

03

v. 6, n. 3 (2016)

www.periodicos.ufrn.br/reb

Natal/RN

ISSN: 2236-1103



Revista Brasileira de
**Inovação Tecnológica
em Saúde**



**ESTUDO DO CONTROLADOR ORGÂNICO
DERIVADO DE BIOMATERIAL LÁTEX
PARA CORREÇÃO DA PASSADA
DIABÉTICA UTILIZANDO A MUDANÇA
QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS
CARGAS APLICADAS AO PÉ**

ARTIGO PREMIADO



Revista Brasileira de
Inovação Tecnológica
em Saúde

Reitora
Vice-Reitor

Ângela Maria Paiva Cruz
José Daniel Diniz Melo

Editores-Chefes

Bruno Gomes de Araujo
Hélio Roberto Hékis
Ricardo Alexsandro de Medeiros Valentim

Conselho Editorial

Carlos Alberto Pereira de Oliveira
Cristine Martins Gomes de Gusmão
Custodio Leopoldino de Brito Guerra Neto
Danilo Alves Pinto Nagem
Hertz Wilton de Castro Lins
Irami Araújo Filho
José Diniz Júnior
Karilany Dantas Coutinho
Sheila Andreoli Balen

Editores

Antonio Higor Freire de Moraes
Diego Rodrigues de Carvalho
Giovani Ângelo Silva da Nóbrega
João Paulo Queiroz dos Santos
Macêdo Firmino
Robinson Luís de Souza Alves
Rosiane Viana Zuza Diniz

Comitê Editorial Executivo

André Soares
Cintia Bezerra da Hora
Heloísa Amélia Lemos Apolônio
José Correia Torres Neto
Letícia Torres

SUMÁRIO

ARTIGO PREMIADO

ESTUDO DO CONTROLADOR ORGÂNICO DERIVADO DE BIOMATERIAL LÁTEX PARA CORREÇÃO DA PASSADA DIABÉTICA UTILIZANDO A MUDANÇA QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS CARGAS APLICADAS AO PÉ

Diana Carolina Montilla Perafán, Jaqueline Alves Ribeiro, Suelia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa, Marina Pinheiro Marques, Afonso Delgado Soares de Souza e Daniela Neves Lima

04

ARTIGOS ORIGINAIS

KDD NA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO PACIENTE POR PROFISSIONAIS DA ENFERMAGEM

Vagner José Lopes, Deborah Ribeiro Carvalho e Janaina Verônica Lahm

20

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRIAGEM DA ACUIDADE VISUAL E DO LIMIAR AUDITIVO ACOPLADOS EM UM BANCO DE DADOS

Fabício Carvalho Soares, Marcos Pinotti Barbosa, Ricardo Queiroz Guimarães e Márcia Fernanda da Costa Reis Guimarães

32

UMA METODOLOGIA PARA OTIMIZAR O SISTEMA DE MELHORIA CONTINUADA DO AVASUS COM FOCO NAS EXPERIÊNCIAS DO USUÁRIO

Geir Veras Vieira, Natanael de Freitas Neto, Karla Mônica Dantas Coutinho, Lidiane Alves da Cunha Laranjeiras, Ricardo Alexandro de Medeiros Valentim e Karilany Dantas Coutinho

45



ESTUDO DO CONTROLADOR ORGÂNICO DERIVADO DE BIOMATERIAL LÁTEX PARA CORREÇÃO DA PASSADA DIABÉTICA UTILIZANDO A MUDANÇA QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS CARGAS APLICADAS AO PÉ

STUDY OF THE ORGANIC CONTROLLER DERIVATIVE FROM LÁTEX BIOMATERIAL TO CORRECTIONS ON THE DIABETIC STEP USING THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHANGE OF LOADS APPLIED ON THE FOOT.

Diana Carolina Montilla Perafán

Universidade de Brasília, e-mail: dcmp1807@gmail.com

Jaqueline Alves Ribeiro

Universidade de Brasília, Instituto Federal Goiano – Campus Ceres

Suelia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Universidade de Brasília

Marina Pinheiro Marques

Universidade de Brasília

Afonso Delgado Soares de Souza

Universidade de Brasília

Daniela Neves Lima

Universidade de Brasília



RESUMO

A Diabetes é uma doença que desenvolve mudanças físicas no corpo humano, dentre elas um caminhar inadequado. As investigações científicas estudam a etiologia mecânica do problema para criar novas tecnologias que ajudam a avaliar as principais variáveis do sistema, por isso, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a inserção de um elemento externo denominado Diabets Ground Control (DGC) cujo objetivo é propor um controlador para que por meio da mudança qualitativa e quantitativa das cargas aplicadas ao pé seja possível a correção da passada diabética. Essa interação controlada entre o pé diabético e o controlador é o que os autores defendem como a teoria

de Controle Orgânico. O modelo matemático proposto será construído usando a ferramenta Bond Graph (BG), um método alternativo as práticas clássicas de modelagem existentes introduzido por Paynter em 1961. Essa metodologia é fundamental para a concepção de uma teoria bio inspirada na área de Engenharia Biomédica, a teoria de Controle Orgânico. Como resultado, tem se a especificação do controlador a partir de sistemas mecânicos análogos ao sistema real e a especificação do sistema mecânico análogo ao dispositivo biotecnológico. Dessa forma, a palmilha DGC permitirá a redistribuição da carga por toda a extensão da planta do pé sempre interagindo diretamente na resposta do sistema.

PALAVRAS CHAVE: Diabets Ground Control; diabetes; modelo matemático; bond graph; biomaterial.

ABSTRACT

This work presents the development and the insertion of an external element denominated as Diabetes Ground Control (DGC) based in the mechanical etiology of the problem and evaluates the variation of the principal variables of the system. The objective of this work is to propose a controller that through the qualitative and quantitative change of the loads applied to the foot the correction of the diabetic step can be possible. This controlled interaction between the diabetic foot and the controller is what the authors defend as theory of Organic Control. To obtain the mathematical model will be used Bond Graph (BG) tool, an alternative method to the classical modeling practices existents, introduced by Paynter in 1961. This methodology is fundamental to the conception of a bio inspired theory in the Biomedical Engineering area, the theory of Organic Control. In this way, the DGC insole will allow the redistribution of load through the whole extension of the sole always interacting directly in the system response.

KEYWORDS: Diabets Ground Control; diabetes; Mathematical model; Bond graph; Biomaterial.

INTRODUÇÃO

As complicações decorridas da Diabetes revelam um grau de amputação e mortalidade elevadas. Vários estudos na literatura têm sido realizados para o entendimento e configuração de um quadro geral para tratamento e assistência. As principais injurias são deformação, ulcerações, arrastamento da perna (forçando os músculos da bacia),

cadência da marcha, velocidade e ciclo de tempo de passada. O que implica em um caminhar inadequado quando comparado com pessoas não portadoras de Diabetes. Para tais comparações são utilizados ambientes controlados, alterando variáveis como degraus, aclives e declives [1-7].

Com a constatação de que as lesões ocorridas no pé diabético tem sua etiologia mecânica, a ciência tem se esforçado em realizar a estabilização, correlação e correção desses fenômenos físicos entre a ocorrência da ulceração e a distribuição da pressão plantar.

Um estudo conduzido com análise 3D concluiu que o andar da pessoa com diabetes tipo 2 e sem neuropatia periférica [17] possui perda de flexibilidade por parte dos músculos gerando alterações da energia muscular. Além disso, outras variáveis de estudo, por exemplo a força de reação e a tensão de cisalhamento, mostram que a atividade muscular de algumas regiões eleva a tensão de cisalhamento e a força aplicada na fase do caminhar de pré-balanço e de propulsão, além da redução da absorção de choque devido a diminuição do momento vertical [18,19].

Na literatura são vários os estudos da variação da pressão. De acordo com [8-15], as variáveis de pressão e tensão de cisalhamento aplicadas em pontos distintos produzem efeitos nas regiões frontais do pé (*forefoot*) mais acentuadas que as regiões do calcanhar. Em um outro estudo os resultados mostram que o pico de pressão não ocorre no mesmo ponto da tensão de cisalhamento [16].

Assim, todas essas evidencias de ocorrência do déficit muscular, associado com decréscimos cinemáticos, devem ser aplicadas como estratégias na correção do caminhar diabético [12-15, 21, 22]. Alguns autores utilizaram palmilhas transdutoras para ser um indicador e corretor para realizar a distribuição plantar por meio de adaptações nos calçados e de palmilhas comerciais

tais como DH Pressure Relief Shoe™ e a Insole of DH Pressure Relief Shoe™ com formato hexagonal com a possibilidade de pedaços poderem ser removidos para promover o alívio da pressão plantar na região por exemplo ponto do metatarso [23-25].

Em outro estudo recente [26] foi demonstrado (usando sistemas mecânicos para capturar as características da tensão de cisalhamento e suas propriedades) que os pacientes diabéticos possuem baixa influência de elasticidade e viscoelasticidade em pontos relevantes de pressão plantar. Além disso, existe uma relação entre a parte frontal do pé com o intervalo do ângulo de movimento (*ankle range of motion*: ROM) na qual observa-se uma amplificação das forças mecânicas em associação com a diminuição do intervalo desse ângulo, refletindo em um aumento relevante de quedas e ulcerações [27].

Diante do problema enunciado, este trabalho irá apresentar uma nova abordagem do movimento humano e a distorção do caminhar diabético. Para isso os elementos mecânicos da proposta irão caracterizar a caminhada passiva por meio da concordância da impedância e a distorção do caminho. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo apresentar um modelo matemático do sistema mecânico do movimento do caminhar mais a impedância mecânica e induzir uma alteração no modelo equivalente à utilização de um elemento mecânico denominado Palmilha de Assistência Derivada do Biomaterial Látex (DGC). A palmilha, que será personalizada, terá características biocompatíveis e regenerativas, e compreenderá basicamente amortecedores em sua constituição.

Para obter o modelo matemático será usada a ferramenta *Bond Graph* (BG), um método alternativo as práticas clássicas de modelagem existentes introduzido por Paynter em 1961. Devido sua representação gráfica do sistema físico dinâmico, o BG facilita a compreensão da influência de cada elemento e a visualização do fluxo de

energia (ganho e perdas) por todo o sistema em estudo.

Dessa forma, o artigo discutirá as seguintes problemáticas, i) variação da tensão de cisalhamento e da pressão e ii) deflexão estática no processo. Respostas para estas questões irão propiciar maior compreensão do complexo processo de interação da passada do paciente diabético e o ambiente. Além disso, o conceito de controle orgânico será proposto na discussão do artigo visto que a necessidade da elaboração de uma teoria que compreenda a influência de elementos de controle em sistemas biológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A passada do diabético é um sistema bioinspirado, ou seja, procedimentos e técnicas simbióticas e microcognitivas são necessários para sua alteração. O controlador orgânico a ser proposto recorre às percepções do conjunto dos processos mentais utilizados para classificação, reconhecimento e compreensão do caminhar humano. Dessa forma, a metodologia adotada neste estudo pode ser definida em 4 etapas:

- a) Definir as hipóteses simplificadoras;
- b) Formulação matemática para a deflexão e alteração da trajetória;
- c) Especificação dos sistemas mecânicos análogos ao sistema real;
- d) Especificação do sistema mecânico análogo ao dispositivo biotecnológico DCG.

A) **Hipóteses simplificadoras.**

Algumas considerações necessariamente foram assumidas na modelagem matemática do sistema que são fundamentais para

se evitar uma complexidade elevada e, por vezes, desnecessária, do modelo. Estas são:

- i) O modelo desenvolvido é apenas uma representação aproximada, ou seja, não existe um modelo único do sistema, mas sim uma família de modelos com características e desempenhos variados;
- ii) Desprezou-se a força de atrito de Coulomb, estático (amortecedor), mas considerou-se o atrito seco da superfície;
- iii) A 1ª Lei da Termodinâmica foi aplicada;
- iv) Considera-se o efeito da equação de Lagrange (δq_i) deslocamento virtual não-infinitesimal.
- v) O deslocamento dos elementos (deflexão) será denominado por δ em regime estacionário.
- vi) A superfície S é fixa, ou seja, será considerado sem desalinhamentos (buracos e degraus) e nos casos de aclave e declive uma angulação será atribuída.
- vii) Não haverá rotação em torno dos eixos, apenas movimento translacional será trabalhado.
- viii) Simetria das pernas será tratada a perna direita.
- ix) Os parâmetros do sistema são concentrados.

B) **Formulação matemática para a deflexão e alteração da trajetória.**

A equação que se propõe para descrição da formação da trajetória normal é dada por:

$$x(t) = (k/4) * \sin(t) \quad (01)$$

Onde **t** é o tempo em segundos e **k** é a posição inicial (valor k inicial para incrementação do sinal) e **x(t)** posição final em metro, com condições iniciais nulas.

Devido aos fenômenos evolutivos da deformação do pé e diminuição da flexibilidade, a trajetória da pessoa com diabetes é alterada. Nesse contexto o sistema mecânico proposto análogo ao sistema em estudo possui uma impedância mecânica para representar o modelo de passada passiva, o diferencial com a passada normal. Na Figura 1 apresenta-se a ideia referente à descrição de três tipos de passadas normais, que são monitorados caso uma alteração do movimento ocorre quando um paciente diabético realiza a passada. As características normais podem ser medidas pela posição destes 3 pontos A, B e C e monitorizadas para qualquer deslocamento causado pela impedância mecânica (ou distorção ou distúrbio interno).

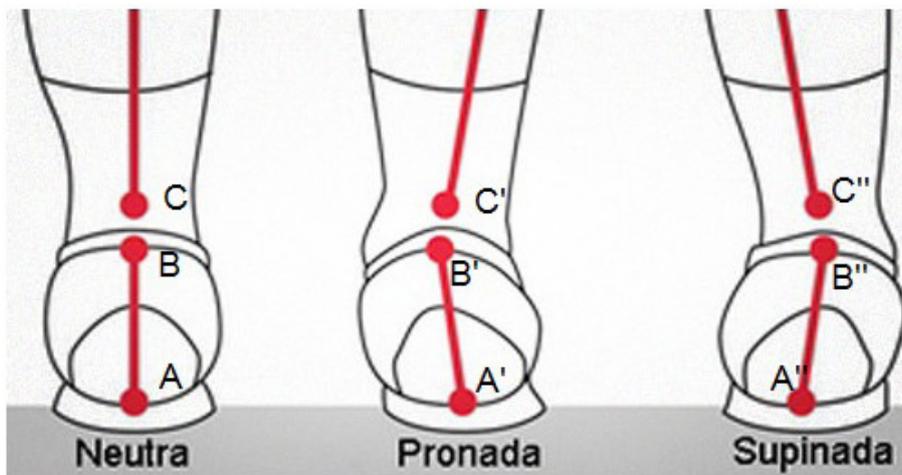


Figura 1 – Diagrama ilustrativo dos pontos A, B e C durante as pisadas neutra, pronada e supinada. Fonte: Prof. Dr. João Moura [38] e modificada pelo próprio autor (2016).

Para descrever a passada passiva formula-se a seguinte expressão:

$$x_p(t) = \left(\frac{k}{4}\right) * \sin(t) * m * g * h * \sin(\theta) + \text{noise} \quad (02)$$

Onde x_p é a trajetória da passada passiva; m = massa (kg); g = gravidade; h = distância do centro de massa do indivíduo até ângulo de balanço e θ o ângulo de balanço, com condições iniciais nulas. Esses elementos remetem ao modelo do pêndulo invertido, porém com algumas alterações. O seno do ângulo θ não será mais desprezado (usual na análise do modelo), pois o paciente

é diabético, e isso implica em um erro de aproximadamente 1,2% [32] em consequência disso os autores consideram que para o diabético esse erro teria maior significância.

A representação matemática do sinal foi simulada para a caminhada normal e passiva. A Figura 2 apresenta ambos os sinais que serão aplicados como sinais de entrada no sistema.

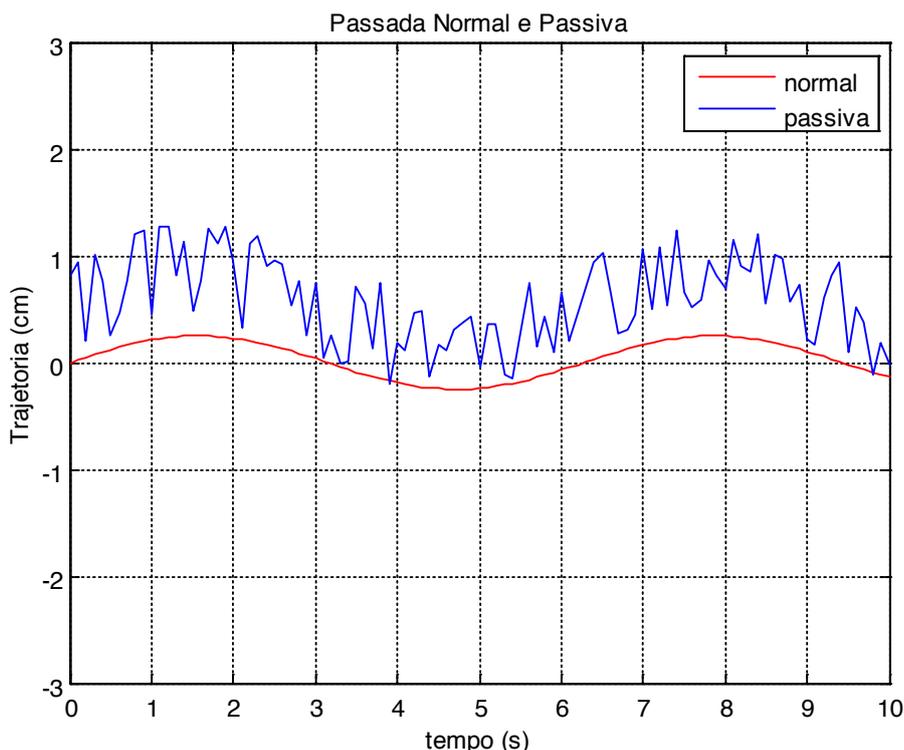
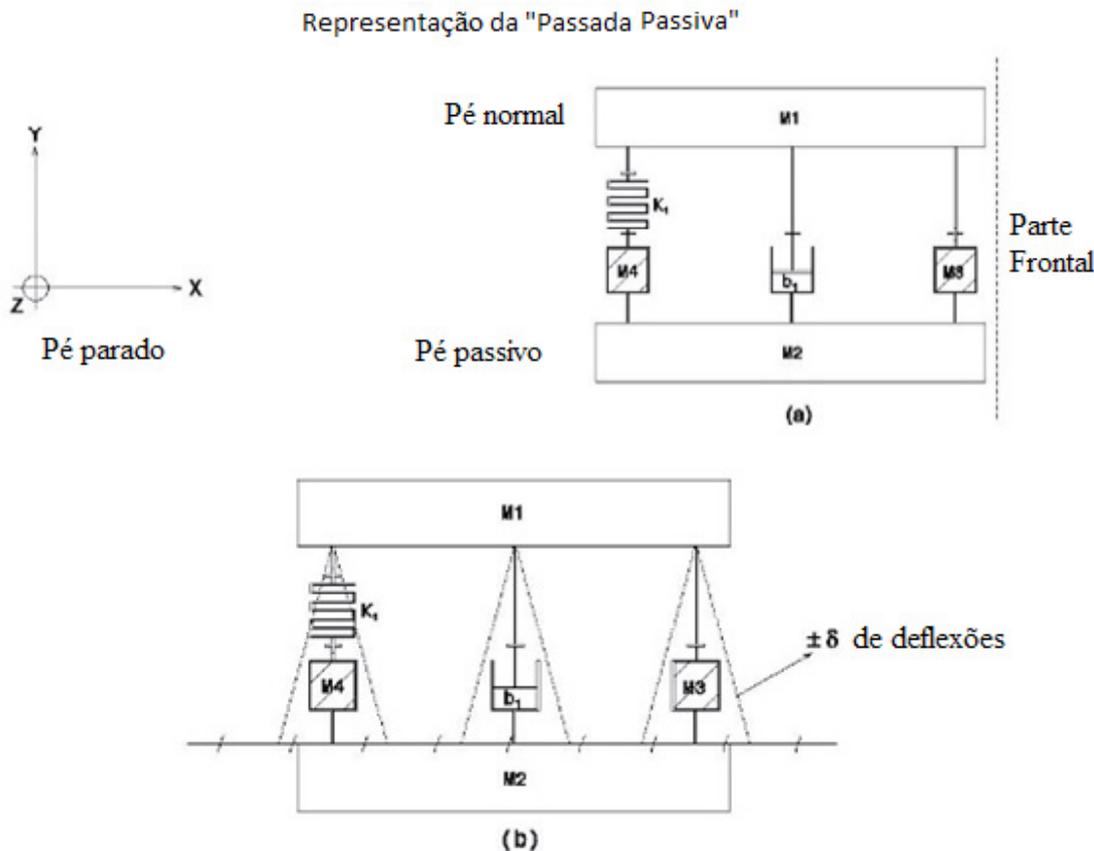


Figura 2 – Sinais de entrada para o modelo correspondente à caminhada normal e passiva. Fonte: Do próprio autor (2016).

C) **Especificação dos sistemas mecânicos análogos ao sistema real.**

Na Figura 3 é apresentado uma simplificação de um análogo para o pé direito com passada passiva considerando quando este está parado (Sistema I) e em movimento com deflexão (Sistema II).



(b) Pé em movimento com deflexão estática nos elementos

Figura 3 – Pé direito com passada passiva considerando quando este está (a) parado e (b) em movimento com deflexão. Fonte: Do próprio autor (2016).

O Sistema II é semelhante ao Sistema I, porém seus elementos massa (M3 e M4), mola (C1) e o amortecedor (R0) sofre deflexão estática. Nesse sistema para maior compreensão, a referência ao pêndulo invertido é necessária. No pêndulo invertido o menor ângulo de balanço K_{angle} , quem determina o torque angular, é adicionado ao momento de inércia do corpo. Para o atrito, no caso do Sistema II, a deflexão é representada pelo decaimento do coeficiente de

atrito resultante da combinação dos atritos de Coulomb, seco e viscoso, como apresentado na Equação 3.

$$F_a = (F_0 \cdot e^{-\alpha|v|} + F_e) \operatorname{sgn}(v) + b \cdot v \quad (03)$$

Considerando $F_a = F_0$ e que a velocidade será sempre positiva $v > 0$ logo é possível obter a Equação 4:

$$\frac{F_a}{v} = (1 - e^{-\alpha v}) b^{-1} v \quad (04)$$

Onde α = constante que caracteriza o decaimento do atrito estático com a velocidade do látex.

Assim, uma pessoa sem diabetes tem como representação análoga ao seu pé apenas m_1 . Porém, um indivíduo com diabetes é também influenciado pelos

elementos m_3, m_4, k e b , isso devido à passada passiva.

Além disso, aclives e declives foram introduzidos para maior compreensão dos fatores que influenciam na imprecisão da passada. A Figura 4 apresenta o sistema análogo à locomoção em superfícies irregulares, com aclives e declives (Sistema III).

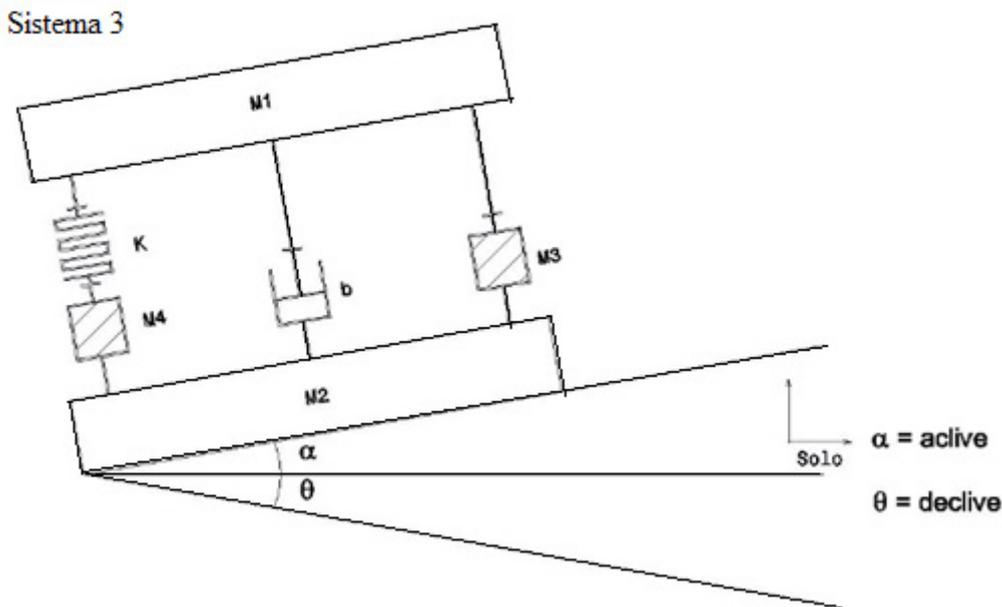


Figura 4 – Pé direito com passada passiva quando em superfície irregular. Fonte: Do próprio autor (2016).

O entendimento das características de controle moderno desses sistemas tais como: diagrama de fase, tipo do sistema hamiltoniano ou conservativo, robustez, distúrbios serão analisados nos resultados para que possa propor e introduzir o controlador orgânico para realizar as modificações necessárias na dinâmica desse sistema.

D) **Especificação do sistema mecânico análogo a nova técnica biotecnológica (DCG).**

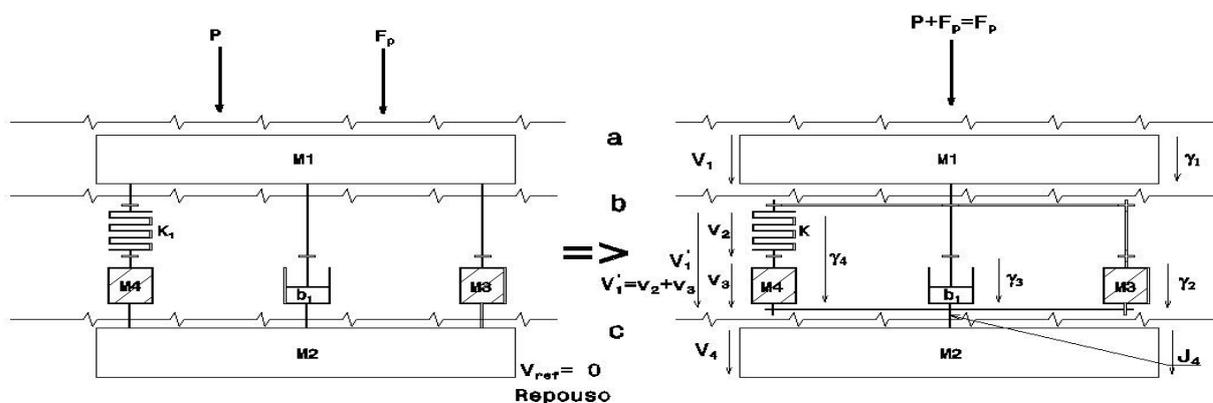
No sentido, apresentar um modelo matemático do sistema mecânico do movimento da caminhada passiva com a presença de um novo elemento mecânico denominado nesse artigo de DCG. O modelo do

protótipo, que será imbuído da inovação *personalização* (para cada necessidade um modelo distinto), terá como características alterações das variáveis pressão e tensão de cisalhamento, ações motivadas pela inovadora estrutura (amortecedores em sua constituição). O biomaterial derivado do látex (*Hevea Brasiliens*) e a constituição dos amortecedores a que esse conjunto prematuramente nominado de *Controle Orgânico*, conforme o andamento de nossas investigações científicas em estudos futuros será empregado para a correção dos fenômenos físicos (injúrias e deficiências) elencados anteriormente. A utilização do látex, que é uma seiva leitosa, antes de vulcanizar é um organismo vivo que fará parte da constituição dos amortecedores

em uma relação simbiótica. Em um sistema de simbiose o ocorre uma relação mutuamente vantajosa, na qual, dois ou mais organismos diferentes são beneficiados por esta associação. Diante disso – tanto o pé com alterações mecânicas sofridas pela introdução da palmilha diabética quanto a palmilha terão como fluido a seiva leitosa do látex. Essa seiva, sofrerá modificações benéficas (se tornando inerte) em contato com a temperatura do pé. Assim, dentro do conceito simbiótico, ambos se beneficiarão.

Outrossim, o uso do biomaterial também possui atividade angiogênica, o que reforça tal troca de benefícios.

Diante do exposto a classificação de órtese ou prótese não mais se aplica criando então a nomenclatura Controle Orgânico. E, por isso, o sistema biotecnológico DCG contribui para melhor comportamento da passada passiva e para isso recorre à mudança de variáveis mecânicas e adaptação dos amortecedores com viscosidade interna controlada e personalizada.



- A força F_p nos pontos "a" e "b" são iguais (Junção 0)
- M_2, b_1, K_1, M_4 estão em paralelo entre si \Rightarrow Junção 0 mesmo esforço - velocidade
- K_1 e M_4 estão em série - Junção 1 \rightarrow mesmo fluxo mas com velocidades diferentes.

Figura 5 – Sistema mecânico análogo ao dispositivo biotecnológico DGC.

Fonte: Do próprio autor (2016).

Os amortecedores são necessários visto que o conceito de trabalho é potência mecânica pela lei de conservação que implicará em um aumento do impacto (tensão de cisalhamento) entre a passada normal e passiva. De acordo com a equação 03 a redução da tensão de cisalhamento pode ser alcançada por meio da viscosidade dinâmica. Como o DCG é um biomaterial e devido às propriedades do látex, logo é possível a obtenção de um densidade variável por meio do processo de confecção, tratamento e origem do látex.

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (03)$$

onde τ é a tensão de cisalhamento, η é viscosidade dinâmica e $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento.

Reportando-se a equação (03), a viscosidade dinâmica é determinada como unidade de viscosidade cinemática (ν) e podemos reescrevê-la na equação (04) onde estará em função da densidade do látex (ρ):

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (04)$$

Ou seja, para cada paciente pôde-se variar a densidades da amostra e com isso interferir diretamente na relação tensão cisalhamento e taxa de cisalhamentos através da viscosidade dinâmica (η).

Um modelo proposto e sua análise pretende apresentar quais as mudanças dinâmicas que o DGC introduz.

Após o modelo em *Bond Graph* foram obtidas as equações para a construção da matriz de espaço de estado para os três sistemas modelados e o DCG.

A análise inicial do grafo de ligação da Figura 6, os elementos de dois terminais a causalidade determinam como o elemento generalizado pode armazenar energia e interagir produzindo as relações dinâmicas num sistema. Duas formas de causalidade podem ser identificadas: integral e derivativa.

De acordo com [37], a forma mais natural é denominada causalidade integral, pois evita o processo de derivação temporal das variáveis dinâmicas. No Sistema I, observa-se que não há presença de causalidade derivativa, o que significa que a equação de estado desse sistema será da forma explícita, $\dot{x} = Ax + Bu$ e $y = Cx + Du$. A Figura 10 apresentam a matriz de estado para o Sistema I.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\left(\frac{R_1 + R}{M_1}\right) & 0 & -\left(\frac{R_1 + R}{M_2}\right) & 0 & 0 \\ -\frac{R_1}{M_1} & -\frac{R_1}{M_3} & 0 & -\frac{R_1}{M_2} & 0 \\ R & 0 & -\frac{R}{M_2} & 0 & 0 \\ -\frac{R_1}{M_3} & -\frac{R_1}{M_3} & 0 & -\frac{R_1}{M_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{M_2} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_1 + R \\ 0 \\ R \\ R_1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (Fa)$$

Figura 10 – Sistema I modelado representado na forma de espaço de estado.
Fonte: Do próprio autor (2016).

Assim, a partir da obtenção do espaço de estado é possível concluir que o vetor de estado é de ordem $x \in R^5$, sistema explícito, sem *loop* algébrico e SISO (*Single Input Single Output*). Além disso, é um sistema linear invariante no tempo, contínuo, determinístico e de parâmetros concentrados.

Aplicando a mesma metodologia de obtenção de equações para sistema II e III (classificação similar ao sistema I) obtêm-se

sistemas com causalidade derivativa com ordem $x \in R^5$, porém com a matriz B (5x2) que caracteriza um sistema MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). Isso implica que o sistema designa-se multivariável pois tem mais do que uma variável de entrada e pode ter mais do que uma variável de saída, ou seja, nas dimensões de $u(t)$ e $y(t)$, iguais respectivamente a $p > 1$ ou $q > 1$.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & \frac{1}{M_2} & -\frac{R_0}{M_4} & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & 0 \\ -\frac{R_1}{M_1} & 0 & -\frac{R_1}{M_2} & 0 & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & -c_1 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{M_4} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_0 & R_0 \\ R_0 & R_0 \\ R_1 & R_1 \\ R_0 & R_0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} (P \quad Fa)$$

Figura 11 – Sistema II modelado representado na forma de espaço de estado.
Fonte: Do próprio autor (2016).

Note que as variáveis de estado não são quantidades fisicamente mensuráveis ou observáveis. Mas nota-se que estas são

influenciáveis com uma ponderação adequada das massas em uma relação inversa de proporcionalidade.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & \frac{1}{M_2} & -\frac{R_0}{M_4} & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & 0 \\ -\frac{R_1}{M_1} & 0 & -\frac{R_1}{M_2} & 0 & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & -c_1 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{M_4} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_0 & R_0 \\ R_0 & R_0 \\ R_1 & R_1 \\ R_0 & R_0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} (Fa \quad MSF)$$

Figura 12 – Sistema III modelado representado na forma de espaço de estado.
Fonte: Do próprio autor (2016).

Nesse sistema temos que observar que o objetivo dos amortecedores é dividir os esforços (velocidades) oriundos da passada. Por isso o foco agora não é apenas a variável força e sim também a distribuição da velocidade. A junção aplicada ao BG

nesse sistema é uma junção 0 – pois está tem como objetivo realizar uma ligação de impor esforço no amortecedor. Para simplificar serão considerados nesse primeiro momento apenas 2 amortecedores.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \\ \dot{x}_5 \\ \dot{x}_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{R_0}{M_3} & \frac{1}{M_2} & -\frac{R_0}{M_4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_1}{M_1} & 0 & -\frac{R_1}{M_2} & 0 & 0 & \frac{1}{M_2} & -\frac{R_0}{M_4} & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & -c_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{M_4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & 0 \\ -\frac{R_1}{M_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{R_1}{M_2} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{R_0}{M_1} & -\frac{R_0}{M_3} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{R_0}{M_4} & -c_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{M_4} & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -R_0 & R_0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & \frac{2R_3 + 2R_1 + R_3R_2}{2R_1 + 2R_3} \\ -R_1 & -R_1 + \frac{R_3}{2R_1 + 2R_3} \end{pmatrix} (SF_0 \ SF_1)$$

Figura 13 – Sistema DGC modelado representado na forma de espaço de estado.
 Fonte: Do próprio autor (2016).

Análise Dinâmica da Introdução do controlador orgânico (DGC)

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A ferramenta Bond Graph foi utilizada para modelar matematicamente um sistema mecânicos análogo a passada passiva de um caminhar diabético por meio da concordância da impedância e a distorção do caminho. Foram modeladas os sistemas três sistemas: quando parado, em movimento com deflexão e em passada passiva quando em superfície irregular. Além disso, foi proposto um modelo equivalente utilizando uma palmilha mecânica (DCG), composta por amortecedores e membrana de látex. Com isso, foram obtidas as equações para a

construção da matriz de espaço de estado e sua análise correspondente.

Os elementos do sistema com pé parado determinam como o elemento generalizado pode armazenar energia e interagir produzindo as relações dinâmicas num sistema, observou-se que não há presença de causalidade derivativa, por tanto um sistema explícito, linear invariante no tempo, contínuo, determinístico e de parâmetros concentrados.

Aplicando a mesma metodologia de obtenção de equações para sistema II e III obteve-se sistemas com causalidade derivativa que caracteriza um sistema MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) e isso

implicou um sistema multivariável e uma análise de como as massas podem melhorar ou intervir nos estados dos sistemas.

Com o sistema DCG observou-se que os amortecedores dividem os esforços (velocidades) oriundos da passada, pelo que o foco não é apenas a variável força e sim também a distribuição da velocidade. Visto isso, ressalta-se a importância de se considerar a influência dos elementos de controles dentro de um sistema biológico. Neste artigo, foi possível avaliar a influência dos amortecedores na palmilha proposta, que propiciam a distribuição dos esforços durante a pisada e podem propiciar uma melhora no caminhar de dos diabéticos. ©

REFERÊNCIAS

[1] Mueller MJ, Minor SD, Sahrmann SA, et al. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. *Phys Ther*. 1994; 74:299-313.1

[2] Diabetes. [<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/>].

[3] Reaz M, Hussain M, Mohd-Yasin F: Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications (Correction). *Biol Proced Online* 2006, 8:163–163.

[4] Soysa et al.: Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *Journal of Foot and Ankle Research* 2012, 5:29. doi:10.1186/1757-1146-5-29

[5] Sartor et al.: Effects of a combined strengthening, stretching and functional training program versus usual-care on gait biomechanics and foot function for diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2012 13:36. doi:10.1186/1471-2474-13-36

[6] Fregonesi CEPT; Camargo MR, Gait parameters in patients with diabetes mellitus. *Rev. Bras. Cineantropom Desempenho Humano* 2010, 12(2):155-163.

[7] Cavanagh PR, Ulbrecht JS: *Biomechanics of the diabetic foot: a quantitative approach to the assessment of neuropathy, deformity and plantar pressure* Philadelphia: W.B. Saunders; 1991.

[8] Rao S, Saltzman CL, Yack HJ: Relationships between segmental foot mobility and plantar loading in individuals with and without diabetes and neuropathy. *Gait Posture* 2010, 31(2):251-255.

[9] Bus SA, Maas M, Michels RP, Levi M: Role of intrinsic muscle atrophy in the etiology of claw toe deformity in diabetic neuropathy may not be as straightforward as widely believed. *Diabetes Care* 2009, 32(6):1063-1067.

[10] Rodgers MM: Dynamic foot biomechanics. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995, 21(6):306-316.

[11] Sacco IC, Bacarin TA, Canettieri MG, Hennig EM: Plantar Pressures During Shod Gait in Diabetic Neuropathic Patients with and without a History of Plantar Ulceration. *J Am Podiatr Med Assoc* 2009, 99(4):285-294.

[12] James S. Wrobel, D.P.M., M.S., and Bijan Najafi, Ph.D., M.S. Diabetic Foot Biomechanics and Gait Dysfunction *Journal of Diabetes Science and Technology* Volume 4, Issue 4, July 2010, 833;845.

[13] Richardson JK, Thies SB, DeMott TK, Ashton-Miller JA. Gait analysis in a challenging environment differentiates between fallers and nonfallers among older patients with peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(8):1539-1544.

[15] Yavuz M, Botek G, Davis BL. Plantar shear stress distributions: comparing actual and predicted frictional forces at the foot-ground interface. *J Biomech.* 2007;40(13):3045-9.

[16] Stucke S, McFarland D, Goss L, Fonov S, McMillan GR, Tucker A, Berme N, Guler HC, Bigelow C, and Davis BL, Spatial relationships between shearing stresses and pressure on the plantar skin surface during gait. *Biomech.* 2012 February 2; 45(3): 619–622. doi:10.1016/j.jbiomech.2011.11.004.

[17] Sawacha Z, Gabriella G, Cristoferi G, Guiotto A, Avogaro A, Cobelli C. Diabetic gait and posture abnormalities: A biomechanical investigation through three dimensional gait analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009; 24:722–728.

[18] Sinacore DR, Bohnert KL, Hastings M, Johnson JE. Mid foot kinetics characterize structural polymorphism in diabetic foot disease. *Clinical Biomechanics.* 2008;23:653-61.

[19] Turner DE, Helliwell PS, Burton AK, Woodburn J. The relationship between passive range of motion and range of motion during gait and plantar pressure measurements. *Diabet Med.* 2007;24:1240-6.

[21] Guldemond NA, Leffers P, Schaper NC, Sanders AP, Nieman F, Willems P, Walenkamp GHIM. The effects of insole configurations on forefoot plantar pressure and walking convenience in diabetic patients with neuropathic feet. *Clin Biomech* 2007;22(1):81-87.

[22] Hsi WL, Chai HM, Lai JS. Evaluation of rocker sole by pressure-time curves in insensate forefoot during gait. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83(7):500-5-6.

[23] Raspovic et al.: Reduction of peak plantar pressure in people

with diabetes-related peripheral neuropathy: an evaluation of the DH Pressure Relief Shoe™. *Journal of Foot and Ankle Research* 2012 5:25.

[24] Piaggese A, Macchiarini S, Rizzo L, Palumbo F, Tedeschi A, Nobili LA, Leporati E, Scire V, Teobaldi I, Del Prato S: An off-the-shelf instant contact casting device for the management of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 2007, 30(3):586–590.

[25] Hennessy K, Burns J, Penkala S: Reducing plantar pressure in rheumatoid arthritis: A comparison of running versus off-the-shelf orthopaedic footwear. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007, 22(8):917–923.]

[26] Pai S, and Ledoux WR, PhD The shear mechanical properties of diabetic and non-diabetic plantar soft tissue *J Biomech.* 2012 January 10; 45(2): 364–370. doi:10.1016/j.jbiomech.2011.10.021.

[27] Carter SE, Richardson JK, Thies S, DeMott T, Ashton-Miller JA. The relationship between frontal plane gait variability and ankle range of motion in older persons with neuropathy. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009 March ; 88(3): 210–215. doi:10.1097/PHM.0b013e318194fb3c.

[32] Russell KH; Bradley J R. *Intermediate Physics for Medicine and Biology*, Fourth Edition, ISBN-10: 0-387-30942-X e-ISBN-10: 0-387-49885-0; 2007 Springer Science pg. 543.

[37] Paynter H. An epistemic prehistory of Bond Graphs. In P. Breedveld and G. Dauphin-Tanguy, Eds., *Bond Graphs for Engineers*. Amsterdam: North-Holland, 1992, pp. 3–17.

[38] Dr. João Moura (CREF 07870-G\SC): <http://denutricao.blogspot.com.co/2013/07/de-rua-introducao-o-esporte-de-corrida.html>



KDD NA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO PACIENTE POR PROFISSIONAIS DA ENFERMAGEM

KDD IN EVALUATION OF USABILITY ELECTRONIC PATIENT RECORD FOR NURSING PROFESSIONAL

Vagner José Lopes

Enfermeiro. Mestre em Tecnologia em Saúde. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba-PR-Brasil. E-mail: profvagnerjlopes@gmail.com.

Deborah Ribeiro Carvalho

Analista de Sistemas. Doutora em Informática. Professora Titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba-PR- Brasil. E-mail: drdrcarvalho@gmail.com.

Janaina Verônica Lahm

Enfermeira. Mestre em Tecnologia em Saúde. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba-PR-Brasil. E-mail: janainaveronica@gmail.com.



RESUMO

O prontuário eletrônico do paciente é uma estrutura eletrônica que armazena dados clínicos e históricos do paciente, que potencializa a qualidade e a segurança no registro efetuado pelos profissionais de saúde. Apesar das facilidades, esse instrumento pode trazer dificuldades aos profissionais que o utilizam, motivadas pela falta de conhecimento, treinamento ou de capacitação. Essa dificuldade implica em queda do desempenho profissional, acarretando prejuízos assistenciais, decorrentes da ausência ou inconsistência dos dados. Este artigo apresenta uma pesquisa exploratória, com abordagem quantitativa realizada em um hospital do município de Cascavel – Paraná, com objetivo de avaliar a usabilidade do Prontuário Eletrônico do Paciente, a partir da Mineração de Dados. A mineração

de dados compreende um conjunto de técnicas que permite extrair padrões a partir de bases de dados, disponibilizando elemento relevante em relação à situação problema. Foi adotada a base de dados resultante da pesquisa de satisfação sobre um módulo específico para a equipe de enfermagem, integrado ao *software* de gestão hospitalar Tasy®, considerando dois grupos profissionais: enfermeiros; técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem. A pesquisa original já havia identificado, a partir de estatísticas básicas, algumas dificuldades: falta de conhecimento para o manuseio do Prontuário Eletrônico do Paciente, bem como sobre os comandos específicos para o desenvolvimento da tarefa avaliada. A partir dos padrões descobertos, pela Mineração de Dados foi possível identificar dificuldades complementares: a falta de conhecimento

básico em informática, a ausência de treinamentos e capacitação para adequação da tarefa que facilitem o seu uso.

PALAVRAS-CHAVE: Enfermagem, Sistemas Computadorizados de Registros Médicos, Mineração de Dados, Avaliação.

ABSTRACT

The patient electronic record is an electronic structure that stores the patient's clinical and historical data, and potentiates the quality and the safety in the registration made by the healthcare professionals. In spite of the facilities, the instrument can bring difficulties to the professionals that use it, motivated by the knowledge or training lack. This difficulty implicates a drop in performance, leading to welfare loss, current of the absence or inconsistency of the data. This article presents an exploratory research, with quantitative approach accomplished at a hospital of the municipal district of Cascavel – Paraná, with objective of evaluating the usability of the patient electronic record from data mining. Data mining includes a group of techniques that allows extracting patterns from databases, making available relevant element in relation to the situation. It was adopted the database resulting from the satisfaction research on a specific module for the nursing team, integrated into the software of hospital administration *Tasy*®, considering two professional groups: nurses, and nursing technicians and assistants. From basic statistics, the original research had already identified some difficulties: knowledge lack for the handling of the patient electronic record, as well as about the specific commands for the development of the appraised task. From the patterns discovered by data mining, it was possible to identify complementary difficulties: the lack of basic knowledge in computer science, and the absence of training for adaptation of the task, facilitating its use.

KEYWORDS: Nursing. Medical Records Systems Computerized. Data Mining. Evaluation.

INTRODUÇÃO

O Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) é uma estrutura eletrônica que armazena dados clínicos e históricos do paciente, constituindo uma ferramenta que potencializa a qualidade, segurança no registro efetuado pelos profissionais⁽¹⁾. Aliado a esse fato, o PEP facilita também a comunicação multiprofissional, a partir do qual profissionais da equipe de saúde possam acessar os dados do paciente, compartilhar, incorporar e enriquecer a história clínica do paciente⁽²⁾.

Apesar destas facilidades, o PEP pode trazer dificuldades⁽³⁾, entre outras razões pela⁽⁴⁾ inexperiência inicial no manuseio do sistema impondo restrições, tais como a não descrição adequada da história clínica, exames e dados coletados dos pacientes⁽⁵⁻⁶⁾. Em estudo recente sobre usabilidade do PEP, 73% dos profissionais de enfermagem entrevistados, apresentaram dificuldades na sua operacionalização, demandando apoio de alguém que conhecesse o sistema⁽⁷⁾.

A dificuldade do profissional de enfermagem, em relação ao PEP, pode ser motivada pela falta de conhecimento, treinamento e capacitação. Frente a estas restrições, potencializa que o profissional de enfermagem apresente resistência quanto ao uso do PEP, não registrando os dados ou mesmo invalidando a implantação da ferramenta⁽⁷⁾. Porém esta dificuldade implica em queda no desempenho profissional⁽⁷⁾, trazendo prejuízos assistenciais pela ausência de dados referentes aos cuidados com o paciente⁽⁸⁾.

Vários podem ser os fatores que contribuem para a não plena utilização do PEP, ou mesmo para a resistência destes profissionais na incorporação das suas atividades diárias. Entre os fatores pode ser a dificuldade no manuseio de ferramentas básicas

computacionais⁽⁹⁾, fato que pode prejudicar o desempenho das atividades rotineiras⁽¹⁰⁾, e o grau de instrução do profissional⁽⁸⁾.

A ausência da capacitação impede que uma das vantagens da adoção do PEP seja atingida, maior e melhor comunicação entre os membros da equipe de saúde⁽¹¹⁾, resultando na perda da melhoria da qualidade do atendimento prestado⁽¹²⁾, e impossibilitando geração conhecimento e constante inovação⁽¹³⁾.

Tendo em vista a diversidade de fatores que leva a não plena utilização do PEP, é interessante melhor identifica-los para fomentar ações junto aos profissionais para o seu melhor uso. Entre as alternativas para descobrir estes fatores, está o processo Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados - *Knowledge Discovery in Databases* (KDD). O KDD é um processo que compreende, entre as suas etapas, a Mineração de Dados⁽¹⁴⁾.

A Mineração de Dados tem sido adotada como uma alternativa para potencializar o uso de bases de dados⁽¹⁵⁾, dada a sua capacidade de descobrir padrões úteis, novos e surpreendentes, independentemente de premissas previamente estabelecidas, contemplando análises complexas, apoiando o processo decisório⁽¹⁴⁾. As etapas do KDD compreendem pré-processamento – preparar os dados disponíveis; Mineração de Dados – descoberta de padrões; e pós-processamento – facilitar a análise dos padrões descobertos⁽¹⁶⁾.

Cada vez mais o processo do KDD vem sendo adotado para apoiar o processo decisório⁽¹⁴⁾, inclusive na área da saúde. Especificamente em relação ao PEP, foi discutido o seu potencial de uso, para a identificação de questões clínicas voltadas para a fisioterapia⁽¹⁵⁾.

Esse estudo se justifica pela possibilidade de ampliar a possibilidade de identificação de fatores que contribuam para que o profissional de enfermagem registre os dados de forma mais correta possível no PEP,

contribuindo assim para uma melhor qualidade dos dados clínicos do paciente⁽⁷⁾.

Sendo assim tem-se a seguinte questão de pesquisa: A Mineração de Dados poderá complementar o que já se sabe sobre as dificuldades da usabilidade, para profissionais da enfermagem, na utilização de um PEP? Dentro deste contexto, o objetivo deste artigo é apresentar o potencial do processo KDD na identificação de fatores que dificultam o trabalho do profissional de enfermagem na utilização do PEP como resposta para esta pesquisa.

MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa exploratória com abordagem quantitativa, dada à necessidade de maior conhecimento a respeito do problema apontado, trabalhando com a relação entre as variáveis selecionadas; e a caracterização quantitativa⁽¹⁷⁾ por descrever e caracterizar aquelas de interesse do estudo.

Para a descoberta destes fatores foi adotada a base de dados resultante da pesquisa de satisfação de um módulo do PEP, específico para a equipe de enfermagem, integrado ao *software* de gestão hospitalar Tasy®. Esta pesquisa foi realizada em um hospital do município de Cascavel (Paraná), no período de julho a novembro de 2013, tendo sido aprovada em 3 de junho de 2013 pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, sob o número 290.833/2013. Envolveu a avaliação do PEP por profissionais de enfermagem organizados em dois grupos: (a) 20 enfermeiros e (b) 79 técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem⁽⁷⁾. A organização dos profissionais em dois grupos se deve por contemplarem diferentes atribuições em relação ao uso do PEP.

A coleta de dados foi operacionalizada a partir do preenchimento de dois

formulários, um para cada grupo profissional, contemplando 19 variáveis sobre o perfil e a respectiva experiência em informática, 16 variáveis para avaliação de usabilidade por enfermeiros (grupo a) e 14 variáveis para avaliação de usabilidade por técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem (grupo b). Esta diferença de quantidade de questões de avaliação de usabilidade entre os grupos decorre de a avaliação ter sido realizada a partir de simulações distintas para cada grupo de profissionais. Para a coleta de dados sobre avaliação de usabilidade foi adotada a escala de concordância de *Likert*⁽¹⁸⁾, tendo como opção de resposta “concordo plenamente”; “concordo”; “talvez”; “discordo” e “discordo plenamente”.

Para a Mineração de Dados foi adotada a descoberta de padrões no formato de classificadores. Para tal foi adotada versão do algoritmo C4.5 (J48) disponível na ferramenta *Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)*⁽¹⁹⁾. A ferramenta *WEKA*⁽¹⁹⁾ representa uma opção frequente em trabalhos de mesma natureza, dada a sua facilidade de uso, bem como tratar-se de ferramenta em *software* livre, permitindo assim a replicação dos encaminhamentos metodológicos⁽²⁰⁾.

A opção pela mineração de dados em saúde⁽¹⁴⁾, contemplada no processo KDD⁽²⁰⁾, se dá pela eficácia evidenciada na descoberta de padrões que complementem o que os especialistas na área já conhecem⁽¹⁵⁾. Potencializando a descoberta de informações úteis em base de dados complexas⁽²¹⁾, sendo o PEP, ou mesmo uma avaliação sobre usabilidade um exemplo.

A opção pelos padrões no formato de classificadores, representados como árvore de decisão, decorre da possibilidade de identificar as variáveis mais fortemente relacionadas com aquela selecionada para rotular o nó folha. Cada ramificação da árvore, ou seja, o percurso entre o nó raiz e o respectivo nó folha, pode ser lido como uma regra, do tipo se <antecedente> então

<consequente>. Sendo o antecedente as condições construídas a partir das variáveis disponíveis e o consequente o valor da variável selecionada como sendo o nó folha⁽²⁰⁾.

Para a descoberta de classificadores foram selecionadas as variáveis (i) treinamento *Tasy*® (Você recebeu treinamento para usar o *Tasy*®, de forma geral?); (ii) dificuldades utilizar *Tasy*® (Você tem dificuldades em utilizar *Tasy*®?); (iii) Treinamento PEP/Sistematização da Assistência de Enfermagem (SAE) (Você recebeu treinamento para usar PEP/SAE de acordo com sua função?); e (iv) dificuldades utilizar PEP/SAE (Você tem dificuldades em utilizar PEP/SAE?), como rótulos para compor o nó folha. Sendo assim foram descobertos oito classificadores, um para cada variável dados os dois grupos de profissionais. Esta seleção das variáveis se justifica por apresentarem maior compatibilidade com o objetivo da pesquisa, ou seja, na identificação de fatores que dificultam o trabalho dos profissionais de enfermagem na utilização do PEP.

Na etapa de pós-processamento foram identificadas as variáveis mais relacionadas com cada uma das quatro variáveis classe selecionadas, em cada uma das árvores descobertas, buscando assim identificar os fatores, representados pelas variáveis, que contribuem para a avaliação do uso do PEP. Foi adotado até a terceira ramificação a partir do nó raiz, como nível de corte para a análise. As variáveis selecionadas pelo algoritmo J48 até o terceiro nível representam aquelas com a maior capacidade de explicar o comportamento da variável classe que rotula o nó folha⁽²¹⁾. As árvores descobertas foram transformadas no respectivo conjunto de regras, para facilitar a compreensibilidade e compilação dos fatores⁽²²⁾.

RESULTADOS

A partir das regras de produção (Figura 1), envolvendo enfermeiros e tendo como variável classe selecionada (i) ter realizado o treinamento *Tasy®* (Você recebeu treinamento para usar o *Tasy®*, de forma

geral?), percebe-se que escolaridade é a variável que mais se relaciona a ter ou não realizado o treinamento *Tasy®*. Ou seja, se o grau de escolaridade for Especialização então realizou o treinamento para o *Tasy®* (R1), caso contrário não realizou o treinamento (R2).

R1: SE grau de escolaridade = Especialização ENTÃO teve treinamento (18.0/3.0)

R2: SE grau de escolaridade = Superior completo: ENTÃO não teve treinamento Não (2.0)

Figura 1 – Regras de produção descobertas tendo como variável classe treinamento utilizar *Tasy®* – Enfermeiros. Cascavel, PR, Brasil, 2013.

A partir da regra R1 é possível inferir que 18 enfermeiros apresentavam especialização como grau de escolaridade, sendo que 15 (18 – 3) tiveram treinamento, ou seja, apesar do padrão indicar que ter grau de escolaridade como especialização tem forte relacionamento a ter tido o treinamento, três correspondem à exceção à regra. A regra R2 mostra que 2 enfermeiros que possuem nível superior completo como grau de escolaridade, não receberam treinamento.

Sobre a avaliação frente a variável (ii) dificuldades em utilizar *Tasy®* (Você tem dificuldades em utilizar *Tasy®*?), observa-se que dentre os 20 apenas três declaram ter tido dificuldades com o *Tasy®*. Vale destacar que a árvore descoberta evidencia que nenhum das variáveis coletadas conseguiu explicar a diferença de padrão entre aqueles que declaram ter ou não dificuldades com o *Tasy®*.

Em relação a variável (iii) ter tido treinamento PEP/SAE (Você recebeu treinamento para usar PEP/SAE de acordo com sua função?), dos 20 enfermeiros, seis não receberam capacitação. Novamente a árvore descoberta evidencia que nenhuma das variáveis conseguiu explicar a diferença

de padrão entre aqueles que declaram ter frente aqueles que declaram não ter treinamento PEP/SAE.

A partir das regras (Figura 2), extraídas da árvore descoberta envolvendo a variável (iv) dificuldades utilizar PEP/SAE (Você tem dificuldades em utilizar PEP/SAE?), é possível verificar que a variável mais relacionada é ter tido treinamento para usar o *Tasy®*.

Conforme as regras R3, R4, R5 e R6 é possível afirmar que, dos 15 enfermeiros que receberam treinamento do *Tasy®*, apresentar não dificuldade em utilizar o PEP/SAE, depende de entender ser fácil ou não liberar evolução e acessar anamnese do paciente. Por exemplo, cinco enfermeiros concordaram que é fácil liberar evolução e acessar anamnese do paciente não havendo dificuldades em utilizar o PEP/SAE (R3).

- R3:** SE treinamento para usar *Tasy*® = Sim E fácil liberação evolução anamnese = concordo ENTÃO **não tem dificuldade em usar o PEP/SAE** (5.0)
- R4:** SE treinamento para usar *Tasy*® = Sim E fácil liberação evolução anamnese = concordo plenamente ENTÃO **tem dificuldade em usar o PEP/SAE** (5.0/1.0)
- R5:** SE treinamento para usar *Tasy*® = Sim E fácil liberação evolução anamnese = discordo ENTÃO **tem dificuldade em usar o PEP/SAE** (4.0/1.0)
- R6:** SE treinamento para usar *Tasy*® = Sim E fácil liberação evolução anamnese = talvez ENTÃO **tem dificuldade em usar o PEP/SAE** (1.0)
- R7:** SE treinamento para usar *Tasy*® = Não ENTÃO **não tem dificuldade em usar o PEP/SAE** (5.0)

Figura 2 – Regras de produção descobertas tendo como variável classe dificuldade com PEP/SAE – Enfermeiros. Cascavel, PR, Brasil, 2013.

Porém, 10 enfermeiros declaram ter dificuldade em utilizar o PEP/SAE (R4, R5, R6), sendo que cinco concordam plenamente, quatro discordam e um não se posicionou sobre a ser fácil liberar evolução e acessar anamnese do paciente. Este fato evidencia que mesmo concordando plenamente ser fácil liberar evolução e acessar anamnese do paciente, apresentam dificuldade em utilizar o PEP/SAE (R4).

Surpreende que cinco enfermeiros, mesmo sem ter capacitação adequada do *Tasy*® (Você recebeu treinamento para usar o *Tasy*®, de forma geral?), declaram não ter dificuldades na utilização do PEP/SAE (R7). A partir da Figura 3 é possível analisar o conjunto de dados referentes aos técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem, frente a variável (i) ter realizado o treinamento *Tasy*®

- R8:** SE Tempo_servico <= 2, ENTÃO Não teve treinamento *Tasy*® (18.0/4.0)
- R9:** SE Tempo_servico > 2, ENTÃO teve treinamento *Tasy*® (61.0/5.0)

Figura 3 – Regras de produção descobertas tendo como variável classe treinamento utilizar *Tasy*® – Técnicos de Enfermagem e Auxiliares de Enfermagem. Cascavel, PR, Brasil, 2013.

As regras R8 e R9 apresentam a variável mais relacionada com (i) ter realizado o treinamento *Tasy*® é o tempo de serviço. Ou seja, dos 18 profissionais que trabalham em torno de dois anos, 14 (18 – 4) não tiveram treinamento, e dos 61 que trabalham há mais de dois anos 56 (61 – 5) tiveram treinamento.

Sobre a variável (ii) dificuldades em utilizar *Tasy*® (Você tem dificuldades em utilizar *Tasy*®?), sete dos 72 técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem possuem dificuldades em manipulação do sistema. Porém nenhuma das variáveis coletadas apresentou relação ao fato de ter ou não dificuldade neste sentido.

Em relação a variável (iii) ter tido treinamento PEP/SAE (Você recebeu treinamento para usar PEP/SAE de acordo com sua função?), a partir da Figura 4 é possível identificar que a variável que está mais relacionada é ser fácil localizar e acessar a janela SAE. As regras descobertas (R10) e (R11) envolvem além da facilidade de acesso o tempo de trabalho.

Ter ou não facilidade está relacionado a ter tido/recebido ou não treinamento, apesar de algumas situações, como por exemplo, na regra R12, na qual 35 discordam ser fácil, a regra prediz não ter tido treinamento, mas 4 destes 35 contrariam a predição, pois tiveram treinamento.

- R10:** SE concorda ser fácil localizar e acessar a janela SAE e trabalha há 9 anos ENTÃO não teve treinamento PEP/SAE (7.0)
- R11:** SE concorda ser fácil localizar e acessar a janela SAE e trabalha há mais de 9 anos ENTÃO teve treinamento PEP/SAE (16.0/6.0)
- R12:** SE discorda ser fácil localizar e acessar a janela SAE ENTÃO não teve treinamento PEP/SAE (35.0/4.0)
- R13:** SE não tem uma opinião formada sobre ser fácil ou não localizar e acessar a janela SAE ENTÃO não teve treinamento PEP/SAE (13.0/3.0)
- R14:** SE concorda plenamente ser fácil localizar e acessar a janela SAE ENTÃO teve treinamento PEP/SAE (8.0/2.0)

Figura 4 – Regras de produção descobertas tendo como variável classe treinamento PEP/SAE – Técnicos e Auxiliares de Enfermagem. Cascavel, PR, Brasil, 2013.

Selecionando a variável (iv) dificuldades utilizar PEP/SAE, (Você tem dificuldades em utilizar PEP/SAE?) o segmento de árvore descoberta (Figura 5) evidenciou que a variável mais relacionada, em ter ou não dificuldade ter ou com o PEP/SAE é o grau de concordância em encontrar a evolução. Para aqueles que concordam em ter facilidade destaca-se a variável nível de escolaridade. Para aqueles que concordam plenamente

em ter facilidade destaca-se a variável facilidade em localizar os botões copiar, colar e imprimir. Ou seja, as facilidades em usar as funcionalidades do PEP/SAE estão fortemente associadas. Destaque a ser feito é sobre o fato de este grupo profissional usar mais frequentemente o computador no espaço profissional, porém em geral declara ter maior dificuldade no uso do PEP/SAE.

R15: SE ter facilidade em encontrar a evolução = concordo
 | escolaridade
 facil_encontrar_evolução = concordo plenamente
 | facilmente_botões_copiar_colar_imprimir
 facil_encontrar_evolução = talvez
 facil_encontrar_evolução = discordo

Figura 5 – Regras de produção descobertas tendo como variável classe dificuldade com PEP/SAE – Técnicos de Enfermagem e Auxiliares de Enfermagem. Cascavel, PR, Brasil, 2013.

DISCUSSÃO

Por meio do potencial do processo KDD, especificamente da etapa de Mineração de Dados, foi possível identificar os fatores que contribuem para melhor compreender os fatores que dificultam a usabilidade do PEP. Tendo como foco a equipe de enfermagem.

Analisando os dados da população dos enfermeiros, evidencia-se que, os

profissionais com nível superior e sem receber capacitação adequada, apresentam déficit tanto no conhecimento da manipulação das ferramentas do PEP/SAE como também no uso do sistema *Tasy®*. Estes resultados reforçam uma preocupação, pois este recurso está sendo inserido diariamente no prontuário do cliente, necessitando de auxílio para acessar comandos básicos e de rotina do PEP⁽⁷⁾. Situação esta que pode não

contribuir com a eficácia para as atividades de assistência ao paciente e pela busca da qualidade da atenção em saúde⁽²⁾.

Esta ausência de conhecimento dos enfermeiros poderá trazer a quebra da eficácia dos registros de atividades assistenciais, não se tornando uma atividade segura⁽²³⁾. Em um estudo realizado em uma unidade de terapia intensiva de um Hospital Privado em Belo Horizonte/MG⁽¹⁰⁾ foi constatado que os enfermeiros não possuem conhecimento suficiente para o uso do PEP e para aplicação do prontuário eletrônico, podendo prejudicar a inserção de dados da assistência e da atenção ao paciente, acarretando danos à qualidade do atendimento prestado.

Na análise dos dados dos técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem, quem possui maior tempo de atividade no serviço hospitalar, que receberam treinamento, tem conhecimento em computação e foram capacitados no PEP/SAE e *Tasy@*, não tem dificuldades no seu uso. A partir desta colocação observa-se que, existe um pequeno treinamento tanto para o PEP e SAE como para o sistema *Tasy@*, oferecidos para os profissionais, evidenciando que grande maioria dos técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem resultou em não possuir conhecimento, habilidades na manipulação destas ferramentas, relacionadas a ausência de capacitação e aperfeiçoamento profissional com a usabilidade do PEP.

No estudo de avaliação da usabilidade de um PEP⁽⁷⁾ descreve que a ausência de capacitação profissional, pode ocorrer falhas na comunicação multiprofissional e prejudicar a assistência ao paciente. A não capacitação impede que uma das vantagens da adoção do PEP seja atingida, maior e melhor comunicação entre os membros da equipe de saúde, resultando na melhoria da qualidade do atendimento prestado, e possibilitando geração conhecimento e constante inovação⁽⁶⁾.

Portanto, o PEP para ser considerada

ferramenta eficiente tanto para assistência e registro eletrônico das atividades realizadas e estado clínico do paciente, devem atender requisitos tais como: capacitações, treinamentos e aperfeiçoamento⁽¹⁰⁾. Também deve adotar postura amigável com o usuário, facilitando assim o seu acesso, que deve ser gradual de acordo com a implantação do sistema⁽⁶⁾.

É importante destacar que, a usabilidade, o conhecimento de informática em enfermagem e a capacitação nesta especialidade frente aos recursos computacionais em saúde, são essenciais para o entendimento e a descrição dos cuidados⁽⁷⁾. Esta ação apoia a tomada de decisão para as ações a serem tomadas em relação ao paciente de forma integral⁽³⁾, evitando erros de registros, prestando cuidados com segurança e confiabilidade⁽²⁴⁾. Fica claro, a necessidade da equipe de enfermagem em receber capacitação adequada e também buscar conhecimento em informática⁽⁷⁾, para poder utilizar com eficiência, eficácia e segurança o sistema PEP⁽¹⁰⁾.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o potencial da Mineração de Dados na descoberta de fatores que complementem aqueles já identificados⁽⁷⁾ que dificultam o trabalho do profissional de enfermagem na utilização do PEP. Na pesquisa original, a partir de estatísticas descritivas, foram identificadas algumas dificuldades, tais como: falta de conhecimento para o manuseio do Prontuário Eletrônico do Paciente, bem como sobre os comandos específicos para o desenvolvimento da tarefa avaliada⁽⁷⁾.

A partir da Mineração de Dados, complementarmente foram evidenciadas as dificuldades relacionadas ao grau de escolaridade, tempo de serviço, tempo de manipulação do PEP pelos profissionais de

enfermagem, a ausência de treinamentos e capacitação destes profissionais para adequação a tarefa que facilitam o seu uso.

Percebe-se que todos os grupos de profissionais avaliados possuem dificuldades na manipulação do sistema *Tasy®* e no PEP/SAE, evidenciando as seguintes diferenças apontadas: entre os enfermeiros dificuldade para liberar a evolução e acessar a anamnese do paciente; entre os técnicos de enfermagem e auxiliares de enfermagem dificuldades em localizar e acessar a janela SAE e encontrar evolução do paciente. Desta forma, a dificuldade na manipulação do PEP poderá incorrer em baixa eficácia do registro clínico eletrônico, ampliando a chance de problemas na comunicação multiprofissional, e conseqüente dano na assistência ao paciente. É importante destacar que, a usabilidade, o conhecimento em informática e a capacitação adequada, promovem maior segurança nos registros no PEP.

Os resultados apresentados poderão servir como suporte para outras pesquisas que utilizam bases de dados complexas, considerado o potencial da Mineração de Dados, para potencializar o uso de bases de dados disponíveis, bem como contribuir em pesquisas relacionadas ao conhecimento do usuário frente ao PEP.

Uma limitação desta pesquisa se refere a não avaliação da qualidade dos registros inseridos no PEP. Avaliação esta que poderá contribuir para uma análise mais direcionada a possíveis problemas relacionados a dificuldades de integração entre organizações de saúde, apoio à gestão e pesquisa clínica⁽²⁵⁾. 

REFERÊNCIAS

Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. [Internet] São Paulo, SP: [acesso em 10 jul 2015]. Cartilha sobre Prontuário Eletrônico, a Certificação de sistemas de registro eletrônico de saúde 2012; [11 telas]. Disponível: http://www.sbis.org.br/certificacao/Cartilha_SBIS_CFM_Prontuario_Eletronico_fev_2012.pdf

BARBOSA, S.F., SASSO, G.T.M.D. Informática na pesquisa em enfermagem. Rev. Eletr. Enferm. [Internet] 2009; 11(3) [acesso em 27 jul 2014]. Disponível: <http://www.fen.ufg.br/revista/v11/n3/v11n3a34.htm>

SANTOS, S.R. Sistema de informação em enfermagem: interação do conhecimento tácito-explícito. Rev. bras. enferm. [Internet] 2005; 58(2) [acesso em 27 mar 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71672005000100020>

PERES, H.H.C., LIMA, A.F.C., CRUZ, D.A.L.M., GAIDZINSK, R.R., OLIVEIRA, N.B., ORTIZ, D.C.F., et. al. Avaliação de sistema eletrônico para documentação clínica de enfermagem. Acta paul. enferm. [Internet] 2012; 5(4) [acesso em 27 dez 2014]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-21002012000400010>

PALOMARES, M.L.E., MARQUES, I.R. Contribuições dos sistemas computacionais na implantação da sistematização da assistência de enfermagem. J. Health Inform. [Internet] 2010; 2(3) [acesso em 27 ago 2015]. Disponível: <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/94>

JUNIOR, S.B., MORIGUCHI, S.N., SOUZA, A.C. Contribuições da interface usuário-computador nos serviços hospitalares. J. Health Inform. [Internet] 2013; 5(4) [acesso em 12 jul 2014]. Disponível: <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/279/179>

LAHM, J.V., CARVALHO, D.R. Prontuário eletrônico do paciente: avaliação de usabilidade pela equipe de enfermagem. Cogitare Enferm. [Internet] 2014; 20(1) [acesso em 10 abr 2015]. Disponível: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/cogitare/article/view/36485/24835>

CONCEIÇÃO, V.M., JUNIOR, C.N., ARAÚJO, J.S., MONTEIRO, M.O.P.M. A gestão da qualidade e a sistematização da assistência de enfermagem: uma revisão sobre os sistemas de informação. Rev. enferm. Cent.-Oeste Min. [Internet] 2012; 2(1) [acesso em 20 set 2015]. Disponível: <http://www.seer.ufsj.edu.br/index.php/recom/article/view/169/262>

MOLINA, L.G., LUNARDELLI, R.S.A. O prontuário do paciente e os pressupostos arquivísticos: estreitas e profícuas interlocuções. *Inf.Inf. Londrina*. [Internet] 2010; 15(1) [acesso em 11 out 2015]. Disponível: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/viewFile/4764/5879>

CAVALCANTE, R.B., GONTIJO, M.F.V., CUNHA, S.G., SANTOS, S.S. Fatores dificultadores na utilização de um sistema de informação em unidades de terapia intensiva. *Rev. enferm. Cent.-Oeste Min.* [Internet] 2011; 1(1) [acesso em 15 out 2015]. Disponível: <http://www.seer.ufsj.edu.br/index.php/recom/article/viewFile/34/79>

SOCKOLOW, P.S., ROGERS, M., BOWLES, K.H., HAND, K.E., GEORGE, J. Challenges and facilitators to nurse use of a guideline-based nursing information system: Recommendations for nurse executives. *Appl Nurs Rese.* [Internet] 2014; 27(1) [acesso em 20 mai 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apnr.2013.10.005>.

LIMA, A.F.C., MELO, T.O. Percepção dos enfermeiros em relação à implementação da informatização da documentação clínica em enfermagem. *Rev. esc. enferm. USP.* [Internet] 2012; 46(1) [acesso em 20 fev 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62342012000100024>

SPIGOLON, D.N., MORO, C.C. Arquétipos do conjunto de dados essenciais de enfermagem para atendimento de portadoras de endometriose. *Rev. Gaúcha Enferm.* [Internet] 2012; 33(4) [acesso em 13 mar 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-14472012000400003>

CARVALHO, D.R., ESCOBAR, L.F.A., TSUNODA, D. Pontos de atenção para o uso da mineração de dados na saúde. *Inf.Inf., Londrina*. [Internet] 2014; 19(1) [acesso em 15 nov 2015]. Disponível: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/16532>

CARVALHO, D.R., MOSER, A.D., SILVA, V.A., DALLAGASSA, M.R. Mineração de dados aplicada à fisioterapia. *Fisioter. mov.* [Internet] 2012; 25(3) [acesso em 29 ago 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502012000300015>

REZENDE, S.O. *Sistemas Inteligentes, Fundamentos e Aplicações. Sistemas Inteligentes*, Pg7. 1ªEd. Barueri: SP, Manole; 2005.

CRESWELL, J.W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Porto Alegre: 3ªEd. RS, Artmed; 2010.

LIKERT, R.A. Technique for the measurement of attitudes. New York: Archives of Psychology; 1932.

University of Waikato [Internet]. New Zealand: University of Waikato; [acesso em 01 jan 2015]. Weka 3: Data Mining Software in Java 2013; [1 tela]. Disponível: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>.

VIANNA, R.C.X.F., MORO, C.M.C.B., MOYSÉS, S.J., CARVALHO, D.R., NIEVOLA, J.C. Mineração de dados e características da mortalidade infantil. Cad. Saúde Pública. [Internet] 2010; 26(3) [acesso em 10 jul 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2010000300011>

TEIXEIRA, R.S., COLMANETTI, J.B.D., CARVALHO, D.R. Post-processing of classifiers – KDD. Iberoamerican Journal of Applied Computing. [Internet] 2015; 5(1). [acesso em 11 jan 2016]. Disponível <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/ijac/article/view/8430/4871>

MILANI, C.S., CARVALHO, D.R. Prepos environment: a simple tool for discovering interesting knowledge. Iberoamerican Journal of Applied Computing. [Internet] 2013; 3(2) [acesso em 10 jul 2015]. Disponível http://revistas2.uepg.br/ojs_new/index.php/ijac/article/view/6141

MORENO, F.N., CUBAS, M.R., MALUCELLI, A., SILVA, C.L. Recurso computacional auxiliar ao ensino do raciocínio diagnóstico: intenções e valores identificados. Cogitare Enferm. [Internet] 2013; 18(4). [acesso em 13 jan 2015]. Disponível: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/cogitare/article/view/34918/21672>

MALUCELLI, A., OTEMAIER, K.R., BONNET, M., CUBAS, M.R., GARCIA, T.R. Sistema de informação para apoio à Sistematização da Assistência de Enfermagem. Rev. bras. enferm. [Internet] 2010; 63(4). [acesso em 13 jan 2015]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71672010000400020>

PINTO, M.L.R., COSTA, H.G., SANTOS, E.M., JORGE, M.J. A qualidade da informação do prontuário eletrônico do paciente - um estudo de caso sobre avaliação da inovação. Rev. Vita. et. Sanitas. (FUG, online), [Internet] 2014; (8) [acesso em 11 jan 2016]. Disponível: <http://arca.icict.fiocruz.br/handle/icict/9872>



DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRIAGEM DA ACUIDADE VISUAL E DO LIMIAR AUDITIVO ACOPLADOS EM UM BANCO DE DADOS

DEVELOPMENT OF A VISUAL ACUITY AND HEARING THRESHOLD SCREENING SYSTEM

Fabício Carvalho Soares

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais
Professor no Instituto Federal de Minas Gerais. fabricio.soares@ifmg.edu.br

Marcos Pinotti Barbosa

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas
Professor da Universidade Federal de Minas Gerais. pinotti@ufmg.br

Ricardo Queiroz Guimarães

Doutor em Oftalmologia pela Universidade Federal de Minas Gerais
Diretor do Hospital de Olhos Dr. Ricardo Guimarães. presidencia@holhos.com.br

Márcia Fernanda da Costa Reis Guimarães

Doutora em Oftalmologia pela Universidade Federal de Minas Gerais
Diretora Clínica do Hospital de Olhos Dr. Ricardo Guimarães. presidencia@holhos.com.br



RESUMO

Diferentes programas de triagem da acuidade visual em crianças com idade escolar já foram realizados. Na maioria destes programas pode-se observar que, apesar dos bons resultados, falta um sistema adequado para a realização dos exames, armazenamento dos dados e o seu tratamento estatístico em larga escala. O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de exames, acoplado a um banco de dados, que possa ser aplicado em programas públicos de triagem. Neste sistema estão acoplados subsistemas para a realização de diversos exames relacionados à acuidade visual, ao exame do limiar auditivo e para a transmissão automática dos dados para um computador/servidor. O sistema de triagem conseguiu atingir os objetivos propostos, podendo ser

utilizado como uma ferramenta capaz de auxiliar nos exames de acuidade visual com letras, "E", "C" e números, exames de foria, de sensibilidade ao contraste, de visão de cores (Ishihara) e do limiar auditivo. Também foi capaz de armazenar, de maneira automática, os dados em um servidor central, sem a intervenção do examinador.

PALAVRAS-CHAVE: acuidade visual, triagem, limiar auditivo, armazenamento de dados.

ABSTRACT

Different screenings on school age children have been performed. On most programs, it was observed that, despite good results,

there is a lack of adequate systems to perform exams, store data and statistically treat data on a larger scale. The aim of this work is to develop a system of exams, with a database that may be used on public screening. This equipment contains subsystems to execute various exams related to visual acuity, hearing evaluation and automatic data transmission to a computer/server. The equipment developed achieved its purpose, being capable to execute visual acuity exams with letters, "E", "C", numbers, phoria exam, contrast sensibility, color vision (Ishihara) and hearing evaluation. It was also capable to store data automatically on a central server, without the examiner's intervention.

KEYWORDS: visual acuity, screening, hearing evaluation, database.

INTRODUÇÃO

O trabalho de desenvolver um equipamento de triagem da acuidade visual e do limiar auditivo iniciou-se a partir da parceria entre o Laboratório de Bioengenharia (Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG) e o Hospital de Olhos Dr. Ricardo Guimarães, após verificar a carência de equipamentos para a triagem e o armazenamento dos resultados em projetos de cunho social da Fundação Hospital de Olhos.

No Brasil, um dos primeiros programas de saúde na escola foi realizado em 1967, no qual diversos exames (ex., triagem visual, limiar auditivo) foram feitos em crianças de escolas primárias no município de São Paulo (RODRIGUES et al., 1972). Verificou-se que 12% das crianças tinham acuidade visual diminuída, dos quais menos de 40% usavam óculos. Aproximadamente 17% das crianças examinadas na triagem possuíam hipoacusia (diminuição do limiar auditivo), sendo o diagnóstico confirmado em 7% após exames complementares.

Valores próximos para a triagem visual foram encontrados em um estudo com uma amostra de 9640 escolares do 2º ao 5º ano da rede pública de Sorocaba, São Paulo, cuja prevalência de baixa acuidade visual foi de 13% (GIANINI et al., 2004). De forma similar, em uma amostra de 1608 alunos do 2º ano do Ensino Fundamental de escolas estaduais no Rio Grande do Sul, constatou-se a prevalência de acuidade visual diminuída em 11% das crianças, tendo 5% de toda a amostra hipermetropia, 2% astigmatismo e 1% miopia (ESTACIA et al., 2007).

Coerente com os resultados da triagem do sistema auditivo de RODRIGUES et al. (1972), 24% das crianças de 3 a 6 anos em São José do Rio Preto, São Paulo, apresentaram audiometrias alteradas, com confirmação diagnóstica em 10% (PIATTO; MANIGLIA, 2001). Recente estudo com 406 crianças do 2º ao 5º ano identificou que 12% apresentaram alterações auditivas em uma ou ambas as orelhas, em uma ou mais frequências, sendo as piores médias de limiares na frequência de 6 kHz (LÜDERS et al., 2015).

A necessidade de programas de triagem na escola pode ser observada por diversos autores, entre eles, TEMPORINI (1984) afirma que "O escolar está sujeito a distúrbios visuais que interferem no seu rendimento e que, futuramente, poderão trazer limitações a sua vida profissional e social. A escola, instituição que consegue aglutinar grande número de crianças, permite uma ação programada e maciça de cunho preventivo, no que se refere à promoção da saúde ocular ou no diagnóstico precoce e pronto tratamento dos casos identificados". Após estudo sobre a detecção de baixa de visão, BECHARA e KARA-JOSÉ (1987) recomendam a obrigatoriedade do exame oftalmológico, ou pelo menos a triagem realizada por profissionais da educação, em todas as crianças que ingressam na escola.

GASPARETTO et al. (2004) realizaram estudo para verificar o conhecimento dos professores de 23 escolas da cidade de

Campinas sobre sinais para identificação de alunos com problemas visuais. Concluíram que: “Os professores apresentaram conhecimento insuficiente quanto à saúde ocular e, portanto, as ações desenvolvidas não foram completas e abrangentes. Sugere-se a implantação de um programa de saúde ocular em todo o sistema público de ensino, visando desenvolver ações de prevenção da incapacidade visual, promoção e recuperação da saúde ocular”.

Entre os equipamentos utilizados na

triagem visual, três gerações se destacam, baseados nas patentes desenvolvidas por SHERMAN (1935) (Figura 1a), por GOOD (1975) (Figura 1b) e por GRIFFIN et al. (1986) (Figura 1c), sendo este último a base de equipamentos de triagem visual comercializados até os dias atuais. O presente trabalho objetivou apresentar o desenvolvimento de um novo sistema online de triagem de problemas visuais e auditivos, integrado a um banco de dados, de custo acessível, uso intuitivo e que possa ser utilizado em larga escala.

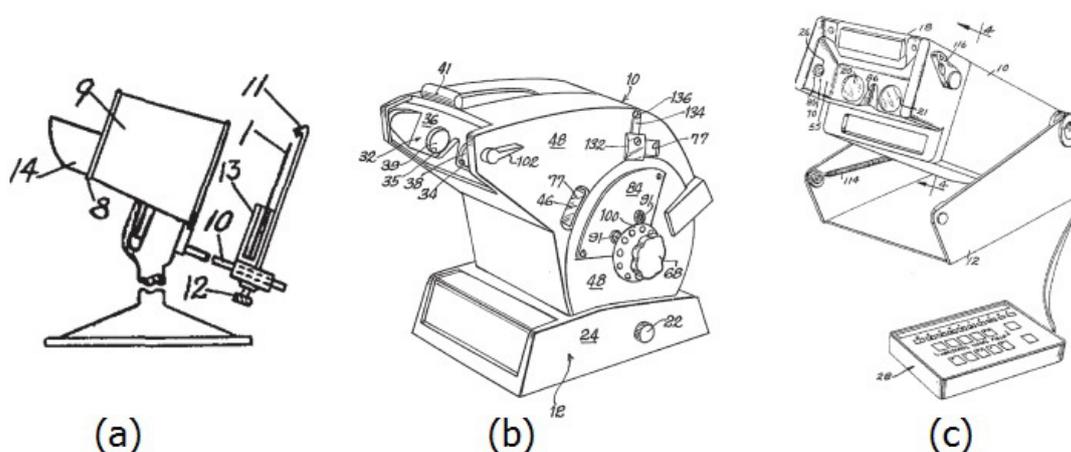


Figura 1 – (a) equipamento patenteado por SHERMAN (1935), (b) patenteado por GOOD (1975) e (c) patenteado por GRIFFIN et. al. (1986).

MÉTODOS

Para atingir o objetivo deste trabalho, foi necessário o desenvolvimento da lógica de armazenamento de dados e de um sistema digital de triagem visual. Os principais requisitos propostos para este desenvolvimento foram:

- operar conectado diretamente aos equipamentos de triagem, sem a necessidade de anotação escrita dos resultados;
- organização dos dados de forma a facilitar o seu tratamento estatístico;
- economicamente viável;
- interface simples e intuitiva;

- escalável, podendo atender de pequenas a grandes cidades com a mesma eficiência.

A Figura 2 apresenta, de modo simplificado, o sistema proposto, integrando o equipamento de triagem visual com o sistema de armazenamento de dados. Primeiro, os escolares deverão se posicionar para visualizar os estímulos do equipamento de triagem. O examinador deverá digitar as respostas dos escolares, que serão enviadas automaticamente para um servidor de banco de dados. A consulta dos dados armazenados pode resultar tanto em relatórios individuais quanto em uma análise de dados globais para auxiliar gestores em tomadas de decisão, como o encaminhamento para exames complementares ou planejamento de políticas públicas.

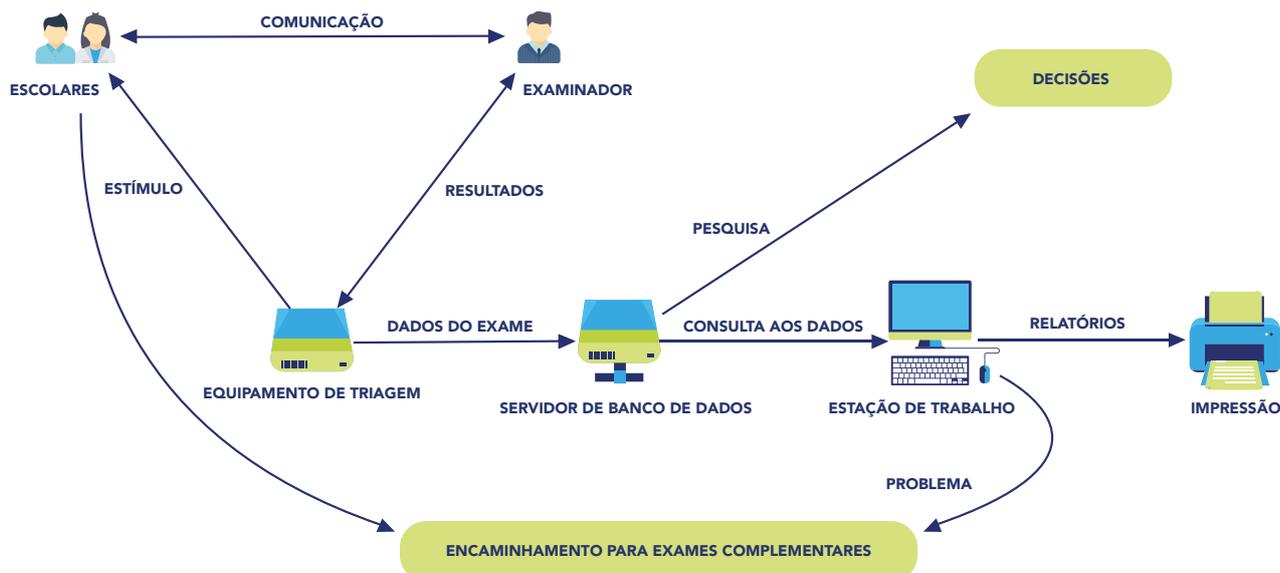


Figura 2 – Esquema do funcionamento do sistema de triagem. Fonte: Do próprio autor (2009).

O sistema pode ter diversos equipamentos de triagem alimentando o mesmo banco de dados. Inicialmente contará com o equipamento de triagem da acuidade visual e o equipamento de triagem do limiar auditivo. O banco de dados contém tabelas comuns para todos os testes de triagem, tais como: dados de identificação e residência do aluno, dados dos examinadores, dados das escolas e das turmas. Para cada exame de triagem que for adicionado, existirá uma tabela correspondente para armazenar os seus resultados, tendo como campo chave a identificação do aluno.

O equipamento de triagem visual foi desenvolvido buscando integrar soluções

já existentes no mercado, evitando o desenvolvimento de aparatos sofisticados, o que tenderia a aumentar o custo do equipamento e poderia inviabilizar a sua produção. Foram desenvolvidos protótipos com duas estruturas diferentes. Uma delas possui um sistema de controle e processamento interno, tendo a outra com todo o processamento sendo feito por um computador externo. Ambas eram formadas por quatro componentes básicos, conforme pode ser observado na Figura 3a: Tela/Display de cristal líquido (LCD) para exibição dos optótipos; Par de lentes de dioptria positiva (Lente 1); Par de lentes de dioptria negativa (Lente 2); Carcaça.

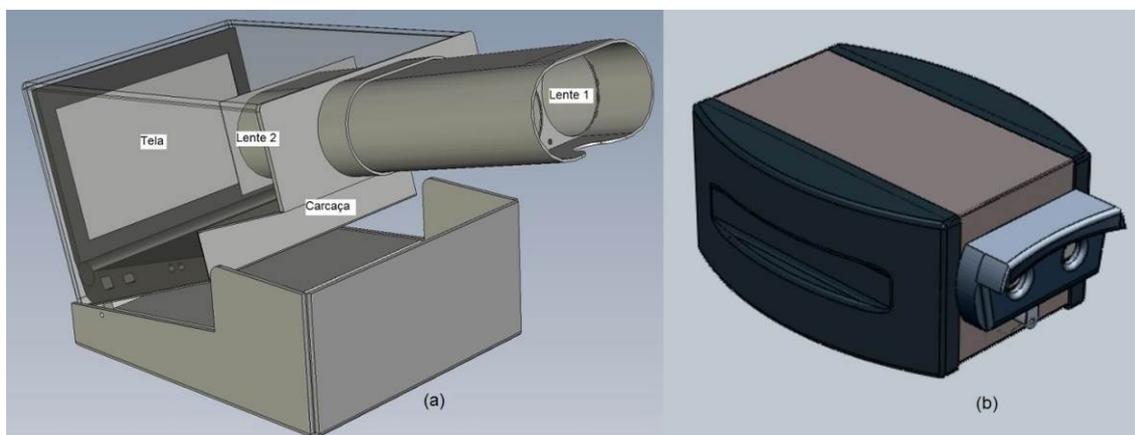


Figura 3 – (a) desenho do equipamento evidenciando os seus quatro elementos principais: tela, lente 1, lente 2 e carcaça; (b) desenho proposto para o equipamento. Fonte: (a) Do próprio autor (2009); (b) Laboratório de Pesquisa Aplicada à Neurovisão (2013).

Entre os componentes, o primeiro a ser definido foi a tela de LCD, pois todas as dimensões e características dos demais componentes dependem da resolução e da distância entre os *pixels* da tela selecionada. Em todos os protótipos desenvolvidos, foram utilizadas telas com tamanho de ponto (*dot pitch*) igual a 0,190 mm, o que proporcionou a utilização do mesmo sistema óptico. Para calcular o sistema óptico, foram utilizados:

a) padronização descrita por SNELLEN (1862):

“A acuidade visual (S) é expressa pela razão entre a distância em que se reconhece na tabela (d) e a distância em que ele se apresenta com um ângulo de cinco minutos (D).

$$S = \frac{d}{D}$$

Se d e D forem iguais e for visível a

20 pés, então $V = \frac{20}{20} = 1$ $V = \frac{20}{20} = 1$, em outras palavras, esta é a acuidade visual normal.”

b) os parâmetros:

- tamanho da letra exibida na tela de LCD correspondente a acuidade visual 1,0 (logMAR 0 e Snellen 20/20): 1,9 mm ou 10 pontos (*pixels*), uma vez que as letras (optótipos) são divididas em 5 partes, a espessura de cada linha corresponde a 2 pontos.
- distância na qual a imagem virtual do optótipo deve estar posicionada: 6,0 m.
- tamanho da imagem virtual para que um optótipo corresponda a acuidade visual 1,0, ou seja, com um ângulo de visão de cinco minutos: 8,72 mm.

c) as equações de óptica aplicadas a lentes delgadas:

$$[1] \quad m = \frac{h'}{h}$$

$$[2] \quad u' = u - y \times \emptyset$$

$$[3] \quad y_{j+1} = y_j + d \times u'_j$$

$$[4] \quad l'_k = \frac{-y_k}{u'_k}$$

$$[5] \quad m = \frac{u_1}{u_k}$$

Onde:

m = ampliação da imagem

h' = tamanho da imagem virtual (percebida pelo observador)

h = tamanho da imagem real (exibida na tela)

u = ângulo que o raio de luz chega na lente

u' = ângulo que o raio de luz parte da lente

y = altura em que o raio chega na lente

\emptyset = potência da lente

d = distância entre as lentes

j = número da lente (para sistemas com mais de uma lente)

l' = posição da imagem

k = última lente

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a distância e a potência de cada uma das lentes do bloco óptico, calculadas a partir das equações [1], [2], [3], [4] e [5]. Conforme definido anteriormente, o sistema é composto por dois pares de lentes. O primeiro par está a uma distância de 270 mm da tela de LCD e possui uma potência óptica de -11,5 di. O segundo par de lentes está a uma distância de 250 mm da lente 1, com uma potência óptica de +3,0 di. Após uma ampliação de 4,6 vezes, o tamanho final da imagem virtual é de 8,786 mm, próximo ao valor de 8,72 mm, proposto inicialmente. A imagem estará a uma distância virtual de 5994 mm, próximo ao valor de 6 metros recomendado para o exame da acuidade visual.

Tabela 1 – Resultados do dimensionamento do bloco óptico do sistema de triagem da acuidade visual.

Variáveis	Antes (Tela-Lente 1)	Lente 1	Meio (interlentes)	Lente 2	Fim (pós Lente 2)
Potência óptica (dioptria)		-11,5 di		3,0 di	
Distância	270 mm		250 mm		10 mm
Altura em que o raio chega na lente (y)		1,900 mm		9,122 mm	
Ângulo que o raio de luz chega na lente (u)	0,007037		0,028887		0,001522
Ampliação da imagem					4,624 vezes
Tamanho da imagem virtual					8,786 mm
Distância da imagem virtual					5994,2 mm

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre o tamanho real e o tamanho ideal do optótipo / letra, após o bloco óptico, variando a espessura da linha em 1 ponto, ou seja, com o optótipo variando de 5 até 50 pontos de altura. Na terceira coluna estão os valores da imagem exibida na tela, antes de passar pelo sistema óptico. Para todos

os valores, o erro entre o tamanho ideal e o tamanho real do optótipo gerado pelo equipamento foi de 0,69%. Na escala MAR, a maior diferença foi para o tamanho do optótipo equivalente a 0,2 logMAR, sendo obtido o valor real equivalente a 0,18 logMAR, aproximadamente 10% abaixo do valor ideal da escala.

Tabela 2 – Tamanho da letra exibida pelo equipamento de triagem da acuidade visual e relação do valor real e ideal na escala Snellen e MAR.

Pontos por linha	Pontos por letra	Altura da letra	Tamanho real da letra	Tamanho ideal da letra	Erro	Escala Snellen	Escala MAR	Escala logMAR	logMAR real
1	5	0,95	4,39	4,36	0,69%	20/10	0,5	-0,30	-0,30
2	10	1,90	8,79	8,73	0,69%	20/20	1,0	0,00	0,00
3	15	2,85	13,18	13,09	0,69%	20/30	1,5	0,20	0,18
4	20	3,80	17,57	17,45	0,69%	20/40	2,0	0,30	0,30
5	25	4,75	21,97	21,82	0,69%	20/50	2,5	0,40	0,40
6	30	5,70	26,36	26,18	0,69%	20/60	3,0	0,50	0,48
7	35	6,65	30,75	30,54	0,69%	20/70	3,5	-	0,54
8	40	7,60	35,15	34,91	0,69%	20/80	4,0	0,60	0,60
9	45	8,55	39,54	39,27	0,69%	20/90	4,5	-	0,65
10	50	9,50	43,93	43,63	0,69%	20/100	5,0	0,70	0,70

Implementou-se, no aplicativo desenvolvido para este equipamento, os seguintes teste:

- Triagem da acuidade visual: o sistema é capaz de exibir os optótipos nos tamanhos mostrados na Tabela 2, de maneira decrescente. A escala

principal do sistema é a Snellen (sétima coluna da Tabela 2), sendo os optótipos exibidos de maneira aleatória, podendo ser repetido até duas vezes em cada linha. Pode ser utilizado com quatro conjuntos de

optótipos diferentes: letras em quantidade e dimensões propostas por Sloan em 1959 (COLENBRANDER, 2001), ilustrado na Figura 4a; a letra E, com 4 optótipos posicionados de acordo com os ângulos 0°, 90°, 180° e 270° (Figura 4b); C de Landolt, com 4 optótipos com abertura nos ângulos

0°, 90°, 180° e 270° (Figura 4c); e números com 10 optótipos. Independente do optótipo, será armazenado para cada linha do teste a quantidade de letras que o aluno leu corretamente. Se o aluno ler menos de três letras em uma determinada linha, o teste será encerrado.



Figura 4 – (a) Fonte desenhada para o equipamento com os optótipos de Sloan, (b) em E, e (c) em C de Landolt. Fonte: Do próprio autor (2009).

- Triagem da sensibilidade ao contraste: utilizou-se o conjunto de optótipos de Sloan, seguindo a técnica proposta por Pelli-Robson (Figura 5), contendo 8 linhas com 6 optótipos e apresentando uma variação de contraste de 0,15 a cada 3 optótipos. Para este exame a luminosidade da tela foi aferida, obtendo-se o contraste a partir

da relação entre a luminosidade do tom de cinza exibido e a luminosidade do fundo branco. De maneira análoga ao da acuidade visual, será registrado o número de letras que o aluno identificou em cada linha do exame, encerrando o teste caso o aluno identifique menos de três dos optótipos exibidos.

Z V O S K C

Z V O S K C

Figura 5 – Optótipos exibidos durante a triagem da sensibilidade ao contraste, para o olho esquerdo e direito, com os optótipos Z V O em maior contraste em relação aos optótipos S K C. Fonte: Do próprio autor (2009).

- Triagem da visão de cores: utilizou-se algumas lâminas do Teste de Ishihara (Figura 6). Será registrado

no banco de dados o número identificado pelo aluno.

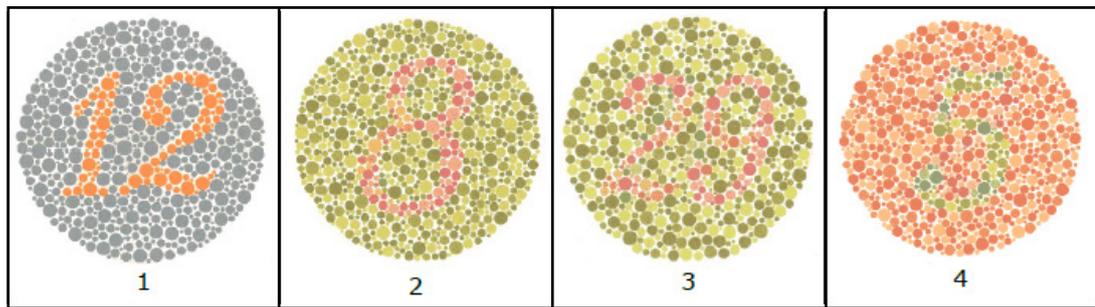


Figura 6 – Quatro lâminas do Teste de Ishihara, com os números 12, 8, 29 e 5. Fonte: Do próprio autor (2009).

- Triagem de foria: é exibido no lado esquerdo da tela um conjunto de 9 linhas numeradas e no lado direito um círculo vermelho na posição central da tela (Figura 7). Este teste consiste em identificar se o examinado verá o círculo sobposto a linha central

exibida ou se apresentará algum desvio ocular. Este teste é realizado com linhas verticais e com linhas horizontais. Será armazenado no banco de dados o número da linha vertical e o da linha horizontal nos quais o aluno informou que estava sob o círculo.

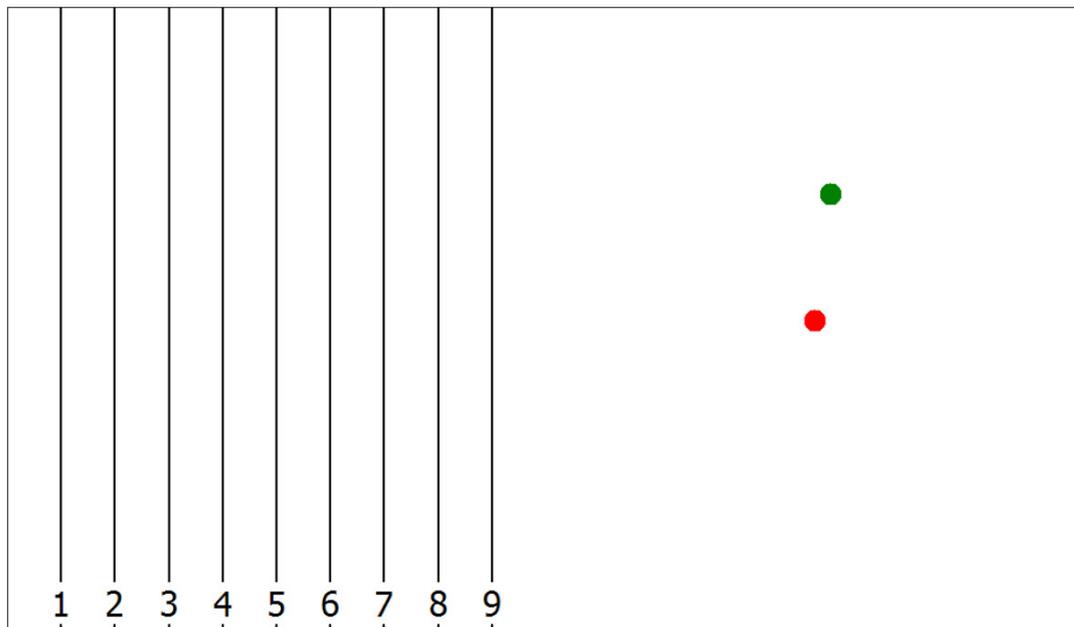


Figura 7 – Teste de foria, com uma metade da tela sendo exibida para o olho esquerdo e a outra metade para o olho direito. Fonte: Do próprio autor (2009).

- Triagem do limiar auditivo tonal aéreo: são emitidos sons de tom puro para o ouvido esquerdo e, em sequência, para o ouvido direito nas frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 6kHz, 8kHz. A amplitude é alterada a cada 2 segundos, sendo a emissão de som na frequência / ouvido interrompida

pele examinador ao sinal da criança indicando ter percebido o som. Para cada frequência testada, serão armazenados no banco de dados a menor amplitude sonora que o aluno conseguir escutar em cada um dos ouvidos, em escala adimensional.

É possível, em todos os testes de triagem da visão e audição desenvolvidos, avaliar ambos os olhos/ouvidos, somente do olho/ouvido direito ou somente do esquerdo.

Características finais do sistema desenvolvido:

- Equipamento composto de uma tela de 7 polegadas, com resolução de 800 x 480 pontos e distância entre pontos de 0,19 mm. Possui conexão VGA (conector padrão de vídeo dos computadores) e/ou HDMI (padrão digital). Bloco óptico formado por dois pares de lentes, um com + 3.0 di e o outro com -11.5 di. Possui o tubo de suporte das lentes retrátil, diminuindo o tamanho do equipamento para transporte e armazenamento. Funciona somente acoplado a um computador.
- Aplicativo de controle: desenvolvido na linguagem Delphi em ambiente MS Windows®, devido a facilidade no desenvolvimento de sistemas conectados a banco de dados, podendo trabalhar em ambiente remoto (online) ou em ambiente local (offline). Apresenta módulos para cadastro de alunos, cadastro de escolas, cadastro de profissionais, teste de triagem da acuidade visual, teste de triagem da sensibilidade ao contraste, teste de triagem da visão de cores, teste de triagem de foria e teste do limiar auditivo.
- Sistema de banco de dados: utiliza o sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL instalado em um servidor com sistema operacional Linux, com capacidade superior a 50 milhões de registros. Para este sistema de triagem, o banco de dados é formado por 13 tabelas de dados, com um total de 174 tipos de dados.

Utilizando a referida metodologia, já foram produzidos três protótipos do sistema de triagem da acuidade visual. A Figura 8 e a Figura 9 apresentam os dois protótipos que utilizam um netbook embarcado dentro do equipamento (Asus EEE PC900, tela de 8,9 polegadas, resolução de 1024x600 pixels), com controle a partir de um teclado numérico e de um display de LCD com 2 linhas de 32 caracteres. A Figura 10 apresenta um terceiro protótipo, construído em aço carbono e polímero, com tela de LCD (marca Innolux, modelo AT070TN92, tamanho de 7 polegadas e resolução de 800x480 pixels), conexão RGB e sistema de controle (computador) externo, com uma bolsa desenvolvida para o transporte.

Foram desenvolvidos dois protótipos do sistema de triagem do limiar auditivo, ambos usando fone de ouvido tipo concha fabricado pela Philips (modelo SPH2500) e placa de som genérica (modelo padronizado para os dois protótipos). Realizou-se aferição e ajuste, via software, na curva de potência sonora emitida pelo protótipo. O próximo passo para este sistema será a sua validação.

Foram realizados testes de funcionalidade do equipamento e exames desenvolvidos para o mesmo, sem apresentar anormalidades em relação ao funcionamento previsto. O equipamento está registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) com o número PI-1003231-2. O próximo passo será a validação do equipamento de acuidade visual.

O sistema de banco de dados foi testado utilizando equipamentos analógicos. Apresentou comportamento adequado quando alimentado por vários equipamentos de modo simultâneo, tendo sido realizadas simulações com os equipamentos desenvolvidos e, também, sendo alimentado por outros equipamentos de triagem existentes no mercado.



Figura 8 – Primeiro protótipo, construído em aço carbono, com um netbook embarcado. Fonte: Do próprio autor (2009).

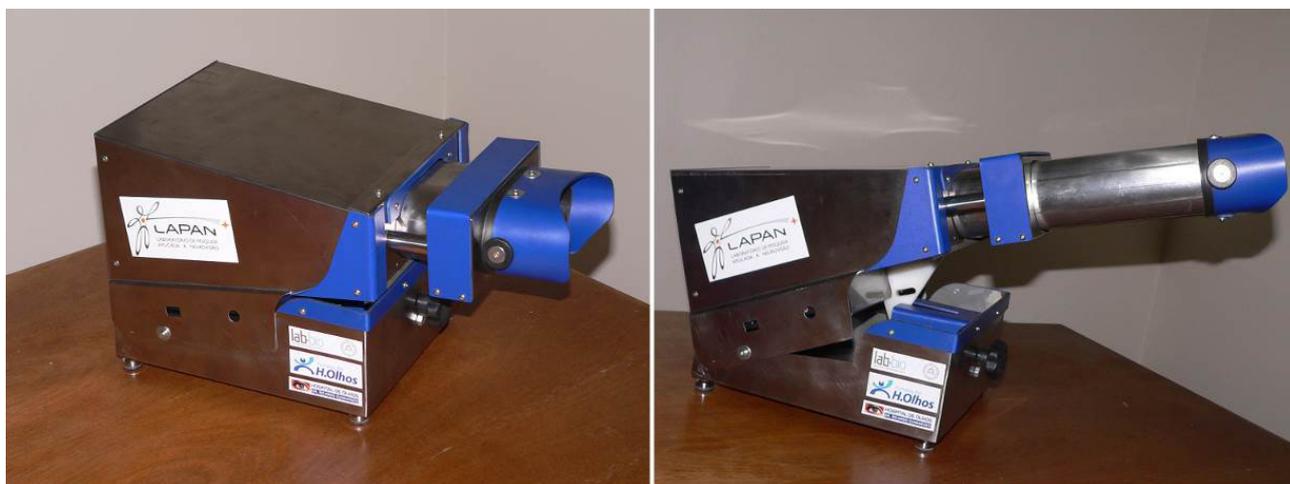


Figura 9 – Segundo protótipo, construído em aço inox, com um netbook embarcado. Fonte: Do próprio autor (2010).



Figura 10 – Terceiro protótipo, construído em aço carbono e polímero, com sistema de controle externo. Fonte: Do próprio autor (2013).

CONCLUSÕES

Com o objetivo de construir um sistema online de triagem de problemas visuais e auditivos, foram desenvolvidos cinco protótipos: três de triagem da acuidade visual e dois de triagem do limiar auditivo. O custo estimado para a produção dos equipamentos desenvolvidos é inferior aos equipamentos similares no mercado, o que possibilita a sua utilização em programas de triagem da população. Em todas as simulações realizadas, os examinadores conseguiram operar de maneira correta o equipamento, demonstrando a sua utilização de maneira intuitiva e com a menor interação possível entre examinador e equipamento. O sistema de banco de dados foi testado utilizando simulações de triagem e, também, triagens com equipamentos analógicos, sendo testadas pouco mais de mil crianças, apresentando velocidade e confiabilidade durante os testes. Atualmente o equipamento de triagem da acuidade visual e do limiar auditivo encontra-se em fase de validação, o que poderá confirmar a viabilidade da sua utilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte fornecido pelas instituições: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Laboratório de Pesquisa Aplicada à Neurovisão – LAPAN, Hospital de Olhos Dr. Ricardo Guimarães, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, Íon Desenvolvimento de Tecnologias. Este projeto, em suas diversas etapas, contou com subvenção econômica da FAPEMIG, processo nº: TEC APQ-02428-10 (2011-2013) e do CNPq, processo nº 550721 (2007-2009). ©

REFERÊNCIAS

BECHARA, S. J.; KARA-JOSÉ, N. Detecção e tratamento de pacientes amblíopes na cidade de São Paulo, SP (Brasil). *Revista de Saúde Pública*, v. 21, p. 326-330, 1987.

COLENBRANDER, A. *Measuring Vision and Vision Loss*. San Francisco, 2001.

ESTACIA, P. et al. Prevalência de erros refrativos em escolares da primeira série do ensino fundamental da região Nordeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v. 66, p. 297-303, 2007.

GASPARETTO, M. E. R. F. et al. Dificuldade visual em escolares: conhecimentos e ações de professores do ensino fundamental que atuam com alunos que apresentam visão subnormal. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, v. 67, n. 1, p. 65 – 71, 2004.

GIANINI, R. J. et al. Prevalência de baixa acuidade visual em escolares da rede pública, Sorocaba. *Revista de Saúde Pública*, v. 38, p. 201-208, 2004.

GOOD, C. R. Eye-testing apparatus. PI 4027954. 10 fev. 1975, 7 jun. 1977. United States Patent Office, 1977.

GRIFFIN, J. P.; GATES, G.; RINEHART, K. Vision testing apparatus. PI 4740072. 29 jan. 1986, 26 abr. 1988. United States Patent Office, 1988.

KARA-JOSÉ, N.; TEMPORINI, E. R. Avaliação de triagem visual de escolares de primeira série do primeiro grau. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 14, p. 205-214, 1980.

LÜDERS, D. et al. Análise do perfil audiométrico de escolares. *Distúrbios da Comunicação*, v. 27, n. 1, p. 151-161, 2015.

PIATTO, V. B.; MANIGLIA, J. V. Avaliação da audição em crianças de 3 a 6 anos em creches e pré-escolas municipais. *Jornal de Pediatria*, v. 77, p. 124-130, 2001.

RODRIGUES, E. C. et al. Levantamento de condições de saúde de alunos dos estabelecimentos de ensino primário da secretaria dos negócios da educação do estado, no município de São Paulo, Brasil. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 6, p. 343-359, 1972.

SHERMAN, R. A. Device for testing visual acuity. PI 2196904. 4 dez. 1935, 9 abr. 1940. United States Patent Office, 1935.

SNELLEN, H. Probebuchstaben: Zur Bestimmung der Sehschärfe. Utrecht, 1862.

TEMPORINI, E. R. Ação preventiva em problemas visuais de escolares. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 18, p. 259-262, 1984.



UMA METODOLOGIA PARA OTIMIZAR O SISTEMA DE MELHORIA CONTINUADA DO AVASUS COM FOCO NAS EXPERIÊNCIAS DO USUÁRIO

A METHODOLOGY TO OPTIMIZE THE AVASUS CONTINUOUS IMPROVIMENT SYSTEM WITH A FOCUS ON USER EXPIRENCES

Geir Veras Vieira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Departamento de Engenharia Biomédica, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN, Brasil. CEP: 59072-970. E-mail: geir_veras@hotmail.com

Natanael de Freitas Neto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Departamento de Engenharia Biomédica, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN, Brasil. CEP: 59072-970. E-mail: natanaelfreitasneto@gmail.com

Karla Mônica Dantas Coutinho

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN, Brasil. CEP: 59072-970. karlamonica@hotmail.com

Lidyane Alves da Cunha Laranjeiras

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN, Brasil. CEP: 59072-970. E-mail: lidy.cunha@icloud.com

Ricardo Alexandre de Medeiros Valentim

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Departamento de Engenharia Biomédica, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN, Brasil. CEP: 59072-970. E-mail: ricardo.valentim@ufrnet.br

Karilany Dantas Coutinho

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde, Departamento de Engenharia Biomédica, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN, Brasil. CEP: 59072-970. E-mail: karilany@ufrnet.br



RESUMO

Atualmente a educação à distância tornou-se uma ferramenta fundamental para quebrar as barreiras da necessidade da presença física, inspirado nos benefícios do EaD foi implementado o projeto AVASUS, este projeto consistem em uma plataforma com cursos EaD onde o objetivo principal é

qualificar profissionais e estudantes da área da saúde, o pós-atendimento é uma pratica importante para obter um *feedback* dos usuários sobre problemas apresentados na plataforma, problemas com cursos, sugestões e críticas. Através desse *feedback* a equipe busca atender aos pedidos dos usuários. O presente trabalho de conclusão de

curso propõe uma otimização do atual processo do sistema de pós-atendimento do AVASUS, na arquitetura apresentada poderemos verificar um sistema mais dinâmico e objetivo ao receber os problemas que os usuários venham a apresentar durante a realização do curso, além de automatizar parte do processo atual, o proposto trabalho irá manter parte do processo de forma humanizada, visto que uma certa quantidade de avaliações são subjetivas e precisam de uma análise mais criteriosa. Poderemos verificar ao fim do trabalho que a arquitetura proposta é implementável, além de atender de forma eficiente as necessidades do processo de pós-atendimento.

PALAVRAS-CHAVE: MOODLE, AVASUS, Pós-atendimento. Educação a Distância.

RESUMO

Currently distance education has become a fundamental tool to break the barriers of the physical presence need, inspired by the benefits of the DE has been implemented the AVASUS project, this project consist of a platform with DE courses where the main objective is to qualify professionals and students In the health area, after-care is an important practice to obtain feedback from users about problems presented on the platform, problems with courses, suggestions and criticisms. Through this feedback, the team seeks to respond to users' requests. The present work of conclusion of course proposes an optimization of the current process of the post-attendance system of AVASUS, in the presented architecture we will be able to verify a more dynamic and objective system when receiving the problems that the users will present during the accomplishment of the course, besides To automate part of the current process, the proposed work will maintain part of the process in a humanized way, since a certain

amount of evaluations are subjective and need a more careful analysis. We can verify at the end of the work that the proposed architecture is implementable, in addition to efficiently attending the needs of the post-service process.

PALAVRAS-CHAVE: MOODLE, AVASUS, After service, Distance Education.

INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia de informação e comunicação (TIC) vem dando cada vez mais facilidade ao acesso à informação (DE MACEDO et al., 2015). A educação à distância (EaD) se refere ao conhecimento onde o professor e o aluno não estão presentes fisicamente no mesmo lugar. Dessa forma, o processo de aprendizagem do discente passa a ser autônomo conforme a orientação de uma ação pedagógica virtual (DE FARIAS; DE FREITAS GURGEL, 2016).

A plataforma *Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* – Ambiente modular de aprendizagem dinâmica orientada a objetos) é uma sala de aula virtual onde o aluno tem a possibilidade de acompanhar as atividades do curso pela internet. O aluno terá acesso à plataforma com uso de um usuário e uma senha pessoal. O *moodle* pode ser acessado em qualquer computador com internet. Ele é a principal plataforma de sustentação das atividades. É através dele que o usuário poderá ter acesso aos conteúdos disponibilizados pelos professores, além de postar atividade, debater o tema em fóruns de discussão, tirar dúvidas via mensagens, entre outros (SABBATINI, 2007).

O AVASUS (Ambiente Virtual de Aprendizagem do SUS) foi lançado pelo Ministério da Saúde (MS) em Setembro de 2015, trata-se de um espaço virtual de aprendizagem, voltado para a qualificação, gestão e assistência no Sistema Único de Saúde

(SUS), ver (MACHADO, 2015). Atualmente, o AVASUS possui mais de 200 mil matrículas e mais de 40 módulos disponíveis, divididos em módulos para a população em geral e módulos restritos a determinados profissionais de saúde (BRASIL, 2016).

Atualmente, o pós-atendimento é uma prática indispensável, pois é uma ferramenta de interface entre o produto e o cliente, é através dele que o gestor tem o *feedback* do que é o mais importante para a continuidade e ao crescimento de um projeto, empresa, empreendimento, entre outros. Visando isto o proposto trabalho busca apresentar uma proposta metodológica de otimização do sistema de pós-atendimento do AVASUS, a fim de melhorar o processo já existente e atender melhor os Clientes AVASUS. Este projeto apresenta uma solução ao sistema de avaliação do usuário, onde uma parte do processo é automatizado e outra é humanizado. Com a implementação do sistema proposto, a equipe de suporte de pós-atendimento do AVASUS terá uma maior objetividade na análise das avaliações dos cursos, verificar problemas que os usuários, por ventura venham a ter ao usar a plataforma, auxiliar na verificação das sugestões para melhorar na produção de novos, atualização ou confecção de novos cursos, bem como melhoria da própria plataforma, entre outras possibilidades.

METODOLOGIA

O trabalho realizado trás uma proposta metodológica para a otimização do sistema de pós-atendimento da plataforma AVASUS, o trabalho sugere uma implementação automatizada do sistema de pós-atendimento, mas sem perder o lado humanizado do serviço de atendimento aos usuários AVASUS.

A metodologia deste trabalho inicia com uma aprofundada revisão bibliográfica sobre o assunto proposto, utilizando o academico do google, periódicos capes e

SciELO como bases de dados, além disto foi estudado a plataforma AVASUS.

De acordo com amostra observada, baseada no que se tem hoje de sistema de pós-atendimento na plataforma AVASUS, a implementação de um sistema automatizado irá beneficiar em diversos aspectos importantes, a fim de que se eleve a satisfação do usuário no que diz respeito a utilização da plataforma AVASUS, dentre esses pontos destacam-se: Agilizar o *feedback* ao usuário e minimizar erros na leitura de dados relacionada a manipulação da quantidade de demandas, tendo em vista o aumento de usuários e de módulos educacionais a serem administrados na plataforma.

A proposta metodológica segue a seguintes etapas:

4.1 ETAPAS METODOLÓGICAS

Etapa 1: Ao finalizar o curso na plataforma AVASUS, o será convidado a preencher a avaliação do curso, ao finalizar a avaliação ficará disponível a retirada do certificado e a interface com o usuário será finalizada. Neste momento entra em funcionamento a metodologia proposta, através da implementação de um novo Software de Pós-atendimento AVASUS.

Etapa 2: O software ira receber a informação para dois parâmetros

1. A quantidade de estrelas atribuídas por aquele usuário e;
2. O comentário preenchido pelo usuário.

Tomando como ponto de partida a quantidade de estrelas atribuídas pelo usuário, a avaliação será encaminhada para dois grandes grupos, um subdividindo entre avaliações com quatro ou cinco estrelas e outro grupo para avaliações com três ou menos estrelas.

Etapa 3: Análise das avaliações com 4 ou 5 estrelas

Quando o usuário atribuiu quatro ou cinco estrelas ele pode ter inserido algum tipo de comentário ou não. Em casos de não ter colocado comentário será enviado automaticamente um e-mail agradecendo pela avaliação do curso, o intuito é que o usuário perceba que suas avaliações estão sendo analisadas devidamente e sinta-se atendido. Desta forma, o software encerra o processo de análise da avaliação deste usuário.

Baseada nas informações obtidas por VALENTIM et al., 2016, Figura 6, notou-se há respostas padrão nos comentários das avaliações. Desta forma, tomou-se como base estas referências de feedback dos usuários. Visando estas informações, tomou-se essas palavras como padrão nos comentários das avaliações, para aquelas avaliações tiverem este tipo de comentário padrão e nenhuma informação adicional o software entenderia que não há uma sugestão ou crítica nos comentários e por isto seria enviado um e-mail agradecendo pela avaliação do usuário.

Entretanto, conforme verificado em análise da amostra do atual sistema de pós-atendimento do AVASUS, para alguns usuários, alguns cursos merecem uma avaliação de quatro ou cinco estrelas, mas o mesmo ainda pode melhorar. E no campo para preencher a avaliação o cursista tem a oportunidade de fornecer alguma sugestão para o curso ou realizar alguma crítica. A solução encontrada para esses casos, de acordo com a metodologia proposta, o novo software de pós-atendimento irá enviar estas avaliações diretamente a equipe de suporte AVASUS. Ao receber a informação, também de forma automatizada, a equipe de suporte AVASUS direcionará a demanda para a equipe responsável pelo assunto referente ao questionamento. Em paralelo a este procedimento, será enviado um e-mail e um mensagem de texto para o celular

do usuário informando-o ao mesmo que a sugestão da avaliação foi entregue à equipe AVASUS, que mesma será analisada e com prazo de 48h o mesmo receberá o feedback. Garantindo a qualidade no atendimento ao nosso Cliente.

Etapa 4: Análise das avaliações com 3 ou menos estrelas

Quando o usuário atribui três ou menos estrelas significa que o curso foi avaliado como "BOM". Um curso avaliado com 3 estrelas, apesar de ser um bom resultado merece também a devida atenção, pelo fato do AVASUS prezar pela busca da Excelência. Quando um curso recebe de duas a uma estrela, isso significa que o curso não está atendendo os padrões de satisfação do usuário.

A proposta para esta etapa é que após o usuário submeter a avaliação padrão do AVASUS, o software identificará quantidade de estrelas, entre 1 e 3 estrelas, e uma segunda opção de avaliação será submetida ao usuário, de forma opcional para a realização. A segunda avaliação conterá itens de caráter objetivos. Baseando-se em estudos de caso (DA SILVA; DA COSTA, 2016; DE MACEDO et al., 2015; DE SOUZA; DOS SANTOS, 2015), esta "caixa" iria conter três perguntas com um *checkbox* onde o usuário iria marcar a opção "sim" ou "não" para cada uma das perguntas. As perguntas apresentadas na Figura 7 são as causas mais comuns de dificuldade dos usuários ao realizar um curso a distância. Finalizada a segunda avaliação, será enviado um e-mail e um mensagem de texto para o celular do usuário informando-o ao mesmo que a sugestão da avaliação foi entregue à equipe AVASUS, que mesma será analisada e com prazo de 48h o mesmo receberá o feedback. Garantindo a qualidade no atendimento ao nosso Cliente.

Sua avaliação possui * estrelas, para melhor entendermos as dificuldades do curso assinale as alternativas a seguir.

Houve dificuldade no manuseio da plataforma?

Sim

Não

O conteúdo do está complexo e não atende o proposto do curso?

Sim

Não

O conteúdo está cansativo, sendo necessário mais uso de materiais interativo?
(Ex.: Vídeos, Animações, ...)

Sim

Não

Figura 1 – Proposta de questionário adicional.

Etapa 5: Análise da equipe de suporte AVASUS

A equipe de suporte vai receber do software as sugestões ou críticas enviadas pelo usuário, algumas vezes estes comentários não possuem uma sugestão propriamente dita, ela traz dificuldades do usuário em saber manejar os recursos da plataforma, etc. E posteriormente entrar em contato com o usuário para a resolução do problema, o contato da-se-á através de email ou telefone, orientando o usuário sobre a sua dúvida. Para as sugestões e críticas enviadas a equipe de suporte iria encaminhar ao setor responsável sobre aquela sugestão ou crítica.

As avaliações com comentário fora do padrão a equipe iria buscar analisar individualmente, visto que estas são subjetivas e posteriormente, encaminhá-las a cada setor responsável por aquelas avaliações.

Logo após o encaminhamento das sugestões ou críticas as equipes responsáveis,

espera-se um retorno destas equipes a equipe de suporte. Ao receber o *feedback* da equipe responsável informando quais medidas serão tomadas de acordo com as avaliações recebidas, a equipe de suporte retornaria ao usuário finalizando o processo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A necessidade de otimização do processo de pós-atendimento do AVASUS ficou evidenciado com o levantamento da revisão bibliográfica e da análise do processo atual.

Todo o procedimento metodológico, explanado na seção 4, devidamente detalhado, encontra-se na forma de fluxograma, Figura 8. O objetivo desta proposta é otimizar o sistema já existente de forma a atender com mais eficiência o usuário AVASUS, tornando mais dinâmico e objetivo também para a Equipe de Suporte. A Figura 2 apresenta o Fluxograma da metodologia proposta.

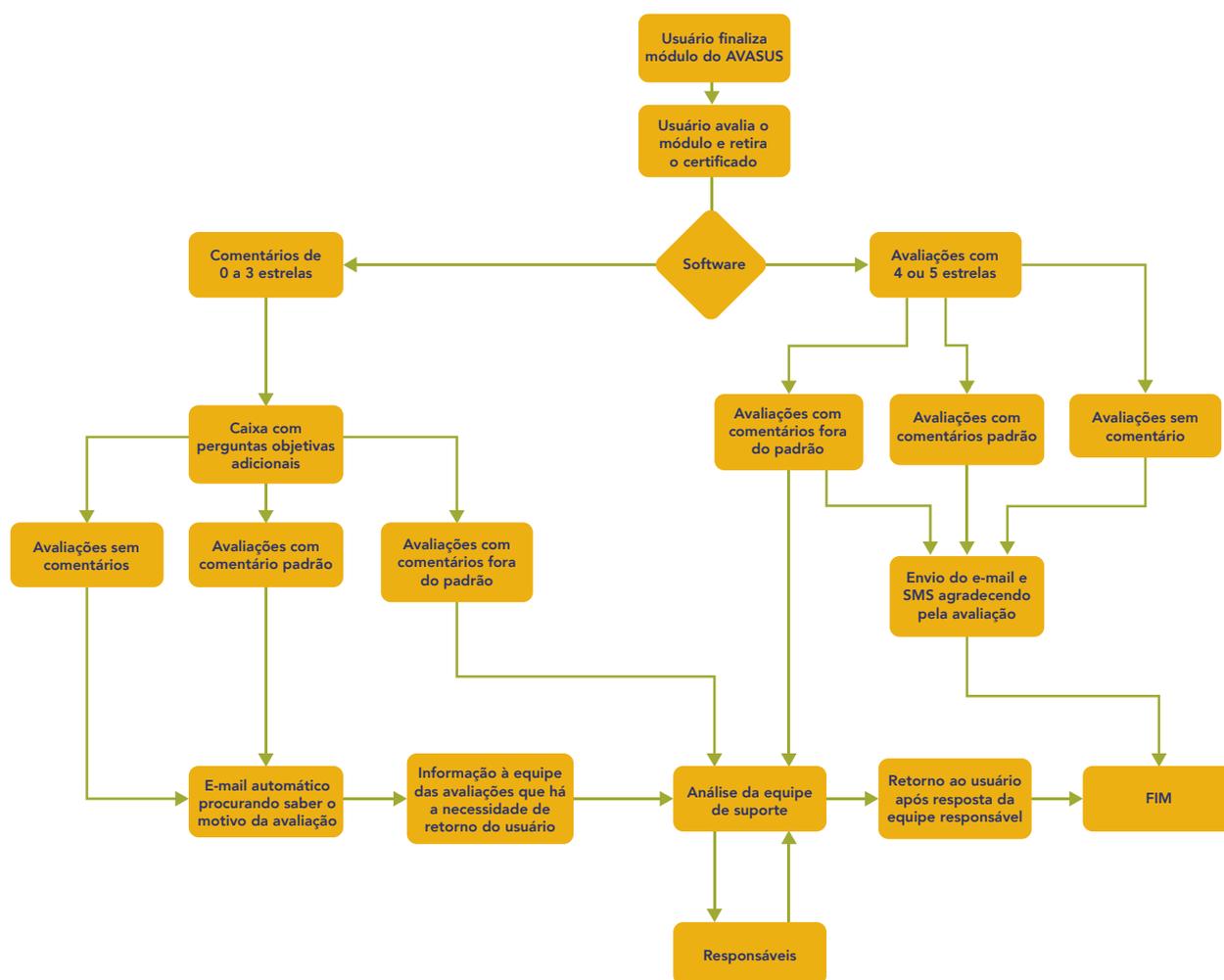


Figura 2 – Fluxograma da arquitetura proposta.

CONCLUSÕES

O Sistema de Pós-atendimento ao usuário é uma ferramenta importantíssima para o sucesso de um projeto. É através dele que pode-se obter diversas sugestões de melhoria, críticas e atender as demandas dos usuários, bem como outros pontos relacionados. Após verificar a atual forma do processo de pós-atendimento aos usuário do AVASUS, ficou evidente a necessidade de otimização do sistema atual.

Com o desenvolvimento do software sugerido a plataforma AVASUS ganhará uma melhoria exponencial no seu sistema de atendimento ao usuário, com o uso do software proposto a equipe de suporte se

tornará mais objetiva e terá um maior controle com relação aos dados das avaliações

Por fim, ficou evidente que com a implementação do software modelado será possível obter uma forma automatizada de retorno ao usuário em situações que o curso foi excelente e não há uma sugestão ou comentário aproveitável. Além disso, temos a parte humanizada do processo que avaliará as sugestões e críticas pertinentes a melhoria da plataforma AVASUS, encaminhando as equipes responsáveis as sugestões e críticas para serem avaliadas e a partir delas melhorar os cursos e a usabilidades da plataforma AVASUS. ©

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Alberto Luiz; BRAUER, Marcus. Resistência à educação a distância na educação corporativa. *Revista de Administração Pública*, v. 46, n. 5, p. 1367-1389, 2012.

BRASIL, MEC. Referenciais de qualidade para Educação superior a distância. Secretaria de Educação a Distância. Ministério da Educação. Disponível em < <http://portal.mec.gov.br/seed/> > Acesso em, v. 15, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Ambiente virtual de aprendizagem do SUS – AVASUS. Disponível em: <<https://avasus.ufrn.br/>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

CASTRO, Pedro Miguel Viçoso. Objectos de aprendizagem Moodle e SCORM, aplicados aos cursos EFA—duas hipóteses diferentes. 2010. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

CAPELETTI, Aldenice Magalhães. ENSINO A DISTÂNCIA. *Revista eletrônica saberes da educação*, v. 5, n. 1, 2014

CLARO, Marcelo. O que é MOODLE? 2008. Disponível em: <<https://www.moodlelivre.com.br/tutoriais-e-dicas/974-o-que-e-moodle>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

DA SILVA, Edimilson Eduardo; DA COSTA, Eduardo Martin Moreira. A EDUCAÇÃO SUPERIOR A DISTÂNCIA NA UFVJM-POLO DE TEÓFILO OTONI-MG: DIFICULDADES PRÁTICAS E POTENCIALIDADES. SIED: EnPED-Simpósio Internacional de Educação a Distância e Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, 2016.

DANTAS, Carlos Alberto Barbosa. Ensino a distância. *Revista USP*, n. 39, p. 44-53, 1998.

DE FARIAS, Mayane Ferreira; DE FREITAS GURGEL, Rita Diana. REALIDADE DO CURSO À DISTÂNCIA DE LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO: UM ESTUDO SOBRE O PERFIL E DIFICULDADES DOS ALUNOS QUE UTILIZAM O MOODLE. SIED: EnPED-Simpósio Internacional de Educação a Distância e Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, 2016.

DE MACEDO, Saulo Souza; ASSUMPÇÃO, Eunice Maia; DE MOURA, Washington Luiz Aquino. USO DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM MOODLE NA FORMAÇÃO DOCENTE: UMA ANÁLISE DOS PROCESSOS AVALIATIVOS. *TROPOS*, v. 1, n. 4, 2015.

DE SOUSA, Kelly Cristina Trajano; DOS SANTOS, Eliete Correia. COMUNICAÇÃO NOS AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM UMA ABORDAGEM CENTRADA NO USUÁRIO. In: International Congress of Critical Applied Linguistics. 2015. p. 21.

DE SOUSA, Mariéllen Ivo. Analisando a interface do Moodle: problemas de usabilidade. Revista Multitexto, v. 4, n. 1, p. 24-33, 2016.

LONGHI, Magalí Teresinha. Mapeamento de aspectos afetivos em um ambiente virtual de aprendizagem. 2011.

MACHADO, Katia. Nova plataforma de aprendizagem para ampliar a formação em saúde. 2015. Disponível em: <<http://www.retsus.fiocruz.br/noticias/nova-plataforma-de-aprendizagem-para-ampliar-formacao-em-saude>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

MILL, Daniel et al. Gestão da Educação a Distância (EaD): noções sobre planejamento, organização, direção e controle da EaD. Vertentes (UFSJ), v. 35, n. 1, p. 9-23, 2010.

OLIVEIRA, Gustavo Henrique Bahia de. Implantação e avaliação do curso "educação em direitos humanos". 2015. Dissertação de Mestrado. UFVJM.

PERRY, Gabriela Trindade et al. Desafios da gestão de EAD: necessidades específicas para o ensino científico e tecnológico. RENOTE, v. 4, n. 1, 2006.

RIBEIRO, Luis Otoni Meireles; TIMM, Maria Isabel; ZARO, Milton Antonio. Gestão de EAD: a importância da visão sistêmica e da estruturação dos CEADs para a escolha de modelos adequados. RENOTE, v. 5, n. 1, 2007.

SABBATINI, Renato ME. Ambiente de Ensino e Aprendizagem via internet: a plataforma moodle. Campinas: Instituto Edumed, 2007.

SANTOS, Joao Francisco Severo. Avaliação no ensino a distância. Revista Iberoamericana de Educación, v. 38, n. 4, p. 6, 2006.

SATHLER, Luciano. Referenciais de qualidade para a Educação superior a distância: Desafios de uma caminhada regulatória. Colabor@-A Revista Digital da CVA-RICESU, v. 5, n. 17, 2009.

SCHLEMMER, Eliane; SACCOL, Amarolinda Zanela; GARRIDO, Susane. Um modelo sistêmico de avaliação de softwares para educação a distância como apoio à gestão de EaD. REGE Revista de Gestão, v. 14, n. 1, p. 77-91, 2007.

SEIXAS, Carlos Alberto et al. Ambiente virtual de aprendizagem: estruturação de roteiro para curso online. Revista Brasileira de Enfermagem, v. 65, n. 4, p. 660-666, 2012.

VALENTIM, Ricardo Alexandro de Medeiros et al. Uma análise estatística do ambiente virtual de aprendizagem do sistema único de saúde, 2016

