Sistema de Apoio à Tomada de Decisão na Gestão de Atendimento a Pacientes com Câncer Infanto-Juvenil

Renato Oliveira, Lindemberg Nascimento Filho, Werlesson Oliveira,
Thiago Bandeira, Mauro Oliveira, Reinaldo Braga, Carina Oliveira
Laboratório de Redes de Computadores e Sistemas (LAR)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

ABSTRACT

In Brazil, cancer is the first cause of death due to illness among children and adolescents from 1 to 19 years. The Brazilian National Cancer Institute (INCA) estimates about 12,600 new cases of childhood and juvenile cancer in 2017. Although childhood and juvenile cancer is potentially curable, it is necessary an early diagnosis and urgent treatment. In this context, this article presents a Web system that assists health professionals and managers in the decision making process in order to optimize the treatment of children and adolescents with cancer. Since 2016, the system has been used at the Peter Pan Association (APP), an association for the Fight Against Child and Adolescent Cancer, located in Fortaleza-CE. The large volume of data collected by the system is organized, analyzed and monitored to feed reports, dashboards with flags and alerts, as well as spatiotemporal maps. We show how the proposed solution can contribute to increase the cure rate and improve the quality of life of children and adolescents with cancer and their families.

KEYWORDS

Cancer, Early Diagnosis, Treatment, Decision Making, Web System.

1 INTRODUÇÃO

O câncer é uma das principais causas de morte no mundo. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) apontam que em 2015 a doença foi responsável pela morte de 8.8 milhões de pessoas, representando uma em cada seis mortes em todo o mundo [8]. Ainda segundo a OMS, mais de 14 milhões de pessoas são diagnosticadas com câncer a cada ano, a maioria em países de baixa e média renda.

Apesar de a doença ser mais comum na idade adulta, o câncer também ocorre em crianças e adolescentes. Assim como em países desenvolvidos, no Brasil, o câncer já representa a primeira causa de morte por doença entre crianças e adolescentes de 1 a 19 anos [5].

Ocorreram 2.724 mortes no Brasil em 2014 (ano mais recente com informações compiladas). Estima-se que em 2017 ocorrerão cerca de 12.600 novos casos de câncer infanto-juvenil no país, com maiores incidências nas regiões Nordeste e Sudeste, seguidas pelas regiões Sul, Centro-Oeste e Norte, respectivamente [5].

O câncer infanto-juvenil é uma doença potencialmente curável. No entanto, é necessário que o diagnóstico e o início do tratamento sejam rápidos. Segundo a SOciedade Brasileira de Oncologia PEdiátrica (SOBOPE), o diagnóstico precoce aliado ao tratamento especializado aumenta em 70% as chances de cura dos pacientes. A rapidez no diagnóstico é resultado dos treinamentos que os profissionais de saúde (isto é, não especialistas em oncologia) recebem para que desde cedo fiquem atentos aos principais sinais e sintomas relacionados [4], quanto das tecnologias para apoio à tomada de decisão empregadas em centros especializados. Por exemplo, um sistema computacional apoiado por algoritmos de mineração de dados e aprendizagem de máquina pode apontar para um médico o melhor tratamento para um determinado perfil de paciente usando informações de históricos do hospital.

Hoje, nos Estado Unidos, 80% das crianças e adolescentes que recebem tratamento são curadas; na Europa, em 1990, esse número já era de 74% [3]. Por outro lado, segundo dados de novembro de 2016 do Instituto Nacional de Câncer (INCA), a sobrevida por câncer na faixa etária de zero a 19 anos é de apenas 64% [5] no Brasil. Os baixos índices de cura no país são reflexo de falhas tanto no processo de diagnóstico precoce, quanto no tratamento especializado.

Os centros especializados que oferecem tratamento para o câncer infanto-juvenil no Brasil, em sua maioria, não possuem uma solução computacional que colete, extraia e transforme dados em informação. Ainda há diversos centros que utilizam papel para registro dos dados coletados (ex: prontuários de pacientes). Com a ajuda da informática o processo de diagnóstico pode ser bem mais ágil, no sentido de que ela permite um armazenamento eficaz de enormes quantidades de dados e pode oferecer informações precisas para a tomada de decisão de profissionais e gestores de saúde [6].

Então, percebendo a importância do diagnóstico precoce na cura do câncer infanto-juvenil, como também a carência de sistemas computacionais especializados nesta área, o presente artigo tem o objetivo de apresentar um sistema Web desenvolvido para apoiar profissionais de saúde e gestores no processo de tomada de decisão, visando, principalmente, elevar o índice de cura e melhorar a qualidade de vida de crianças e adolescentes com câncer e suas famílias.

Desde 2016, o sistema está implantado na Associação de Combate ao Câncer Infanto-Juvenil, conhecida como Associação Peter Pan (APP) [1], que está localizada em Fortaleza-CE. A APP é um centro de excelência no combate à doença no Ceará, em parte do Nordeste e em todo o Norte do país, tendo como missão elevar os índices de cura e a qualidade de vida das crianças e adolescentes portadores de câncer. Atualmente, atende cerca de 2.300 crianças e adolescentes. Os gestores e profissionais de saúde da APP enfrentavam inúmeros desafios no processo de tomada de decisão do hospital. Destaca-se que eles necessitavam de diversos tipos de informação sobre a APP para que pudessem visualizar de maneira rápida, otimizada e precisa as vantagens, os riscos e as prioridades em suas ações. Atualmente, através do sistema, denominado Sistema APP (SISAPP),

In: XVI Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA 2017), Gramado, Brasil. Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web: Workshops e Pôsteres. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2017.
© 2017 SBC – Sociedade Brasileira de Computação.
ISBN 978-85-7669-380-2.

os profissionais de saúde e os gestores da APP podem realizar o acompanhamento de múltiplos indicadores importantes para a tomada de decisão.

O sistema tem como foco principal os processos de acompanhamento do paciente desde os primeiros sinais e sintomas notificados pelo paciente e/ou pessoas próximas (ex: *quem percebeu o sintoma, quando, onde?*); passando por suas primeiras consultas médicas (ex: *quando, onde, qual especialidade?*); acompanhando as diversas etapas do tratamento da doença (ex: *qual diagnóstico, adesão e cumprimento do protocolo de tratamento quimioterápico?*); até o término do tratamento (ex: *houve cura ou o paciente foi a óbito?*). Dentre outras funcionalidades, destaca-se também que o sistema permite o acompanhamento de campanhas publicitárias e treinamentos realizados para combate ao câncer (ex: *quando, onde, para qual público?*).

O grande volume de dados coletado pelo sistema é organizado, analisado e monitorado para alimentar relatórios, *dashboards* com indicativos e alertas, além de mapas espaço-temporais. Esse cenário cria um ambiente caracterizado como uma *sala de situação* do universo em questão. Assim, além de indicadores mais simples como o perfil dos pacientes (ex: faixa etária, sexo, renda familiar, procedência etc) que estão em tratamento em determinado período de tempo, o sistema oferece um conjunto de indicadores mais complexos. Por exemplo, o gestor de saúde pode quantificar se houve redução do número de pacientes de determinada localidade que chegam na APP com a doença em estágio avançado em função das campanhas publicitárias e dos treinamentos realizados para equipes de saúde daquela localidade. Em resumo, o sistema apresentado neste artigo contribui para a excelência de programa de diagnóstico precoce de centros especializados em câncer infanto-juvenil.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do sistema; a Seção 3 apresenta as principais funcionalidades do sistema proposto; e, por fim, a Seção 4 conclui o artigo e aponta direcionamentos para trabalhos futuros.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, são especificados os materiais utilizados para a construção do sistema e o conjunto de normas básicas utilizadas para que a solução computacional fosse desenvolvida de maneira eficiente.

O sistema foi desenvolvido com base na metodologia Scrum, um framework usado para organizar e gerenciar trabalhos complexos, tais como o desenvolvimento de um software.

2.1 Levantamento de Requisitos

Após reuniões realizadas com os profissionais da Associação Peter Pan, foram definidos os seguintes requisitos para o sistema Web:

(1) Seção **Paciente** com as seguintes subseções: **1. Informações gerais**; **2. Responsáveis** pelo paciente; **3. Endereço** (usado principalmente para apresentação de indicadores em mapas espaço-temporais); **4. História Natural da Doença** (contendo todos os dados do histórico clínico, desde o primeiro sintoma até a situação atual do paciente); **5. Percurso** (registro de todas as unidades de saúde e centros hospitalares pelos quais o paciente passou); **6. Diagnóstico** (histórico temporal das situações diagnosticadas no paciente).

(2) Seção **Busca de Paciente** contendo: **1. Tabela** com a lista de todos os pacientes e o resumo de seus principais dados; **2. Campo de Pesquisa** com filtros para facilitar a busca e cruzamento de dados.

(3) Seção **Dashboard** com gráficos e alertas, mostrando os diferentes perfis dos pacientes cadastrados, bem como o histórico anual geral da situação dos internos (ex: quantidade de pacientes que: receberam alta, estão recebendo tratamento, tiveram diagnóstico negativo etc).

(4) Seção **Campanhas Publicitárias** objetivando a conscientização da população sobre os principais sintomas da doença.

(5) Seção **Treinamentos** para acompanhar os resultados dos treinamentos dados pela APP aos profissionais da saúde com o objetivo de melhorar o diagnóstico precoce (ex: será que em regiões com profissionais treinados pela APP houve uma melhoria no diagnóstico precoce? O número de diagnósticos em fase tardia ou o número de óbitos nas regiões treinadas foi reduzido?).

(6) Seção **Mapeamento espaço-temporal** para permitir que os gestores da área de saúde tenham múltiplas visões (em nível macro ou micro) das localidades com maiores fluxos de pacientes, diagnóstico precoce, óbitos etc.

2.2 Arquitetura

Após definidos os requisitos, passou-se à etapa de escolha das tecnologias mais adequadas para atender às demandas da aplicação. Foram selecionadas as seguintes: **1**. Java Server Faces (JSF), **2**. Primefaces, **3**. MySQL, **4**. Hibernate, **5**. Java Persistence API (JPA), **6**. Apache Tomcat, **7**. Apache Maven.

A Figura 1 apresenta a arquitetura do sistema.

(1) No primeiro bloco está implementado o Java Server Faces (JSF), um framework para Java que utiliza o padrão *Model View Controller* (MVC), o qual permite a divisão das funcionalidades de um software em camadas. Nesse primeiro bloco estão presentes, essencialmente, as camadas *View* e *Controller*.

(1.1) A ***View*** trata basicamente da camada de interação com o usuário. Em outras palavras, ela faz a exibição dos dados de maneira simples e organizada.

(1.2) Já o ***Controller*** é responsável por receber todas as requisições feitas pelo usuário (o clique em um botão, por exemplo), enviá-las ao *Model* e retornar a resposta para a *View*. Um detalhe importante sobre o *Controller* é que ele possui métodos chamados de *actions*, onde cada um deles é responsável por controlar uma 'página' da aplicação.

(2) No segundo bloco está implementada a camada ***Model***. Ela é responsável por prover meios de acesso aos dados. Tudo aquilo que diz respeito à leitura, escrita ou validação de dados do usuário está implementado nesta camada. Nesse bloco está presente o Java

Persistence API (JPA) (uma API do Java que descreve a interface padrão para frameworks de persistência de dados); o Spring Security (responsável pela parte de segurança, como a autenticação, autorização etc); o Jasper Reports (responsável pera geração de relatórios em PDF); o CDI, dentre outros.

(3) No último bloco temos o MySQL, um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), que utiliza a Linguagem de Consulta Estruturada (SQL) como interface. O MySQL é responsável por gerenciar o Banco de Dados, que por sua vez armazena todos os dados relacionados ao sistema.

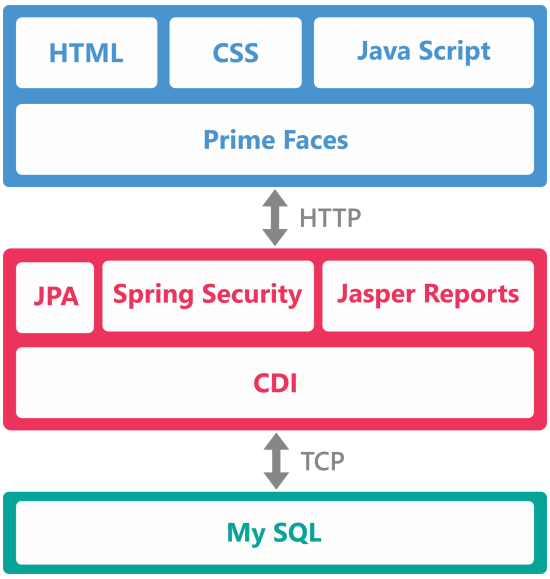

Figure 1: Arquitetura do Sistema.

2.3 Desenvolvimento

Após o levantamento dos requisitos e a definição da arquitetura a ser utilizada, iniciou-se a etapa de desenvolvimento. Nesta fase, as tarefas foram divididas em três grupos, a saber: modelagem do banco de dados, desenvolvimento das interfaces de usuário e estruturação do código fonte em Java.

A primeira tarefa realizada no desenvolvimento do sistema foi a modelagem do banco de dados, o qual foi projetado de maneira a oferecer um grande potencial de escalabilidade, visto que o sistema ganhará novas funcionalidades futuramente. Após a estrutura base do banco estar pronta, ela continuou em desenvolvimento paralelamente às interfaces e ao código fonte.

O projeto foi construído com foco na segurança e usabilidade do usuário, com interface fluida e intuitiva. Foram utilizadas regras da segurança da informação e certificados digitais para garantir a privacidade, integridade e confiabilidade dos dados.

No que diz respeito à interface gráfica do sistema, a Figura 2 mostra a atual aparência da tela de *Cadastro de Paciente*. A subseção *Paciente* foi a primeira a ser desenvolvida, visto que todas as demais informações a serem cadastradas no sistema têm como base as informações básicas dos pacientes atendidos.

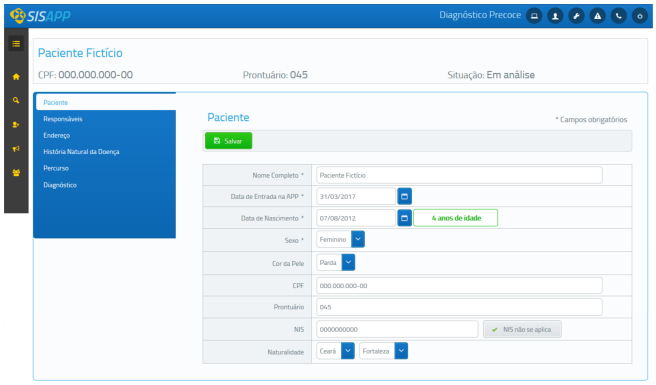

Figure 2: Tela de Cadastro de Paciente.

2.4 Verificação, Validação e Testes

Nesta etapa, as funcionalidades desenvolvidas passaram por uma verificação para que fosse avaliado se o que foi planejado foi realmente realizado. O sistema também passou por uma validação para que fosse assegurada a consistência, completitude e corretitude das funcionalidades desenvolvidas. Por fim, nesta etapa, também foram realizados testes de software exaustivos com dados de teste (no IFCE) e dados reais (na APP) para que fosse avaliado o comportamento das funcionalidades por meio de sua execução.

2.5 Implantação do Sistema

Após o sistema alcançar uma versão estável, ele foi implantado na Associação Peter Pan. Depois de implantado, foi realizado o treinamento dos profissionais da APP, que iniciaram a transição dos formulários de papel para o sistema digital.

2.6 Tipo de Licença

O software é gratuito (freeware) para toda Organização não Governamental (ONG) sem fins lucrativos. Nessa modalidade, as ONGs interessadas em utilizar a aplicação para apoio à tomada de decisão devem assinar um contrato de uso com o IFCE. É disponibilizado um arquivo executável com código fonte criptografado, não sendo possível realizar quaisquer modificações em seu núcleo. O software é pago para as demais instituições e empresas interessadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do que foi exposto, tem-se um sistema capaz de receber dados de pacientes, treinamentos e campanhas publicitárias e, a partir disso, gerar alertas, informações gráficas e textuais suficientes para o apoio à tomada de decisão na gestão de atendimento a portadores de câncer infanto-juvenil.

Por questão de espaço, apresentamos aqui as funcionalidades do sistema mais relevantes no contexto da tomada de decisão no diagnóstico precoce. Para preservar a confidencialidade dos dados da APP, foram utilizados dados fictícios para os gráficos e indicadores das telas apresentadas a seguir.

3.1 História Natural da Doença

A Figura 3 ilustra parte da tela da *História Natural da Doença*, que faz parte do *Cadastro de Paciente* (apresentado na Figura 2). Aqui são concentrados os dados relevantes para o processo de diagnóstico do câncer, tais como: os primeiros sintomas com datas e descrições relatadas pelo paciente e/ou familiar; os exames já realizados pelo paciente, bem como seus pareceres e resultados; os exames a serem realizados para complementar o diagnóstico; o histórico familiar de câncer; além de outros dados que contribuem para o diagnóstico da doença.

Com base nessas informações, um médico especialista pode diagnosticar a doença o mais breve possível, caso o paciente realmente esteja com câncer. Também é possível informar se o paciente já foi diagnósticado anteriormente em outra unidade de saúde e se já está apto a receber o tratamento.

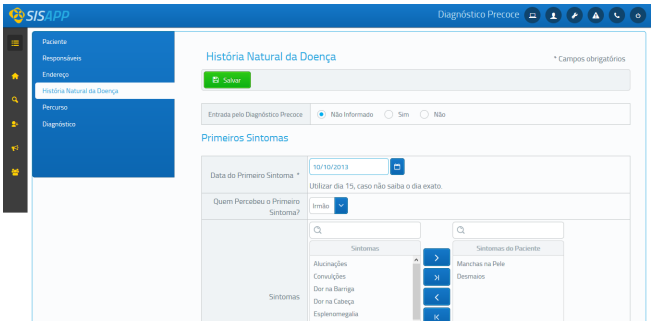

Figure 3: Tela da História Natural da Doença.

3.2 Situação dos Pacientes

No primeiro gráfico do *Dashboard* (página inicial/principal), como mostra a Figura 4, é possível ver a quantidade de pacientes que não obtiveram sucesso no tratamento, isto é, aqueles que vieram a óbito. O médico encarregado pode analisar seus perfis e avaliar quais métodos foram utilizados para tratá-los. Isso possibilita identificar os procedimentos falhos e saná-los. O inverso também é verdadeiro, no sentido de que se pode verificar os meios de tratamento mais exitosos para que sejam replicados.

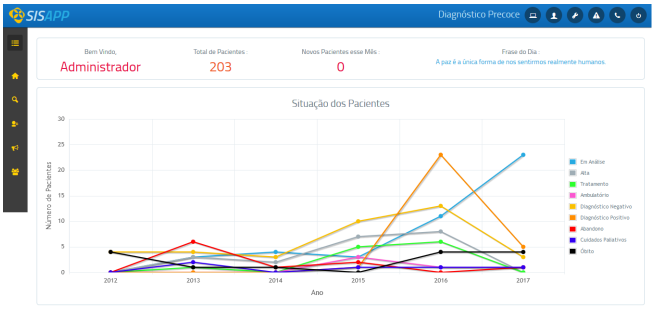

Figure 4: Dashboard da Situação dos Pacientes do Hospital.

3.3 Perfil das crianças e adolecentes com câncer.

O sistema recebe diversos tipos de dados, um deles é a Classificação Internacional de Doenças (CID) que contém todas as doenças conhecidas até o momento, cadastradas e enumeradas. A partir disso, o médico pode cruzar os dados dos pacientes com CID, e assim traçar um perfil padrão, para cada neoplasia, contendo variáveis como idade, sexo, principais sintomas, a existência ou não de antecedentes da doença na família etc.

Os gráficos do *dashboard* da Figura 5 agem como facilitadores desse processo, no sentido que, além de mostrar os dados gerais do CID, oferecem informações sobre os principais sexos por faixa etária, as cidades de onde mais saem crianças e adolescentes com câncer (procedência), a quantidade de indivíduos que se encontram em determinada fase da doença (inicial, intermediário, tardio), dentre outros.

Figure 5: Exemplo de tela com perfil das crianças e adolecentes com câncer.

3.4 Impacto das campanhas publicitárias e treinamentos

O agendamento de campanhas serve para conscientizar a população sobre os principais sintomas do câncer, já que muitos desconhecem os primeiros efeitos colaterais que a doença pode causar; bem como profissionais da área da saúde sobre sintomas mais raros. Isso tudo é feito visando agilizar o processo de diagnóstico já nas unidades básicas de saúde. Na seção *Campanhas*, é possível cadastrar dados como o *tipo de campanha* (educativa ou social), a *abrangência* (local, regional, nacional ou internacional), o *público-alvo*, o *quantitativo* de profissionais envolvidos, o *período inicial* e *período final*, dentre outros. Já na parte do agendamento de *Treinamentos* o objetivo é fornecer cursos presenciais de capacitação aos profissionais da saúde para agilizar a detecção precoce da doença em crianças e adolescentes, ainda nos postos básicos de saúde. Isso tudo foi feito com o objetivo de elevar as chances de cura dos doentes.

3.5 Mapeamento espaço-temporal

Por fim, o sistema também possibilita a visualização de mapas espaço-temporais para auxiliar a tomada de decisão através de mecanismos de geovisualização [2]. Neste caso, os dados disponíveis

para o sistema requerem métodos escaláveis de análise, pois precisam considerar as características particulares do espaço geográfico, tais como heterogeneidade, diversidade de características e relacionamentos, além de similaridades espaço-temporais. Atualmente, há três tipos de mapas, nos quais é possível adicionar diferentes filtros (ex.: naturalidade ou procedência dos Pacientes, treinamentos realizados e óbito). Os tipos de mapas são apresentados na sequência.

3.5.1 ***Mapa de Marcadores.*** A Figura 6 apresenta um exemplo de Mapa de Marcadores (i.e., logomarca da APP). Este mapa apresenta os municípios com pelo menos um paciente atendido pela APP de acordo com os filtros aplicados.

3.5.2 ***Mapa de Calor.*** Quando o Mapa de Marcadores contém um grande número de pontos, não é eficaz mostrar cada um deles individualmente no mapa. Os marcadores costumam se sobrepor, tornando difícil a distinção entre eles. Mesmo quando os marcadores não se sobrepõem, é difícil extrair informações significativas quando centenas de marcadores são exibidos de uma só vez.

Conforme ilustrado na Figura 7, uma abordagem para solucionar este problema consiste em gerar um mapa de calor (*heat map*). A visualização em um mapa de calor consiste em um cálculo de densidade de pontos de dados por região e, em sequência, uma aplicação de cor a partir de uma gama de cores predefinida para esta região [7]. Tal visualização permite um entendimento rápido do estado e o impacto de um grande número de elementos de uma só vez. O mapa de calor utilizado faz parte de um *plug-in* da *API Leaflet* e funciona como uma camada sobreposta ao mapa padrão.

3.5.3 ***Mapa de Densidade.*** Utilizando a mesma base de dados dos mapas anteriores, o serviço de mapa de densidade disponibiliza uma visualização mais refinada de cada município do estado. Neste caso, usa-se a demarcação estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A Figura 8 apresenta um exemplo de mapa de densidade.

O sistema também possibilita a análise de outros dados que resultam em valiosas informações para a tomada de decisão. Por exemplo, no *Cadastro de Paciente* (Figura 2) podem ser inseridos dados sobre as condições de saneamento da residência do paciente (ex.: abastecimento de água, coleta de lixo, fossa séptica etc). Com base nisso, é interessante inferir a relação entre um determinado tipo de câncer ou seu agravamento dadas as condições sanitárias da residência do paciente.

Figure 6: Exemplo de Mapa de Marcadores.

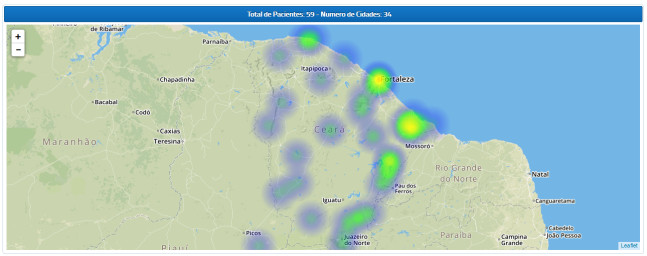

Figure 7: Exemplo de Mapa de Calor.

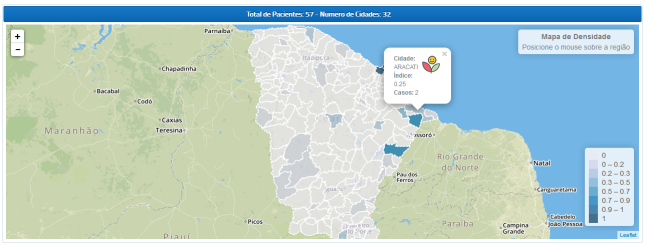

Figure 8: Exemplo de Mapa de Densidade.

4 CONCLUSÕES

O sistema apresentado neste artigo tem como objetivo apoiar a tomada de decisão de profissionais de saúde e gestores de centros especializados no tratamento de câncer infanto-juvenil. As funcionalidades do sistema foram desenvolvidas visando obter os melhores resultados nos processos de diagnóstico precoce e de tratamento, resultando no aumento dos índices de cura e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes tratados e de suas famílias.

Em relação às perspectivas de trabalhos futuros, destaca-se a inclusão de novas funcionalidades capazes de otimizar o acompanhamento dos pacientes (i.e., aspectos nutricionais), o diagnóstico precoce e o tratamento. Mais detalhadamente, serão utilizados algoritmos de mineração de dados e aprendizagem de máquina buscando deixar o sistema mais inteligente e, portanto, reduzir a dependência da intervenção humana para obtenção de indicadores e alertas.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFCE e ao CNPq pelo financiamento do trabalho.

REFERENCES

[1] APP. 2017. Associação Peter Pan. http://www.app.org.br. (2017). [Acesso em: 11 agosto 2017].
[2] L. B. Nascimento Filho. 2017. Mapeamento de indicadores espaço-temporais para apoio à decisão em sistemas para gestão de atendimento a pacientes com câncer infanto-juvenil. *Trabalho de Conclusão de Curso, IFCE Aracati* (2017).
[3] INCA. 2015. *Estimativa 2016: Incidência de Câncer no Brasil.* Rio de Janeiro.
[4] INCA. 2016. *Detecção Precoce: Monitoramento das ações de controle do câncer em crianças e adolescentes.* Rio de Janeiro.
[5] INCA. 2017. Instituto Nacional de Câncer . http://www.inca.gov.br. (2017). [Acesso em: 11 agosto 2017].
[6] J. Kim and P.W. Groeneveld. 2017. Big Data, Health Informatics, and the Future of Cardiovascular Medicine. *American College of Cardiology Foundation* (2017).
[7] S. Meier and F. Heidmann. 2014. Too Many Markers, Revisited: An Empirical Analysis of Web-Based Methods for Overcoming the Problem of Too Many Markers in Zoomable Mapping Applications. In *International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA).*
[8] WHO. 2017. *Guide to cancer early diagnosis.* World Health Organization.