultados obtidos e suas discussões; e, na última seção, as considerações finais.

2 Revisão bibliográfica

Simulação trata-se de um modelo detalhado de um sistema real, utilizado para realizar experimentações a fim de definir as respostas do sistema quando são feitas mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno (HARRELL; GHOSH; BOWDEN, 2012). No mesmo sentido, Berends e Romme (1999) definem simulação como sendo um método de criação de conhecimento racional a partir de modelos objetivos, que demonstram o comportamento de processos da vida real. Refere-se a concepção de um modelo e experimentação com o mesmo por meio da manipulação de variáveis dentro dele.

A simulação, quando realizada com auxílio de computadores, é denominada simulação computacional. De acordo com Law e Kelton (2006), este método refere-se a técnicas que utilizam computadores para imitação ou simulação de operações ou processos do mundo real.

Pode-se utilizar de simulação em uma vasta gama de aplicações, como projeto e análise de sistemas de produção, avaliação de requisitos de sistemas de computadores e de armas militares, projeto de sistemas de comunicação e de instalações, avaliação de projetos de organizações de serviços, entre outras. Com

4 Parecer consubstanciado do CEP nº 879.910 aprovado em 16/11/2014.

isso, Buffa e Sarin (1987) classificam os tipos de uso de simulação em três categorias, sendo elas: projeto, diagnóstico e treinamento.

Salvo as inúmeras vantagens do uso de simulação, a incomplexidade de sua aplicação quando comparada aos métodos analíticos pode trazer armadilhas e causar adversidade em projetos. Law e Kelton (2006) e Freitas Filho (2008) abordam tais armadilhas, que segundo os primeiros autores podem ser: falha na definição do conjunto de objetivos no início do estudo de simulação; inadequado nível de detalhamento do modelo; falhas de comunicação com os gestores durante o estudo; tratamento do estudo de simulação como apenas um exercício de utilização de software em computador; falta de inclusão de pessoas com conhecimento de estatística e pesquisa operacional na equipe de modelagem; adoção de software de simulação inadequado; confiança de que os simuladores tornam a simulação acessível a todos; ignorância das fontes de aleatoriedade no sistema atual; mau uso da animação; uso arbitrário de distribuições de probabilidade como dados de entrada; análise de resultados a partir de uma rodada usando fórmulas estatísticas; uso de uma única replicação de um modelo de simulação e consideração dos resultados obtidos como “a verdadeira resposta”; comparação de modelos alternativos do sistema com uma única replicação em cada modelo e; uso de medidas de desempenho erradas.

Diversos autores sugerem um conjunto de passos para a condução de um estudo de simulação. Neste trabalho, são seguidos os passos propostos por Law e Kelton (2006), a saber: formulação do problema e planejamento do estudo; coleta de dados e definição do modelo; validação do modelo; construção do programa computacional e verificação; realização de execuções piloto; validação do modelo programado; projeto dos experimentos; realização das execuções de simulação; análise de resultados; documentação, apresentação e implementação dos resultados. Estas etapas são discutidas na seção 3.

3 Metodologia

Esta pesquisa caracteriza-se como hipotético-dedutiva (CARVALHO, 2000). A principal proposição considera que é possível testar e validar a arquitetura desenvolvida para monitoramento de sinais vitais de pacientes, em longa distância, por meio de simulação computacional.

O procedimento de pesquisa empregado nesse trabalho é experimental, que, segundo Bryman (1989), é o mais indicado para abordagens quantitativas. Esse procedimento se relaciona com experimentos controlados em laboratório e também com modelagens matemáticas e simulações computacionais (BRYMAN, 1989). O referido procedimento é utilizado nesta pesquisa pelo uso de simulação.

A simulação pode ser definida como a técnica na qual se utiliza um objeto ou representação parcial ou total de uma tarefa a ser replicada (ZIV et al., 2006). Neste trabalho é usada a simulação do tipo matemática realizada de forma numérica e estocástica (LAW; KELTON, 2006). A simulação computacional foi feita com o uso do software ProModel® Professional SP4 Versão 8.6, seguindo-se as etapas para realização de um estudo de simulação conforme Law e Kelton (2006).

O sistema foi modelado e analisado de acordo com as recomendações para sistemas terminais (FREITAS FILHO, 2008). O nível de confiança considerado foi de 95%, para identificação do intervalo de confiança de cada medida de desempenho. Para este modelo, foram realizadas trinta replicações, sendo cada uma com duração de vinte e quatro horas. O período de aquecimento utilizado foi de oito horas, que corresponde ao tempo mínimo utilizado de internação do paciente. O número de replicações foi considerado satisfatório, pois o *half-width* encontrado foi de até dez por cento da média amostral (meta estabelecida). O *half-width* foi interpretado conforme Kelton, Sadowski e Sadowski (2002).

4 Discussão e resultados

A discussão das etapas seguidas para o desenvolvimento do estudo de simulação, conforme Law e Kelton (2006), estão a seguir:

- Etapa 1) Formulação do problema e planejamento do estudo: dentre as informações contidas aqui estão a definição do tempo requerido para finalizar cada etapa do projeto de simulação, a identificação das pessoas envolvidas, a geração de hipóteses, entre outras.
- Etapa 2) Coleta de dados e definição do modelo: o cenário elaborado foi inspirado na realidade de um hospital real. A arquitetura em estudo foi abstraída através de um modelo conceitual e foram coletados os dados técnicos referentes a arquitetura. O modelo conceitual foi elaborado por meio da técnica IDEF-SIM (BATEMAN et al., 2013).
- Etapa 3) Validação do modelo conceitual: o modelo conceitual elaborado foi percorrido de modo estruturado e validado para o início da próxima fase.
- Etapa 4) Construção do programa computacional e verificação: programação do modelo no software de simulação computacional ProModel®. Em seguida foi feita a verificação do funcionamento e realizados possíveis ajustes.
- Etapa 5) Realização de execuções piloto: foram feitas execuções iniciais para a validação do modelo, nas quais executa-se o programa com os

mesmos parâmetros, considerando que uma simulação é composta de diversas execuções.

- Etapa 6) Validação do modelo programado: determinação de que o modelo é uma representação segura da arquitetura testada. Para tal validação fez-se a checagem e calibração do modelo frente às especificidades da arquitetura desenvolvida.
- Etapa 7) Projeto dos experimentos: definição de quais projetos de sistemas seriam simulados, qual a duração, as configurações e as condições iniciais da simulação.
- Etapa 8) Realização das execuções de simulação: foram efetuadas execuções do modelo elaborado, para que os resultados e medidas de desempenho fossem empregados na validação.
- Etapa 9) Análise de resultados: determinação do desempenho absoluto de configurações específicas do sistema a partir do emprego de técnicas estatísticas, por exemplo, para analisar os dados de saída das execuções realizadas.
- Etapa 10) Documentação e implementação: elaboração de documentação adequada do estudo com a finalidade de contribuir para o entendimento do trabalho realizado, promovendo a credibilidade dos resultados que o mesmo apresentará.

Portanto, formulou-se o problema e realizou-se o planejamento do estudo, a coleta dos dados e a definição do modelo, por meio do modelo conceitual desenvolvido com uso da técnica IDEF-SIM, o qual foi validado na etapa seguinte. Realizou-se, então, o estudo de simulação, construindo o modelo computacional do cenário elaborado no modelo conceitual, com uso do software ProModel®. Para a realização desta etapa, foi necessário o uso de algumas lógicas de programação presentes no software utilizado. As lógicas utilizadas e suas respectivas funções foram (PROMODEL, 2012):

- BEGIN: Define um bloco de declaração com um END correspondente. BEGIN e END são quase sempre usados em conjunção com outras declarações de controle como o IF... THEN e WHILE... DO.
- If...Then...Else: Executa um bloco de declaração ou declaração se a expressão booleana é verdadeira. Se uma instrução ELSE está inclusa e a expressão booleana é falsa, uma declaração alternativa ou bloco de instrução é executado.
- JOIN: Junta-se uma determinada quantidade de um tipo de entidade designada para a entidade atual.
- MOVE WITH: Utilizado para mover uma entidade designada usando um recurso, tal como uma pessoa ou empilhador. Com o operador OR, é possível designar recursos alternativos para fazer o movimento. A declaração capta o primeiro recurso disponível, designada na sua expressão, e faz o movimento.

- ORDER: Faz com que o número especificado de entidades a ser criada seja colocado no sistema no local designado.
- USE: Captura um recurso, ou a combinação dos recursos, quando cada recurso se torna disponível. Uma vez que o recurso foi capturado, este é usado pela quantidade de tempo especificada e, em seguida, liberado quando a duração especificada é longa.
- WAIT: Simula o tempo que leva para processar uma entidade. WAIT atrasa o processamento adicional da entidade até que tenha decorrido o tempo especificado. O resto do modelo continua enquanto uma entidade espera.
- CONTENTS: Retorna o número total de entidades numa localização, ou o número de um certo tipo de entidade em um local.
- MOVE FOR: Utilizado para indicar a quantidade de tempo necessária para mover a entidade.

Realizou-se, então, a programação do cenário elaborado. Para tanto, seguiu-se o modelo conceitual desenvolvido por meio da técnica IDEF-SIM (vide Figura 1). A legenda do IDEF-SIM encontra-se no Quadro 1. A partir do modelo conceitual, pôde-se efetuar a modelagem e a simulação computacional no software ProModel®.

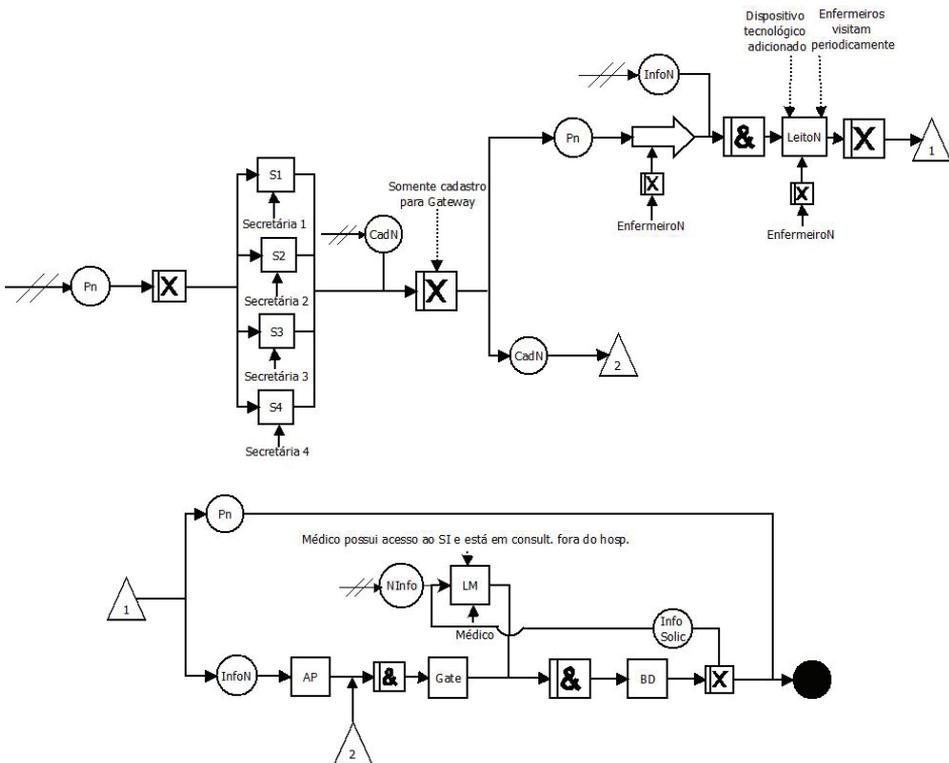


Figura 1 Modelo conceitual utilizando a técnica IDEF-SIM.

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 1 Legenda do IDEF-SIM desenvolvido.

Entidade	Nome
CadN	Cadastro do Paciente N
InfoN	Informações do Paciente N coletadas no dispositivo tecnológico
Info Solic	Informação Solicitada
Ninfo	Necessidade de informação de paciente
Pn	N Pacientes
Recurso	Nome
Enfermeiro N	N enfermeiros (N = 1, 2, ..., 13)
Funções	Nome
AP	<i>Access Point</i>
BD	Banco de dados
Gate	<i>Gateway</i>
LeitoN	N leitos disponíveis (N = 1, 2, ..., 64)
LM	Local do médico
Sn	Secretaria do Hospital (n = 1, 2, 3, 4)

Fonte: Dados da pesquisa.

O cenário considerado para o desenvolvimento do modelo conceitual e computacional (Figuras 2 e 3) foi: em um hospital, os pacientes chegam até o local, respeitando uma distribuição probabilística de tempo (distribuição uniforme) e aguardam o atendimento nas cadeiras de espera. Para serem atendidos, há a necessidade de se cadastrarem na secretaria do hospital (“dar entrada”). A secretária cadastra o paciente, e esse cadastro é armazenado em um banco de dados. Esses pacientes são direcionados para os quartos por enfermeiros que instalam um dispositivo tecnológico para o monitoramento de sinais vitais desses pacientes.

Após o primeiro atendimento, de tempos em tempos, os enfermeiros se direcionam aos quartos para solicitarem as medições nos pacientes. As medições são realizadas da seguinte forma: o enfermeiro, via dispositivo móvel (celular), entra em um sistema de informação e solicita as medições no dispositivo tecnológico. O dispositivo tecnológico coleta, a partir do paciente, as informações solicitadas pelo enfermeiro no celular e envia essas informações para um *access point*. Esse *access point* envia as informações para um *gateway* e este envia as informações para o banco de dados. Esse banco de dados possui todo o histórico do paciente.

O médico, em qualquer lugar que esteja, por exemplo, em seu consultório, pode solicitar o acesso aos dados do paciente via dispositivo móvel (tablet, celular etc.) ou fixo (computador desktop etc.), desde que esses dispositivos tenham

acesso ao sistema de informação. Quando solicitadas, todas as informações do paciente são, então, direcionadas ao dispositivo utilizado pelo médico.

Salienta-se que na Figura 2 são apresentadas as partes iniciais do cenário considerado para o desenvolvimento do modelo computacional, onde há: a) a vista do hospital, inserida no software ProModel®; b) demonstração da área de espera dos pacientes que chegam para serem atendidos; c) cadastro dos pacientes que chegaram na área de espera. Nota-se que o cadastro é realizado pelas secretárias.

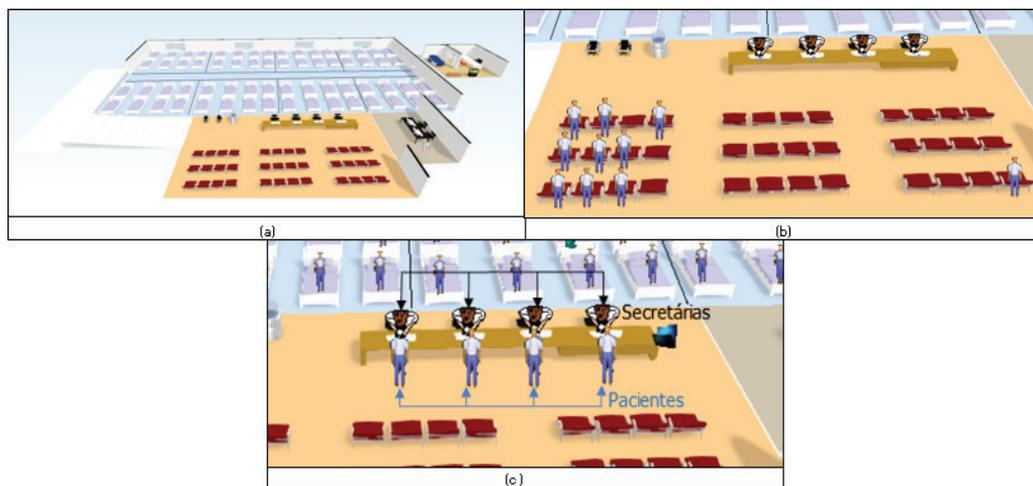


Figura 2 Partes iniciais do cenário considerado para o desenvolvimento do modelo computacional. (a) Vista do hospital no software ProModel®. (b) Pacientes chegam ao hospital e aguardam nas cadeiras de espera. (c) Realização do cadastro do paciente pela secretária.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 3 há as demais partes do cenário elaborado, a saber: a) os cadastros realizados pelas secretárias são armazenados no banco de dados; b) os pacientes sendo encaminhados pelos enfermeiros para os quartos de internação; c) indicação dos quartos com pacientes internados, já com o dispositivo de monitoramento remoto de pacientes. Neste momento, o enfermeiro está realizando rondas para verificação de pacientes; d) as informações geradas pelos dispositivos de monitoramento, neste momento, estão sendo enviadas do *access point* para o *gateway*, e posteriormente serão encaminhadas para o banco de dados; e) o médico solicita acesso as informações dos pacientes, diretamente do consultório; f) as informações dos pacientes que estão no banco de dados, e que foram solicitadas pelo médico, são enviadas para o consultório.

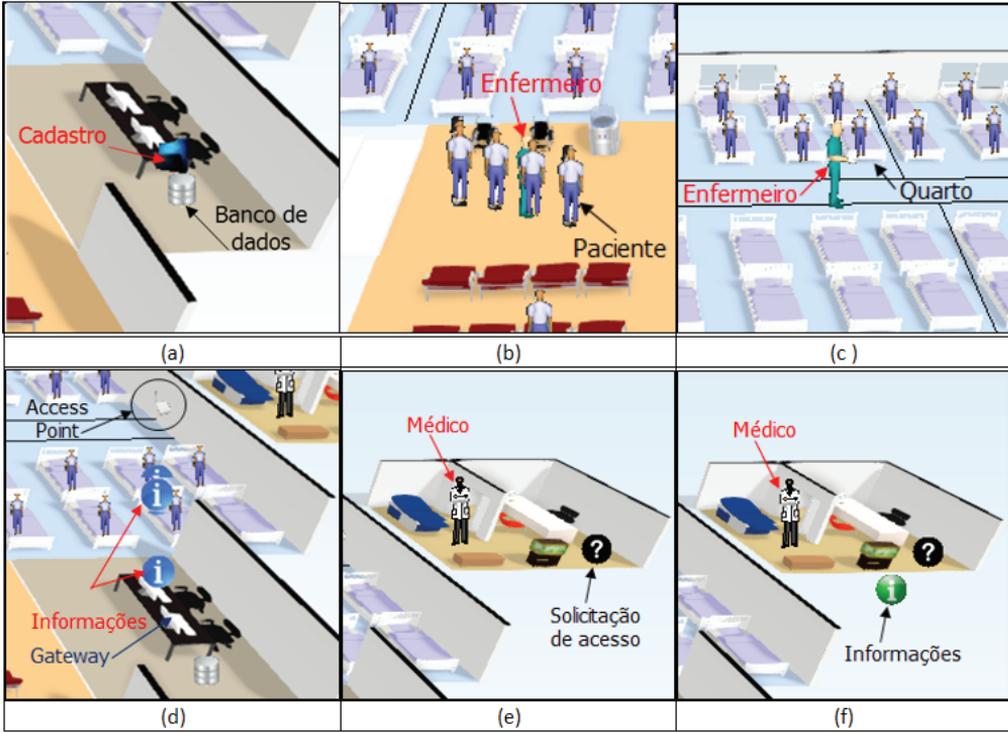


Figura 3 Demais partes do cenário considerado para o desenvolvimento do modelo computacional. (a) Armazenamento do cadastro no banco de dados. (b) Pacientes direcionados por enfermeiros para o quarto. (c) Enfermeiros se direcionam aos quartos para solicitar medições. (d) *Access point* envia as informações do paciente para um *gateway*. (e) Médico solicita acesso aos dados do paciente. (f) Informações do paciente são direcionadas ao médico.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 1 apresenta os resultados do modelo desenvolvido quanto a entidade ‘pacientes’. As medidas de desempenho analisadas foram o total de saídas do sistema (número de pacientes atendidos), a quantidade atual de pacientes que ainda permaneceram no sistema (pacientes ainda em internação após o término das replicações) e tempo médio no sistema em horas. Para cada medida de desempenho, é possível verificar os valores: média, mínimo, máximo, desvio padrão e *half-width*.

Tabela 1 Resultados sobre os pacientes.

Medida de desempenho	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Half-width
Total de saídas (pacientes)	51,80	24,00	73,00	12,63	4,72

Continua

Tabela 1 Resultados sobre os pacientes. (Continuação)

Medida de desempenho	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Half-width
Quantidade atual no sistema (pacientes)	60,80	28,00	88,00	13,80	5,15
Tempo médio no sistema (horas)	16,17	14,84	17,53	0,59	0,22

Fonte: Dados da pesquisa.

Verificou-se que, em média, 51,80 pacientes foram completamente atendidos. Essa medida de desempenho teve um mínimo de 24,00 e uma máximo de 73,00 pacientes. A quantidade de pacientes que ainda permaneceu no sistema foi de, em média, 60,80 pacientes, com o mínimo de 28,00 e o máximo de 88,00 pacientes.

Quanto ao tempo médio no sistema, o paciente ficou, em média, 16,17 horas no hospital. O menor tempo médio no sistema obtido nas replicações foi de 14,84 horas e o maior tempo médio obtido foi de 17,53 horas. Ressalta-se que todos os *half-widths* foram inferiores a 10% das médias amostrais, indicando que o número de replicações realizadas foi satisfatório.

5 Considerações finais

A simulação computacional tem se destacado como técnica de apoio a inovações tecnológicas no segmento da saúde. Quando se trata de monitoramento remoto de pacientes à longa distância, esta técnica tem sido empregada.

O presente trabalho apresentou o cenário desenvolvido durante o estudo de simulação computacional da arquitetura para monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes. Por meio da elaboração de um modelo conceitual utilizando a técnica IDEF-SIM e sua implementação como modelo simulado no software Pro-Model®, tornou-se possível representar a arquitetura em desenvolvimento para monitoramento remoto de sinais vitais de pacientes, considerando a realidade de um hospital. Portanto, o objetivo deste artigo foi atingido e a proposição levantada foi corroborada.

Esta pesquisa contribui ao divulgar o uso da simulação computacional como técnica para estudo de arquiteturas para monitoramento remoto de pacientes à longa distância, melhorando a compreensão sobre este tema. Ainda, expõe que esta técnica pode ser utilizada como apoio a decisão em projetos de desenvolvimento tecnológico e inovação.

Sugere-se, como pesquisa futura, o acompanhamento da evolução da arquitetura desenvolvida e a elaboração de um novo cenário após a aplicação prática da tecnologia em desenvolvimento. Após a experimentação, sugere-se a comparação dos cenários e, por meio da alimentação de dados reais ao modelo simulado, a busca por melhorias da arquitetura em funcionamento.

Agradecimentos

Os autores do artigo gostariam de agradecer o apoio oferecido pelas agências DE-CIT/SCTIE/MS/CNPq/ FAPESP na forma de recurso financeiro para a aquisição de equipamento, garantido pelos editais 006/2012 e 12/2013. Também, gostariam de agradecer ao CNPq pela bolsa concedida pelo Programa Institucional de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/UFMG/CNPq).

Referências

- BADAL, A.; ZAFAR, F.; DONG, H.; BADANO, A. A real-time radiation dose monitoring system for patients and staff during interventional fluoroscopy using a GPU-accelerated Monte Carlo simulator and an automatic 3D localization system based on a depth camera. In: Progress in Biomedical Optics and Imaging – SPIE. *Proceedings...SPIE 2013*, v. 8668, 11 p., 2013.
- BARRA, D. C. C.; NASCIMENTO, E. R. P.; MARTINS, J. J.; ALBUQUERQUE, G. L.; ERDMANN, A. L. Evolução histórica e impacto da tecnologia na área da saúde e da enfermagem. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, Goiânia, v.8, n.2, p.422-430, 2006. Disponível em: <http://www.fen.ufg.br/revista/revista8_3/v8n3a13.htm>. Acesso em: 24 mar. 2015.
- BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. O.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; MONTEVECHI, J. A. B. *Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BERENDS, P.; ROMME, G. Simulation as a research tool in management studies. *European Management Journal*, v.17, n.6, pp.576–583, 1999.
- BRYMAN, A. *Research methods and organization studies*. London: Uniwin Hyman, 1989. 224 p.
- BUFFA, E. S.; SARIN, R. K. *Modern Production/Operations Management*. 8ª ed. John Wiley & Sons, 1987. 834 p.

- CARVALHO, M. C. M. de. A construção do saber científico: algumas proposições. In: CARVALHO, M. C. M. de (org.). **Construindo o saber**. 2.ed. Campinas, SP: Papirus. pp.63-86. 2000.
- CHUNMING, W.; XUEMEI, Z. Routing Algorithm Simulation of The Patient Monitoring System Based on ZigBee. In: 2010 International Conference on Networking and Digital Society. **Proceedings...ICNDS 2010**, v.2, p.26-29, 2010.
- DIAS, G. P. P.; CORREA, H. L. Uso de simulação para dimensionamento e gestão de estoques de peças sobressalentes. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. **Anais...SIMPOI**, 12 p., 1998.
- FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. Florianópolis: Visual Books. 2^a ed. 2008.
- HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. O. **Simulation using ProModel**. New York: McGraw Hill, 2012.
- HASAN, K.; RUSHO, R. Z.; HOSSAIN, T.; GHOSH, T. K.; AHMAD, M. Design and simulation of cost effective wireless EEG acquisition system for patient monitoring. In: 2014 International Conference on Informatics, Electronics and Vision. **Proceedings... ICIEV 2014**, p. 1-5, 2014.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. **Simulation with Arena**. 2nd ed., New York: McGraw-Hill, 2002.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling & Analysis**. 4th edition, New York: McGraw- Hill, 2006.
- LUCCHESI, R.; VERA, I.; ROCHA, W. As políticas públicas de saúde – SUS - como referência para o processo ensino-aprendizagem do enfermeiro. **Revista Eletrônica de Enfermagem**. v. 12, n. 03, 2010.
- MALTA, D. C.; CEZÁRIO, A. C.; MOURA, L.; MORAIS NETO, O. L.; SILVA JÚNIOR, J. B. Construção da vigilância e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis no contexto do sistema único de saúde. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, n. 15, p. 47-64, 2006.
- MIMS, C. **Android-Powered Sensors Monitors Vital Signs and More**. MIT Technology Review, 2010. Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/>

view/419141/android-powered-sensors-monitors-vital-signs-and-more/>. Acesso em: 24 mar. 2015.

PEIXOTO, M. R. G.; MONEGO, E. T.; ALEXANDRE, V. P.; SOUZA, R. G. M.; MOURA, E. C. Monitoramento por entrevistas telefônicas de fatores de risco para doenças crônicas: experiência de Goiânia, Goiás, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.24, n.6, p.1323-1333, Jun, 2008.

PROMODEL. *ProModel 2011 User Guide*: version 8.6. 648 p., 2012.

SIRAIT, D. C.; BASARI; ZULKIFLI, F. Y.; RAHARDJO, E. T. An implanted dipole antenna for RFID-based patient monitoring system. In: 2013 International Conference on Quality in Research. *Proceedings... QiR 2013*, p. 142-145, 2013.

SLOANE, E.B.; GELHOT, V. Applications of the Petri net to simulate, test, and validate the performance and safety of complex, heterogeneous, multi-modality patient monitoring alarm systems. In: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology. *Proceedings... EMBC 2004*, v. 26, p. 3492-3495, 2004.

ZIV, A.; WOLPE P. R.; SMALL, S.D.; GLICK, S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, v. 1, n. 4, pp. 252-256, 2006.