



## Sistema interativo em ambiente móvel para o diagnóstico diferencial de cardiopatias congênitas

Interactive system on mobile environment for differential diagnosis of congenital heart disease

Sistema interactivo para el entorno móvil en el diagnóstico diferencial de la enfermedad cardíaca congénita

Felipe Alves Mourato<sup>1</sup>, Lúcia Roberta Didier Nunes Moser<sup>2</sup>, Sandra da Silva Mattos<sup>3</sup>

### RESUMO

#### Descritores:

Cardiopatias Congênitas;  
Software; Diagnóstico

**Objetivo:** Descrever a elaboração de um sistema interativo de apoio ao diagnóstico de cardiopatias congênitas (CCs). **Métodos:** Para a captação da Base de Conhecimento foi usado um fluxograma elaborado por cardiologistas pediátricos sobre sinais e sintomas das CCs. Para a construção do sistema utilizou-se o ambiente de desenvolvimento para Sistema Android “App Inventor”, elaborado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT). **Resultados:** Repostas pré-determinadas levam a grupos de CCs mais prováveis. Os sintomas iniciais foram cianose, insuficiência cardíaca congestiva (ICC), a associação de ambas ou apenas sopro isolado. Nas perguntas sequenciais também foram utilizadas características dos sopros, do raio-x, do ECG, dos pulsos e do precórdio. A resposta sequencial leva a grupos cada vez mais restritos de patologias. **Conclusão:** Um sistema de apoio ao diagnóstico diferencial das cardiopatias congênitas elaborada para não especialistas na área que lidam com neonatos pode ter impacto positivo na morbimortalidade neonatal.

### ABSTRACT

**Keywords:** Congenital  
Heart Defects; Software;  
Diagnosis

**Objective:** To describe the development of an interactive system to support the diagnosis of congenital heart disease (CHDs). **Methods:** To capture the knowledge base we used a flow chart prepared by pediatric cardiologists about signs and symptoms of CHDs. For the construction of the system we used the environment Development System for Android “App Inventor”, prepared by Massachusetts Institute of Technology (MIT). **Results:** Responses lead to predetermined groups of CHDs more likely. Initial symptoms were cyanosis, congestive heart failure (CHF), the combination of both or just blowing isolated. In sequential questions were also used features of blows, x-ray, ECG, pulses and precordium. The response sequential groups leads to increasingly restricted conditions. **Conclusion:** A support system for differential diagnosis of congenital designed for non-specialists in the area dealing with newborns can have positive impact on neonatal morbidity and mortality.

### RESUMEN

**Descriptores:**  
Cardiopatías Congénitas;  
Programas Informáticos;  
Diagnóstico

**Objetivo:** Describir el desarrollo de un sistema interactivo para apoyar el diagnóstico de las cardiopatías congénitas (CCs). **Métodos:** Para capturar la base de conocimientos se utilizó un diagrama de flujo elaborado por cardiólogos pediatras acerca de las señales y síntomas de CCs. Para la construcción del sistema que se utiliza el medio ambiente Sistema de Desarrollo para Android “App Inventor”, preparado por Massachusetts Institute of Technology (MIT). **Resultados:** Las respuestas conducen a grupos predeterminados de CC más probables. Los síntomas iniciales fueron cianosis, insuficiencia cardíaca congestiva (ICC), la combinación de ambos o simplemente soplando aislado. En las preguntas secuenciales eran características también se utilizan de golpes, rayos x, ECG, legumbres y región precordial. Los grupos secuenciales de respuesta da lugar a condiciones cada vez más restringido. **Conclusión:** Un sistema de apoyo para el diagnóstico diferencial de la congénita diseñado para quienes no son especialistas en el área frente a los recién nacidos pueden tener un impacto positivo en la morbilidad y mortalidad neonatal.

<sup>1</sup> Pós Graduada de Mestrado em Biologia Aplicada a Saúde pelo Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami da Universidade Federal de Pernambuco - LIKA/UFPE, Recife (PE), Brasil.

<sup>2</sup> Especialista em Cardiopediatria pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife (PE), Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Biotecnologia em Saúde pela Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami da Universidade Federal de Pernambuco - LIKA/UFPE, Recife (PE), Brasil.

## INTRODUÇÃO

As cardiopatias congênitas (CCs) atingem cerca de oito a cada 1000 nascidos vivos<sup>(1)</sup>, sendo um importante fator de morbimortalidade neonatal, e chega, por vezes, ao primeiro lugar quando causas infecciosas são excluídas<sup>(2)</sup>. Apesar de grave, muitos pacientes não recebem o diagnóstico adequado dessa condição ao nascimento. Isso pode ser determinante, pois algumas CCs, ditas críticas, evoluem de maneira rápida e grave, exigindo um diagnóstico e tratamento precoces<sup>(3)</sup>.

Nesse aspecto, várias soluções têm sido abordadas, como a elaboração da triagem neonatal para cardiopatia congênita pela utilização da oximetria de pulso arterial<sup>(4)</sup>. Porém, o exame físico cardiovascular continua sendo um dos principais pilares no diagnóstico das CCs, sendo alguns pormenores do exame físico cardiovascular de difícil realização por profissionais não especialistas<sup>(5)</sup>. Tais profissionais, por sua vez, são os que mais têm contato com os neonatos e são os principais responsáveis pelo diagnóstico precoce de tais casos.

Dessa maneira, qualquer ferramenta que auxilie no diagnóstico das CCs seria de grande valia. Uma dessas possíveis ferramentas é o sistema especialista, um produto da informática que visa à utilização do conhecimento humano para resolver problemas que necessitem da presença de um especialista<sup>(6)</sup>.

Os sistemas de apoio à decisão – um subtipo de sistema especialista - são comumente utilizados em medicina, já que não procuram substituir o médico, e sim auxiliá-lo na tomada da decisão, diminuindo as chances de erro diagnóstico. Isso é realizado pela resposta - dentro do sistema especialista - a várias alternativas diferentes,

seguindo passos pré-determinados, que culminam no diagnóstico ou conjunto de diagnósticos mais prováveis. A elaboração de tais sistemas exige a presença de especialista na área, pois o mesmo representará o perfil típico dos usuários, além de possuir o conhecimento sobre as necessidades que o programa poderá vir a suprir.

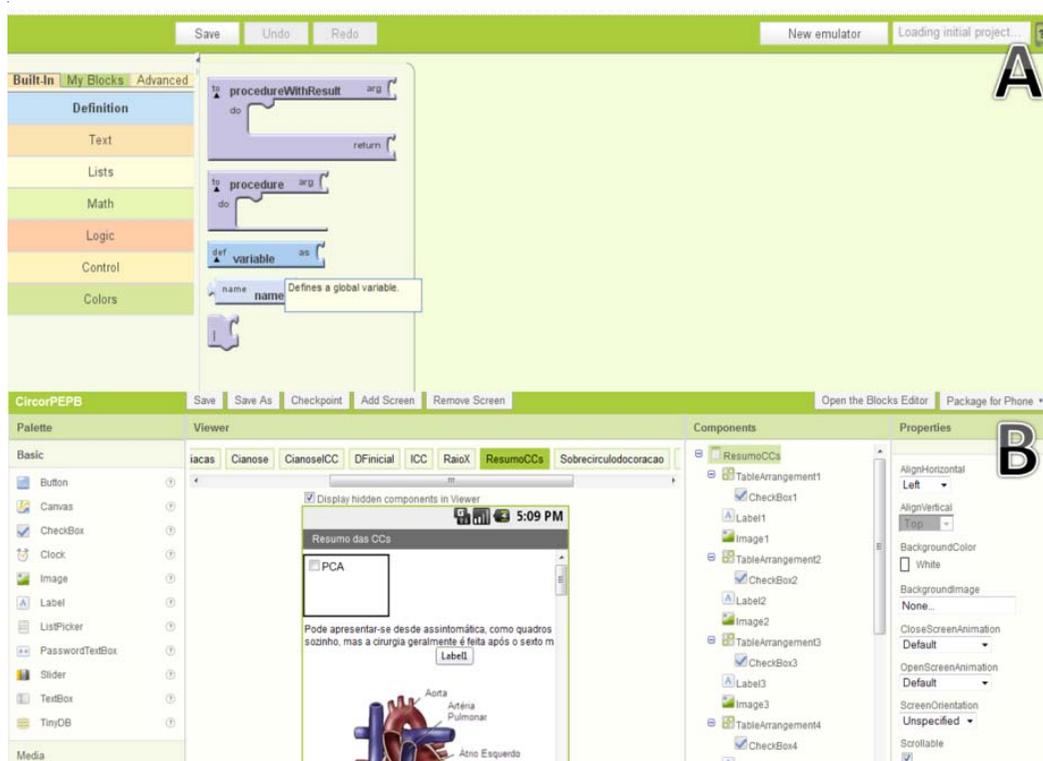
Adicionalmente, um sistema especialista deve ser de fácil acesso. Atualmente, vários dispositivos móveis podem contê-los, facilitando o acesso pelos profissionais utilizadores. Infelizmente, a construção de tais sistemas para esses dispositivos exige um grande conhecimento de programação, qualidade não presente na maioria dos profissionais de saúde. Esse fato pode ser contornado com a utilização de ambientes de desenvolvimento que visam a facilitar a construção de tais aplicativos.

## OBJETIVO

Descrever a elaboração de um sistema especialista interativo para dispositivos móveis objetivando auxiliar no diagnóstico diferencial de cardiopatias congênitas no recém-nascido.

## MÉTODOS

Foi utilizado um fluxograma elaborado por cardiologistas pediátricos com os principais sinais e sintomas das CCs. Esse fluxograma foi adaptado a um sistema especialista por um médico que utilizou um sistema integrado de desenvolvimento de sistemas on-line, chamado “App Inventor”, construído pelo MIT<sup>(7)</sup>, cujo objetivo principal é a construção de aplicativos em dispositivos móveis utilizando uma Plataforma de Código



**Figura 1** - A - Elaboração da linguagem computacional utilizando “blocos” a partir do App Inventor. B - elaboração do design das janelas do programa a partir do App inventor.

Aberto para o Sistema Operacional Android. Imagens ilustrativas desse sistema podem ser vistas na Figura 1.

Posteriormente, foram incluídas imagens de radiografias torácicas na incidência pósterio-anterior das principais cardiopatias congênitas. Adicionalmente, foram incluídas pequenas descrições sobre as principais CCs, além

de ausculta cardíaca com os respectivos fonogramas.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de aplicativos móveis vem revolucionando a medicina<sup>(7)</sup>, sendo esta nova tecnologia bastante aceita

Qual o fator preponderante no quadro clínico?	Cianose	Insuficiência Cardíaca Congestiva	Ambos presentes	Nenhum (apenas sopro)
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cianose</li> <li>•Insuficiência Cardíaca</li> <li>•Ambos</li> <li>•Nenhum com sopro associado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Há sopros associados?</li> <li>•Sim, há sopro sistólico ejetivo, bem audível: Tetralogia de Fallot (T4F) ou Transposição com Comunicação Interventricular (CIV) ou Estenose Pulmonar (EP).</li> <li>•Não, não há sopros associados: Atresia da Valva Pulmonar (AP) ou Transposição das Grandes Artérias (TGA).</li> <li>•Como se comportam o precórdio e os ruídos cardíacos?</li> <li>•O precórdio é calmo as bulhas normais ou a 2ª bulha é única: TGA, T4F e AP.</li> <li>•O precórdio é ativo e a 2ª bulha desdobra e é hiperfonética: Persistência do Padrão Fetal (PPF)</li> <li>•Há Hipo, Normo ou Hiperfluxo pulmonar no Raio-X do tórax?</li> <li>•Há Hipofluxo Pulmonar.</li> <li>•Com sopro Sistólico Ejetivo: T4F.</li> <li>•Sem sopros significantes: AP e PPF.</li> <li>•Há Normo ou Hiperfluxo pulmonar: TGA.</li> <li>•Há Hipertrofia Ventricular no eletrocardiograma?</li> <li>•Há hipertrofia ventricular direita: T4F, TGA e PPF.</li> <li>•Há hipertrofia ventricular esquerda: Atresia Tricúspide (AT) ou AP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Como se comportam os pulsos da criança?</li> <li>•São todos palpáveis, porém diminuídos: Estenose Aórtica Valvar (EAO)</li> <li>•Os femorais têm amplitude reduzida ou estão ausentes, os radiais tem amplitude normais: Coarctação da Aorta (CoAo) ou Interrupção da Aorta</li> <li>•Os femorais têm amplitude normal e os radiais têm amplitude diminuída ou estão ausentes: Atresia Aórtica (AAo) ou Hipoplasia do Coração Esquerdo.</li> <li>•Os pulsos têm amplitude aumentada: Persistência do Canal Arterial (PCA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pulsos amplos. Sopro sistólico importante. Atividade intensa no precórdio. ECG com sobrecarga biventricular. Cardiomegalia ao ECG: Truncus arteriosus.</li> <li>•Dilatação do AD no raio-X e ECG. Sopro de CIV ou estenose pulmonar: Anomalias da valva tricúspide.</li> <li>•Dilatação do átrio esquerdo e HVD. Sopro de CIV ou estenose pulmonar: Atresia Mitral (AM).</li> <li>•Coração pequeno, congestão veno-capilar importante. Imagem de boneco de neve ao raio-X. Sem sopros significantes: Drenagem anômala total das veias pulmonares (DATVP).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sopro sistólico ejetivo em foco pulmonar. Abaulamento do tronco pulmonar ao raio-X. HVD ao ECG: Estenose Pulmonar (EP).</li> <li>•Sopro sistólico ejetivo no foco aórtico que irradia para pescoço. Dilatação da aorta ascendente ao raio-X. HVD ao ECG: EAO.</li> <li>•Sopro contínuo (maquinaria). Pulsos amplos: PCA.</li> <li>•Sopro pouco significativo. Desdobramento fixo da segunda bulha: Comunicação Interatrial (CIA).</li> <li>•Sopro importante após queda da resistência pulmonar ou sopro ausente? Sopro ausente: Comunicação interventricular (CIV) grande ou Defeito do septo atrioventricular (DSAV). Apenas sopro após queda da resistência pulmonar (CIV pequena).</li> </ul>

Figura 2 - Estruturação do aplicativo. Notar as perguntas feitas ao usuário que culminam com o grupo de diagnósticos mais prováveis.

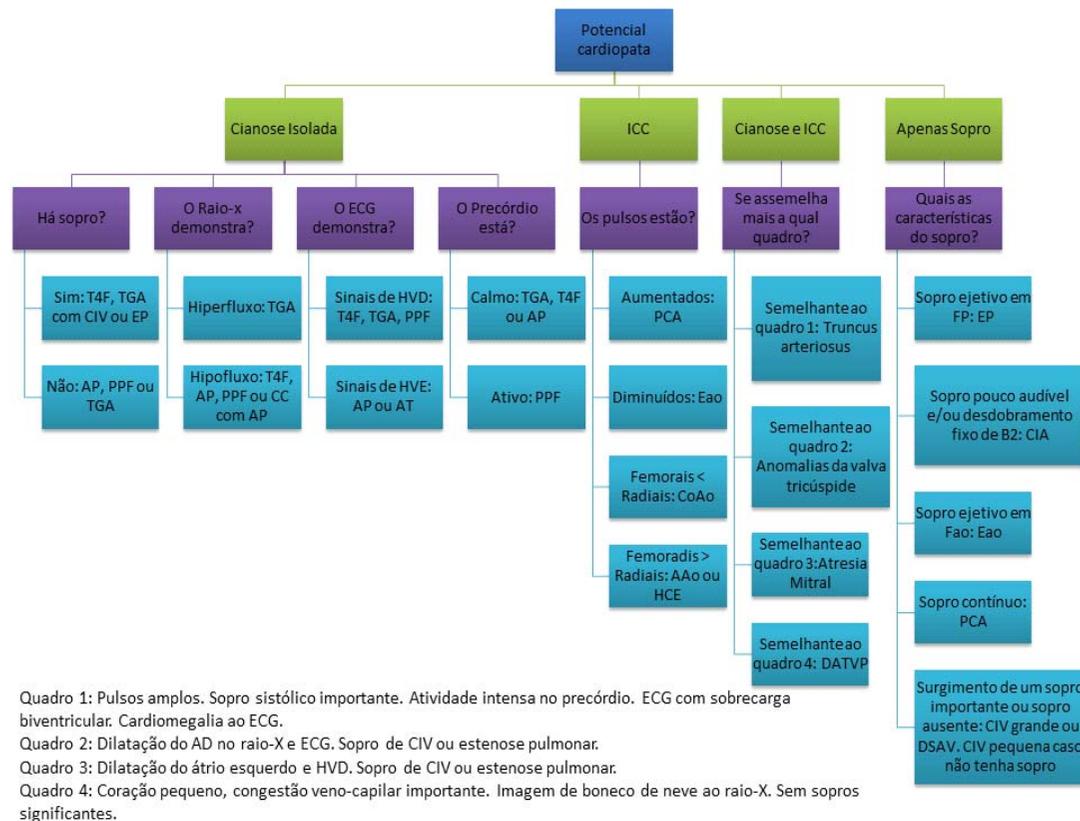


Figura 3 - Fluxograma simplificado do diagnóstico diferencial das CCs.

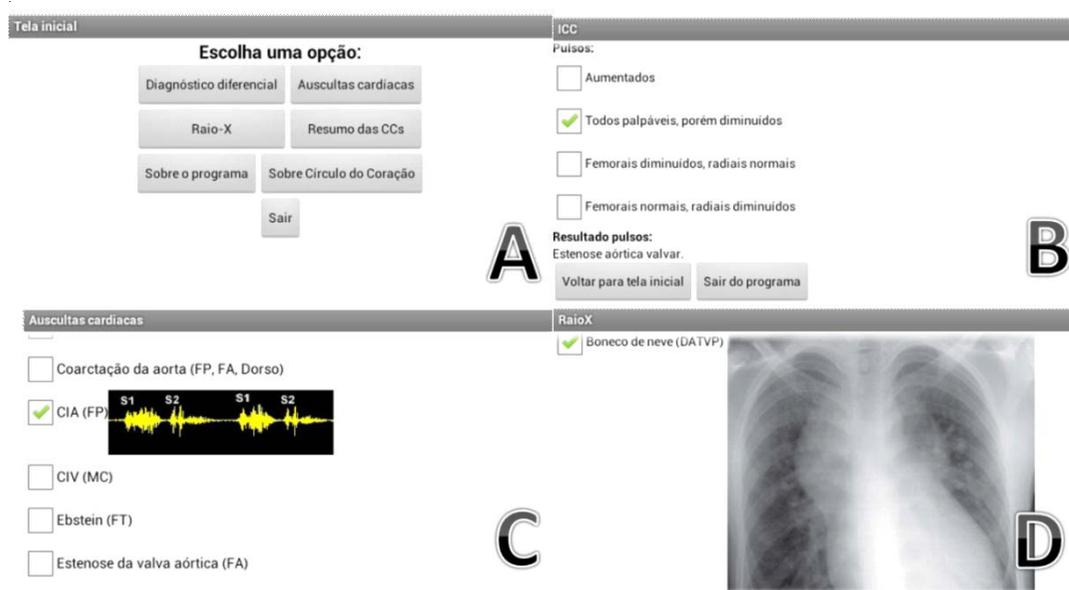
entre profissionais da área de saúde<sup>(8)</sup>. Na pediatria não é diferente, sendo a utilização de tais aplicativos bastante estimulada<sup>(9)</sup>, porém são raros os destinados à cardiologia pediátrica.

O aplicativo descrito no presente artigo é constituído por um sistema especialista para diagnóstico das CCs e de três ferramentas auxiliares. O sistema utilizou uma hierarquização das CCs, classificadas de acordo com os sinais e sintomas, elaborada por cardiologistas pediátricos<sup>(10)</sup>. A partir da escolha de um sintoma dentre um conjunto de sintomas principais – cianose, insuficiência cardíaca congestiva (ICC), cianose com ICC e sopro isolado – o utilizador do sistema é levado para um conjunto de outras perguntas que versam sobre outros sinais e sintomas que dependem exclusivamente da escolha do sintoma principal. Dessa forma, o sistema visa à restrição sequencial do universo das CCs possíveis, chegando a um grupo de cardiopatias potenciais. Na Figura 2 há a descrição da estruturação do sistema de apoio a decisão. Já na Figura 3 há um fluxograma simplificado para facilitar a visualização do funcionamento do mesmo.

Entretanto, há a necessidade de um conhecimento sobre características do sopro, das radiografias torácicas e de eletrocardiograma por parte do usuário para responder adequadamente ao sistema especialista. Dessa forma, foram

incluídas, radiografias e ausculta cardíacas das principais CCs, visando a facilitar a resposta para as perguntas necessárias do sistema. As imagens radiográficas escolhidas foram: hiperfluxo pulmonar, hipofluxo pulmonar, imagem de “boneco de neve” (DATVP), “tamanco holandês” (Tetralogia de Fallot) e “Ovo deitado” (TGA). Já as ausculta selecionadas foram: ausculta normal e sopros de PCA, CoA, CIA, CIV, Ebstein, EAO, EP e estenose mitral. O usuário tem acesso tanto ao sistema de apoio a decisão como as imagens radiográficas e sons das ausculta desde a tela inicial. Imagens mostrando os diversos aspectos do aplicativo podem ser vistas na Figura 4.

Dessa forma, houve a criação de um aplicativo que contém os dados para o auxílio diagnóstico nas cardiopatias congênitas até ferramentas de apoio ao processo de resposta ao sistema especialista. O fato de ter sido elaborado num programa de código aberto permite sua utilização em vários equipamentos de diversas empresas, além de reduzir os custos de produção. Além disso, a utilização de um sistema integrado de fácil utilização permitiu que o mesmo fosse desenvolvido por um profissional da área de saúde com conhecimentos básicos de programação, abrindo as possibilidades para elaboração de outros aplicativos de forma rápida e direcionada por profissionais com perfil semelhante.



**Figura 4** - A- Tela inicial do aplicativo. B- Exemplo de diagnóstico mais provável obtido. C- Visualização de fonograma de ausculta de CIA. D- Visualização de radiografia torácica típica de DATVP.

## CONCLUSÃO

A elaboração de um sistema especialista de apoio à decisão terapêutica das cardiopatias congênitas é possível, desde que embasado no conhecimento médico de cardiologistas pediátricos experientes. Sua utilização pode

ser simplificada com a utilização de outras ferramentas que auxiliem nas respostas ao sistema especialista, como imagens radiográficas e sons de ausculta cardíacas. Sua construção pode ter um melhor custo/benefício com a utilização de sistemas de desenvolvimento em ambientes móveis de código aberto e sua utilização por usuários não profissionais.

## REFERÊNCIAS

1. Tandon A, Sengupta S, Shukla V, Danda S. Risk factors for congenital heart disease CHD in Vellore, India. *Curr. Res. J. Biol. Sci.* [Internet]. 2010 [cited 2012 Sep 17];2(4):253-8. Available from: <http://www.airitilibrary.com/>
2. Benavides-lara A, Enrique J, Ángel F, Umaña L, José J, Zúñiga R. Epidemiología y registro de las cardiopatías congénitas [searchdetail.aspx?DocIDs=20410778-201007-201009060068-201009060068-253-258](http://searchdetail.aspx?DocIDs=20410778-201007-201009060068-201009060068-253-258)

- en Costa Rica. *Rev Panam Salud Publica*. 2011;30(1):31-8.
3. Diagnóstico precoce de cardiopatia congênita crítica: oximetria de pulso como ferramenta de triagem neonatal [Internet]. Disponível em: <http://www.sbp.com.br/pdfs/diagnostico-precoce-oxi>
  4. Hoffman JIE. It is time for routine neonatal screening by pulse oximetry. *Neonatology* [Internet]. 2011 [cited 2012 Sep 17];99(1):1-9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20523077>
  5. Naumov L. Heart murmurs auscultation as professional learning problems. *Anadolu Kardiyol Derg* [Internet]. 2009 [cited 2013 May 28];167-75. Available from: <http://www.anakarder.com/sayilar/53/167-175.pdf>
  6. Cuer AO, Hirabara LY. Sistemas especialistas aplicados à Medicina [Internet]. [cited 2013 May 28]. Available from: <http://www.din.uem.br/~ia/medicina/>
  7. Boulos MNK, Wheeler S, Tavares C, Jones R. How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX. *Biomedical engineering online* [Internet]. BioMed Central Ltd; 2011 [cited 2013 Aug 6];10(1):24. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3080339&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
  8. Payne KFB, Wharrad H, Watts K. Smartphone and medical related App use among medical students and junior doctors in the United Kingdom (UK): a regional survey. *BMC Medical Informatics and Decision Making*[Internet]; 2012 [cited 2013 Aug 11];12(1):121. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3504572&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
  9. Blackmon LB. 10 Useful apps for everyday pediatric use. *Pediatric annals* [Internet]. 2012 [cited 2013 Aug 17];41(5):209 -11. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22587505>
  10. Mattos S. *Cardiologia para o pediatra*. Recife: Caduceus; 2004.