

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE
APLICAÇÕES PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS**

KAREN SCHNORNBERGER

**BESTCARE: UM PROTÓTIPO PARA CONTROLE E MONITORAMENTO DE
DISPOSITIVOS EM QUARTOS HOSPITALARES**

PORTO ALEGRE

2017

Karen Schnornberger

BESTCARE: um protótipo para controle e monitoramento de dispositivos em quartos hospitalares

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Desenvolvimento de Aplicações para Dispositivos Móveis, pelo Curso de Especialização em Desenvolvimento de Aplicações para Dispositivos Móveis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Me. Alex Roehrs

Porto Alegre

2017

BESTCARE: um protótipo para controle e monitoramento de dispositivos em quartos hospitalares

Resumo - Contexto: A TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) vem evoluindo em larga escala, e conseqüentemente os valores dos dispositivos eletroeletrônicos vem sofrendo uma grande queda. O mercado tem se voltado cada vez mais para os aplicativos em *smartphones*. A automação hospitalar possibilita uma grande diversidade de benefícios para a vida e a saúde da população, tornando processos e serviços mais eficientes, acessíveis e ágeis. **Objetivo:** Este protótipo foi desenvolvido para viabilizar que estes processos e serviços possam ser realmente mais eficientes, acessíveis e ágeis, porém com baixo custo e desenvolvimento centralizado. **Metodologia:** Foram selecionados 19 usuários entre profissionais da saúde e pacientes e, após uma breve apresentação do protótipo, um questionário com 7 perguntas foi-lhes aplicado. **Resultados:** Todos os avaliados concordam que o protótipo pode ser muito útil em um ambiente hospitalar, bem como cumpre todos os requisitos de controle e monitoramento dos sensores e atuadores demonstrados. **Conclusão:** Esta é uma área que ainda deve ser muito estudada e desenvolvida. Sendo um assunto importante para o bem-estar das pessoas, pois está diretamente ligado à qualidade de vida e à saúde de todos. Através da integração de aplicações com *hardware* inteligente, pode-se controlar e monitorar uma grande quantidade de periféricos, proporcionando o bem-estar e o conforto dos pacientes nos hospitais.

Palavras-chave: Automação Hospitalar. Saúde. Sensores. Atuadores.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a tecnologia vem evoluindo em larga escala, tornando os custos de equipamentos eletroeletrônicos mais baixos e acessíveis à toda população (FERNANDES, 2014). O mercado de *smartphones* está muito avançado e, com isto, crescem os interesses e também as oportunidades de evolução e melhorias nas aplicações destinadas a estes dispositivos. Diante deste cenário, aumentam as possibilidades para melhorias na vida da população. Com a automatização de processos e serviços, há redução de custos e de falhas, aumentando o tempo para o lazer e a família, além de facilitar o acesso e o compartilhamento de informações.

1.1 PROBLEMA

Segundo Burns (2012, apud SÁ, 2016, p.17), a área da saúde possui dois pilares capazes de garantir benefícios a longo prazo para pacientes e profissionais: (A) a invenção de novas tecnologias e (B) a sua efetiva adoção. A distância entre estes pilares é grande, devido a fatores como os prazos curtos, os custos elevados, a

necessidade de alto capital de giro disponível, a legislação, os impostos, a cultura dos gestores das instituições e da população, a diversidade de dispositivos e a preferência pela importação em vez de comprar um produto nacional (SÁ, 2016).

As informações estão disponíveis, existem equipamentos e dispositivos muito avançados e de baixo custo no mercado e a necessidade de aprimorar os cuidados na área da saúde torna-se cada vez mais indispensável a cada dia. Diante do exposto, este projeto propõe uma solução para o monitoramento e o controle de dispositivos em quartos hospitalares, através de *smartphones*, utilizando um *hardware* de baixo custo, incluindo um diferencial de funcionalidades em relação aos sistemas e os produtos disponíveis no mercado.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Tendo em vista os problemas apresentados, esta proposta apresenta a seguinte questão de pesquisa a ser respondida e que fundamenta este trabalho.

É possível desenvolver uma solução completa e de baixo custo para o controle e o monitoramento de dispositivos em quartos hospitalares?

1.3 CONTRIBUIÇÃO

O protótipo desenvolvido tem como proposta apresentar uma solução de baixo custo, principalmente em relação ao *hardware*, viabilizando assim a aquisição por parte das instituições e apresentando ainda importantes diferencias em relação aos demais sistemas disponíveis atualmente. Após uma criteriosa análise dos sistemas disponíveis no mercado e da literatura atual sobre o tema, foram definidos alguns pontos importantes que não estão inclusos nas soluções atuais, além de requisitos indispensáveis, descritos a seguir.

A solução proposta possibilita o *login offline*, visto que nem sempre o usuário terá internet disponível para utilização do sistema. Também registra o log de eventos no aplicativo e no servidor, possibilitando assim que as informações ocorridas com os pacientes possam ser analisadas posteriormente e não necessitando que o profissional de saúde anote periodicamente tudo o que ocorre. A solução apresenta uma forma prática para os pacientes acionarem o posto de enfermagem através de um simples gesto, inclusive comunicando o posto automaticamente quando ocorrer

alguma alteração indesejada com o paciente. Também aumenta o conforto e a comodidade dos usuários internados, permitindo o controle de diversos dispositivos com o *smartphone* ou mesmo agendando estas alterações para execução posterior.

1.4 MOTIVAÇÃO

A Indústria 4.0, também conhecida como a quarta revolução industrial, surgiu em 2011 na Alemanha, com a proposta de eliminar os limites entre o mundo digital, o físico e o biológico. Assim, o mundo físico ganha acesso ao poder do digital, possibilitando que os sistemas físico-cibernéticos, a internet das coisas, o *Big Data* e a internet dos serviços tornem cada vez mais eficientes, autônomos e customizáveis os processos de produção (SANTOS, 2016).

A medicina está recomeçando pelo acesso às novas tecnologias na área da saúde e este processo é irreversível, sendo que o Brasil ainda atua de forma incipiente quando se trata do assunto. Especialistas indicam a necessidade das universidades ajudarem na discussão dos temas ligados às tecnologias na área da saúde e que as discussões devem ter resultados práticos na sociedade. É preciso eliminar tarefas que não agregam valor ao paciente, otimizando recursos e direcionando-os para o bem-estar, o conforto e a agilidade nos serviços e processos que envolvam a área da saúde. Mesmo aqueles que são reticentes frente às novas tecnologias, já começam a se sensibilizar com as suas aplicações. (HOSPITALAR, 2016).

Este trabalho visa colaborar com tais estudos na área da saúde, incentivando os possíveis colaboradores do tema e, principalmente, mostrando como é possível interligar o mundo biológico, o físico e o digital.

2 ANÁLISE DO MERCADO

Neste capítulo, são apresentados os principais aplicativos e suas respectivas empresas concorrentes no cenário atual, os quais possibilitam o controle e o monitoramento dos dispositivos de *hardware* através de aplicações Android. Foi realizada uma pesquisa de mercado quanto ao tema da automação hospitalar, buscando aplicativos já disponíveis e consolidados na loja Google Play, onde foram encontrados pouquíssimos resultados que pudessem ser utilizados para a comparação de mercado, visto que a grande maioria foi desenvolvida para o

aprendizado e não possui a solução completa com *hardware* e *software* comerciais. Diante desta dificuldade, além da relação direta entre automação hospitalar e residencial, por conta do *home care*, foi aberto o escopo para a automação residencial, onde neste caso sim, existem diversas soluções consolidadas atualmente no mercado (BOLZANI, 2010).

2.1 CONTROL4® MYHOME

Aplicativo desenvolvido pela empresa Control4®, que deve ser integrado a um sistema controlador central e posteriormente podem ser adquiridos módulos específicos para serem conectados aos periféricos. Utiliza necessariamente conexão WiFi e internet para comunicação entre os periféricos e o módulo central, bem como no acesso pelo aplicativo (CONTROL4 CORPORATION, 2017).

É capaz de controlar diversos equipamentos como câmeras IP, fechaduras, áudio, vídeo, ar condicionado, persianas, iluminação, centrais de alarme, *home theater* e termostatos. É possível agendar o acionamento ou desligamento dos equipamentos e visualizar seu estado em tempo real. Funciona com conexões via infravermelho, RS232 e IP para controle de equipamentos. Não possui log de eventos (CONTROL4 CORPORATION, 2017). A figura 1 apresenta as telas do aplicativo Control4® MyHome.

Figura 1 – Telas do aplicativo Control4® MyHome

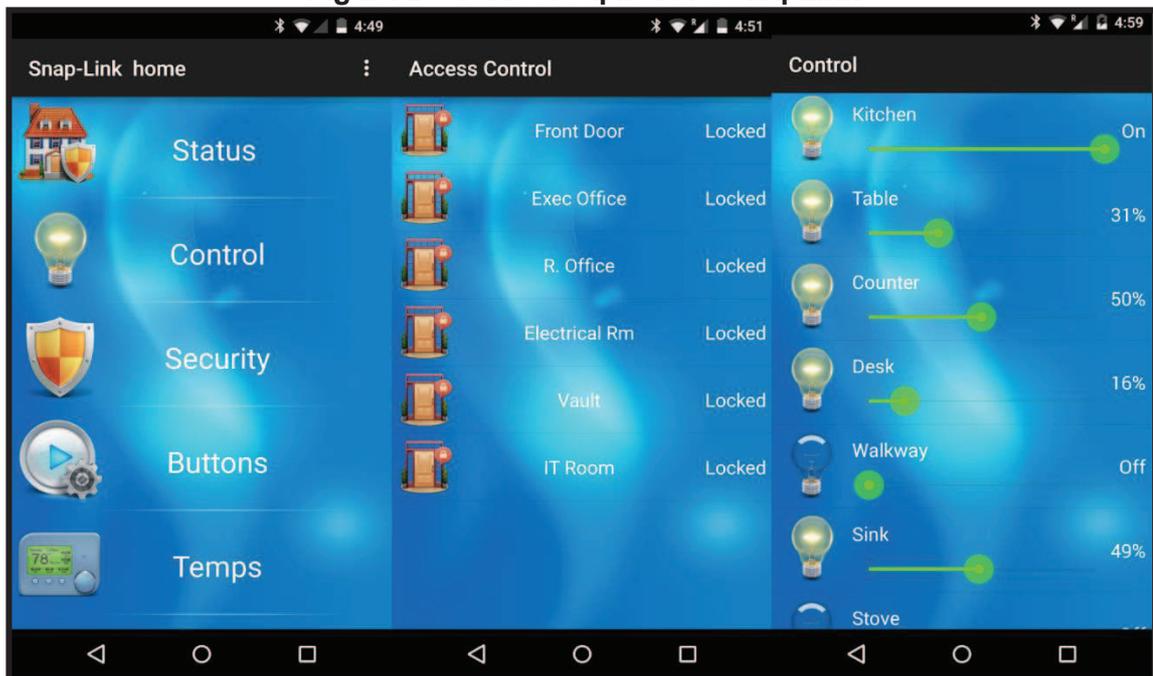


Fonte: [CONTROL4 CORPORATION, 2017]

2.2 SNAPLINK

Aplicativo desenvolvido pela empresa Leviton, que possibilita adicionar dispositivos inteligentes e controlá-los individualmente ou em conjunto com apenas um toque. É possível criar cenários e agendar tarefas para serem executadas. Pode-se controlar equipamentos de ar condicionado, iluminação, áudio, vídeo e segurança, como tranca de portas e câmeras IP. Funciona com comunicação via WiFi através de uma placa controladora vendida pelo próprio fabricante. Possui log de eventos e é obrigatória a realização de login via servidor da empresa para utilização do aplicativo. Na loja Google Play é vendido por R\$ 64,99 (LEVITON SECURITY AND AUTOMATION, 2017). A figura 2 apresenta as telas do aplicativo SnapLink.

Figura 2 – Telas do aplicativo SnapLink



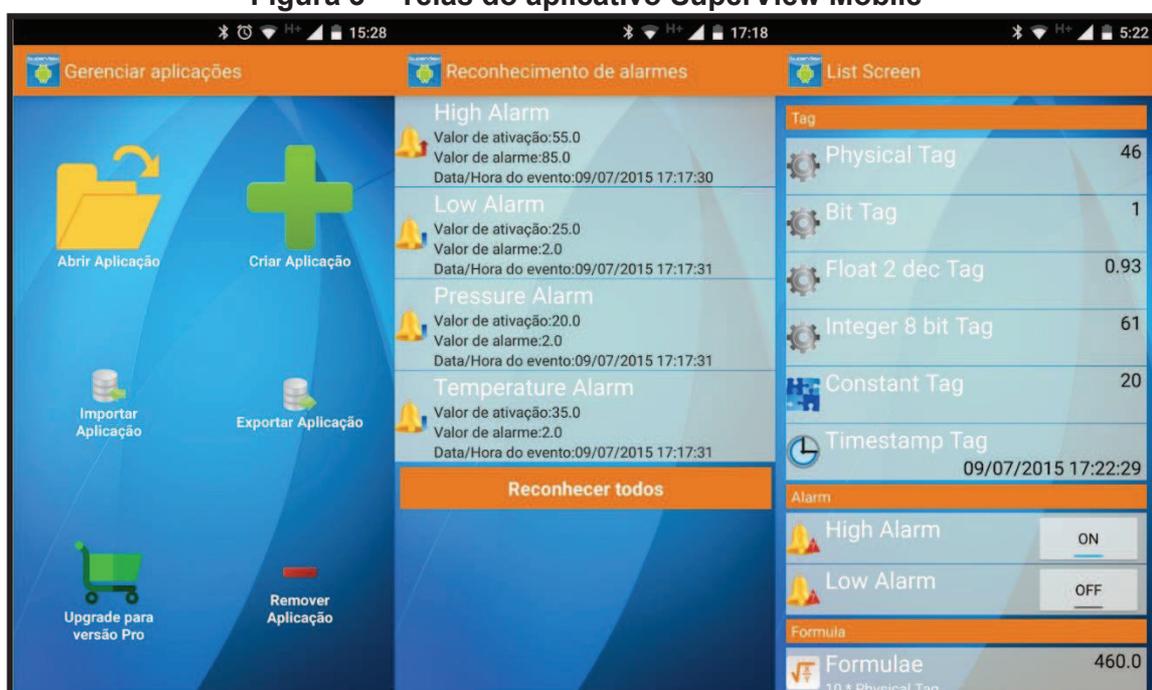
Fonte: [LEVITON SECURITY AND AUTOMATION, 2017]

2.3 SUPERVIEW MOBILE

Desenvolvido pela empresa Novus Automation, o sistema SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) é utilizado por usuários que desejam fazer o monitoramento, o controle e a supervisão de dispositivos em sua residência, utilizando *smartphones* e *tablets* com sistema Android. Possui um *login* local e log de eventos, além da configuração de alertas de acordo com os níveis desejados de leitura dos seus sensores (NOVUS AUTOMATION, 2017).

A comunicação remota é realizada utilizando o protocolo *Modbus* TCP, sobre as interfaces de comunicação presentes no dispositivo móvel como WiFi, 3G, GPRS, *Bluetooth*, etc. A interface gráfica é composta de telas do tipo lista, gráfico de tendência e mapa (GPS), que permitem a visualização dos dados tanto para leitura como para escrita. Os alarmes configurados estão integrados ao sistema de notificação Android, onde o usuário é imediatamente notificado e pode reconhecê-los para fins de rastreabilidade. Este e outros eventos importantes da aplicação são registrados e podem ser visualizados com o *software* Audit Trail (NOVUS AUTOMATION, 2017). A figura 3 apresenta as telas do aplicativo SuperView Mobile.

Figura 3 – Telas do aplicativo SuperView Mobile



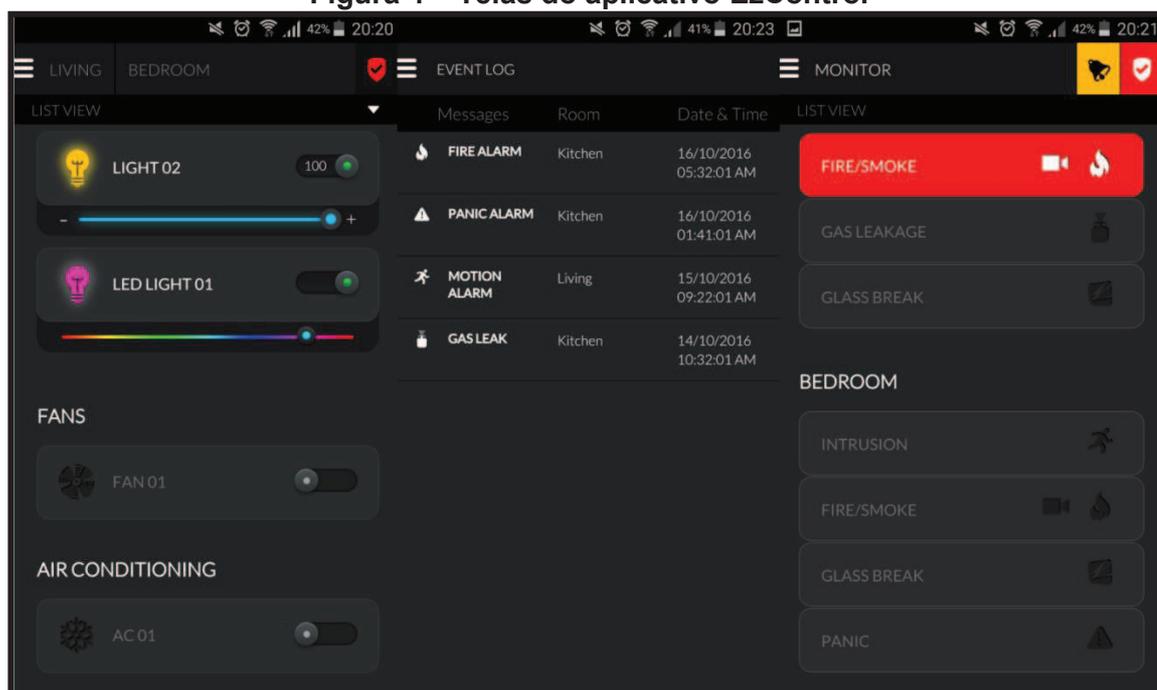
Fonte: [NOVUS AUTOMATION, 2017]

2.4 EZCONTROL

Aplicativo desenvolvido pela empresa BuildTrack™, com o objetivo de proporcionar segurança, conforto, conveniência e economia de energia combinando *hardware* e *software* inteligentes. A empresa possui soluções de automação para todas as áreas, incluindo hoteleira, residencial, industrial, hospitalar, bancária e comercial. Comunica-se com sensores, câmeras, ar condicionado, áudio, vídeo, atuadores e iluminação. Os sensores e atuadores são vendidos por módulos avulsos (BUILDTRACK, 2017).

A solução hospitalar possui um controle com botão para chamar enfermagem e log destes eventos de chamada. Possui alertas para problemas no hospital como incêndios, fumaça e vazamentos de gás. Solicitações de serviços internos do hospital como limpeza e manutenção, podem ser feitas através do aplicativo que é integrado diretamente com os setores responsáveis (BUILDTRACK, 2017). A figura 4 apresenta as telas do aplicativo EzControl.

Figura 4 – Telas do aplicativo EzControl



Fonte: [BUILDTRACK, 2017]

3 CONTEXTUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Para uma melhor compreensão e entendimento da proposta, neste capítulo são apresentados alguns conceitos essenciais como USB, *Bluetooth Low Energy*, microcontrolador, plataforma Android, *smartphone* e automação hospitalar.

3.1 USB

O *Universal Serial Bus* é um padrão *plug-and-play* para conexão de periféricos externos, sendo possível conectar até 127 periféricos utilizando apenas uma porta USB (PORTAL EDUCAÇÃO, 2013).

3.2 BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE)

É uma tecnologia que surgiu em 2010, com o *Bluetooth 4.0*, a qual permite diminuir os níveis de consumo de energia em dispositivos que não necessitam transmitir grandes volumes de dados, economizando assim até 90% de energia em relação ao *Bluetooth* clássico (ARAUJO, 2013).

3.3 MICROCONTROLADOR

Um microcontrolador pode ser considerado um tipo de computador em um único *chip*, contendo processador, memória, periféricos de entrada e saída, temporizadores e dispositivos de comunicação serial, entre outros. Através de um *software* que pode ser gravado em sua memória, um microcontrolador pode executar funções específicas conforme a programação que receber (PENIDO, 2013).

3.4 PLATAFORMA ANDROID

Android pode ser definida como uma pilha de *softwares* para dispositivos móveis, sendo composta por um sistema operacional de arquitetura baseada no *kernel* Linux, um *middleware* e um conjunto de aplicações chave (SOARES, 2016).

3.5 SMARTPHONE

Este termo, que em sua tradução literal significa “telefone inteligente”, vem sendo utilizado frequentemente pela indústria como sinônimo de telefones celulares com altíssima tecnologia, embora existam muitos conceitos distintos para este termo (COUTINHO, 2014).

3.6 AUTOMAÇÃO HOSPITALAR

Conforme Brooks e Brooks (1998, apud VELENTIM, 2012), a automação hospitalar é uma subárea da automação que visa automatizar os processos do ambiente hospitalar, tanto na gestão quanto na área de procedimentos médicos, buscando sempre maior eficiência, produtividade, economia e conforto aos pacientes.

4 PROJETO DE APLICAÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os itens que compõem o desenvolvimento do projeto de aplicação proposto neste trabalho e ao final, uma comparação entre a solução proposta e as demais soluções de mercado analisadas na pesquisa.

4.1 ARQUITETURA DO PROJETO

O protótipo divide-se em três partes, sendo a primeira delas, o quarto hospitalar microcontrolado (A), composto por sensores e atuadores, além de um microcontrolador, responsável por controlar, receber e enviar as informações através de suas portas seriais digitais. A segunda, é a aplicação BestCare Server (B), que roda no servidor e comunica-se com o quarto hospitalar microcontrolado, através da interface USB do computador, recebendo todas as informações de alterações de sensores e atuadores ocorridas no quarto, armazenando e exibindo-as em tempo real, disponibilizando um histórico com o evento ocorrido, juntamente com a data e horário da ocorrência. E a terceira parte, é a aplicação BestCare Mobile (C) que, por sua vez, comunica-se com todos os sensores e atuadores do quarto hospitalar microcontrolado, utilizando não somente o *Bluetooth* disponível no *smartphone*, mas também os recursos dos sensores de acelerômetro e batimentos cardíacos (quando disponíveis). A figura 5 apresenta de uma forma resumida toda a arquitetura da solução proposta, incluindo as três partes descritas anteriormente: BestCare Server, BestCare Mobile e o quarto hospitalar microcontrolado.

Figura 5 – Arquitetura do protótipo

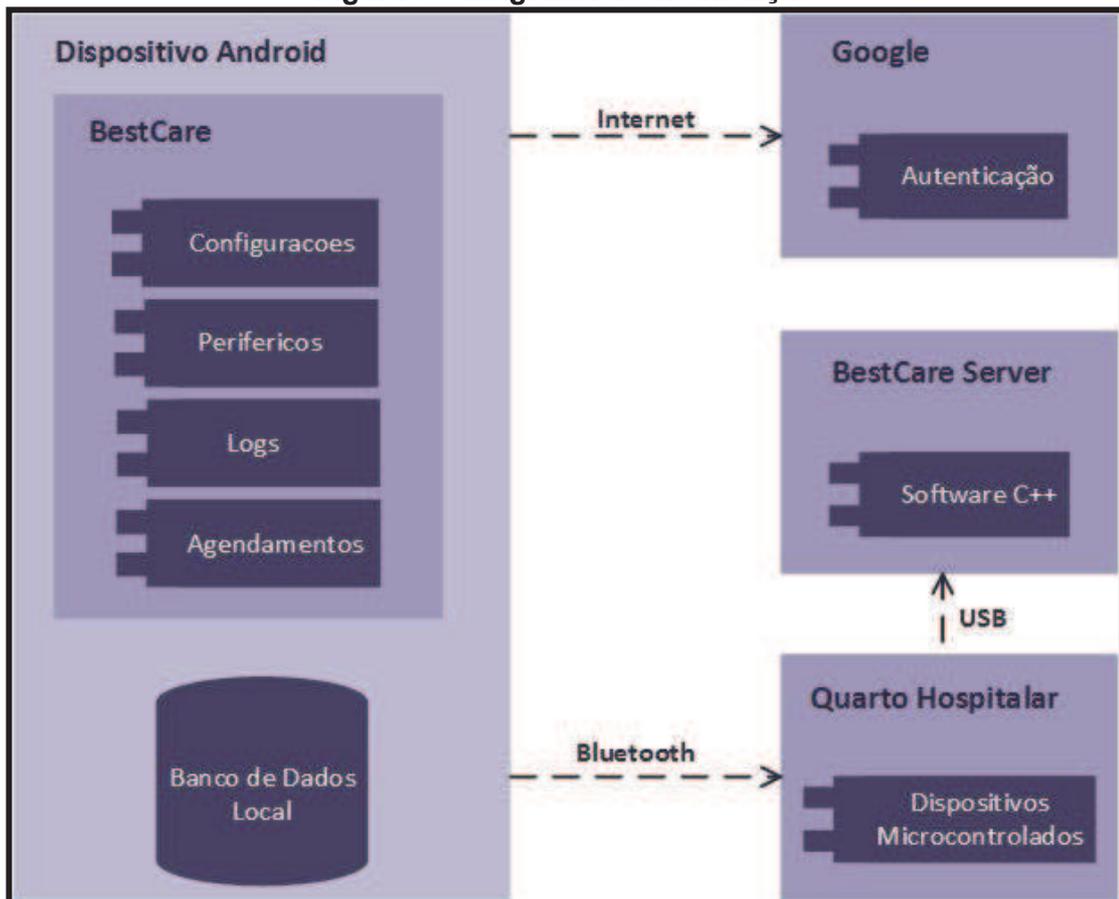


Fonte: Elaborada pela autora

4.2 DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO

A figura 6 apresenta o diagrama de distribuição do protótipo BestCare, que representa a estrutura física do *hardware* em conjunto com os artefatos de *software*, que juntos compõem a configuração do sistema proposto (GUDWIN, 2015).

Figura 6 – Diagrama de distribuição



Fonte: Elaborado pela autora

4.3 LISTA DE REQUISITOS

Os requisitos de um sistema são divididos entre funcionais e não funcionais. Os requisitos não funcionais são restrições aos serviços ou funções oferecidas pelo sistema. Já os requisitos funcionais, são os mais importantes, pois descrevem o que o sistema deve ou não fazer, além do seu comportamento e reação em determinadas situações ou serviços a serem fornecidos (SOMMERVILLE, 2011). As tabelas 1 e 2, enumeram e descrevem os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, respectivamente.

Tabela 1 – Requisitos Funcionais do sistema

Requisito	Descrição
RF01 - Conectar <i>Bluetooth</i>	O sistema deve realizar conexão com o primeiro dispositivo BLE com nome MLT-BT05 encontrado.
RF02 - Realizar <i>login</i>	O sistema deve verificar se há conexão disponível com a internet e solicitar autenticação pelo Google ou local.
RF03 - Enviar comando	O sistema envia para o <i>hardware</i> um comando solicitado pelo usuário.
RF04 - Receber dados	O sistema processa os dados recebidos do <i>hardware</i> via <i>Bluetooth</i> .
RF05 - Registrar log	Todos as alterações de eventos recebidos ou sensores locais alterados devem ser registradas no log.
RF06 - Agendar evento	O sistema permite que sejam agendados eventos de acionamento de periféricos.
RF07 - Configurar alerta	Deve ser possível configurar níveis de valores para que o sistema monitore automaticamente os sensores e emita avisos quando os níveis selecionados forem atingidos.
RF08 - Ler sensor	O sistema deve realizar a leitura dos sensores de acelerômetro e batimentos cardíacos.
RF09 - Exibir informações	O sistema deve exibir o estado de cada periférico conectado ao aplicativo.
RF10 - Exibir logs	O sistema deve exibir todos os logs registrados no seu banco de dados local.

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 2 – Requisitos Não Funcionais do sistema

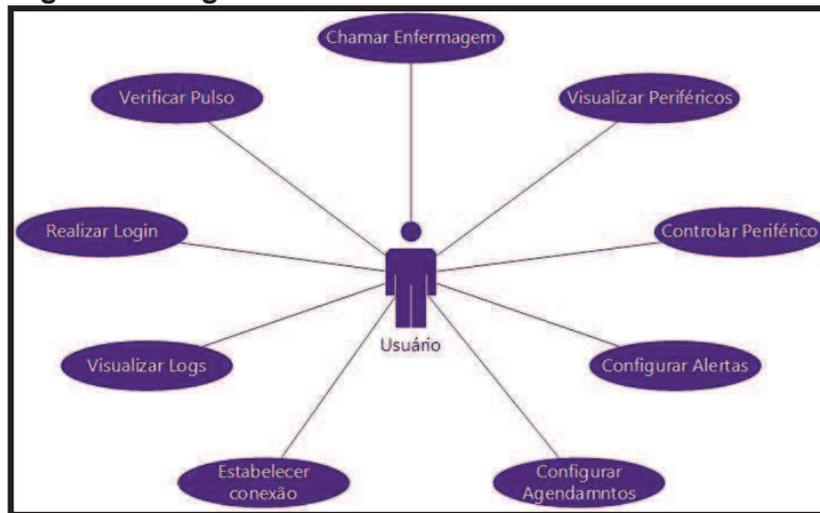
Requisito	Descrição
RNF01 - Compatibilidade de sistema operacional	O aplicativo estará disponível na plataforma Android a partir da versão 5.0 (Lollipop), API 21.
RNF02 - <i>Layout</i> de tela	O aplicativo deve ser executado com a tela em modo retrato.
RNF03 - Conexão com o <i>hardware</i>	A comunicação entre o aplicativo e os periféricos dar-se-á através de conexão <i>Bluetooth Low Energy</i> .
RNF04 - Autenticação	O aplicativo deve permitir autenticação <i>online</i> com o Google quando houver conexão com a internet disponível e <i>offline</i> quando a conexão não estiver disponível.
RNF05 - Controle de periféricos	O sistema somente deve permitir controle dos periféricos se o <i>login</i> foi efetuado.

Fonte: Elaborada pela autora

4.4 CASOS DE USO

Os diagramas de casos de uso representam as possíveis interações que são descritas nos requisitos do sistema, apresentando de uma forma mais simples as funcionalidades da proposta (SOMMERVILLE, 2011). A figura 7 apresenta o diagrama de casos de uso do sistema BestCare, onde o ator que representa os possíveis usuários do sistema pode ser tanto um paciente que utiliza o serviço de internação hospitalar, quanto um membro da equipe médica ou de enfermagem. Já as classes de interação são as funcionalidades do sistema.

Figura 7 - Diagrama de casos de uso do sistema BestCare

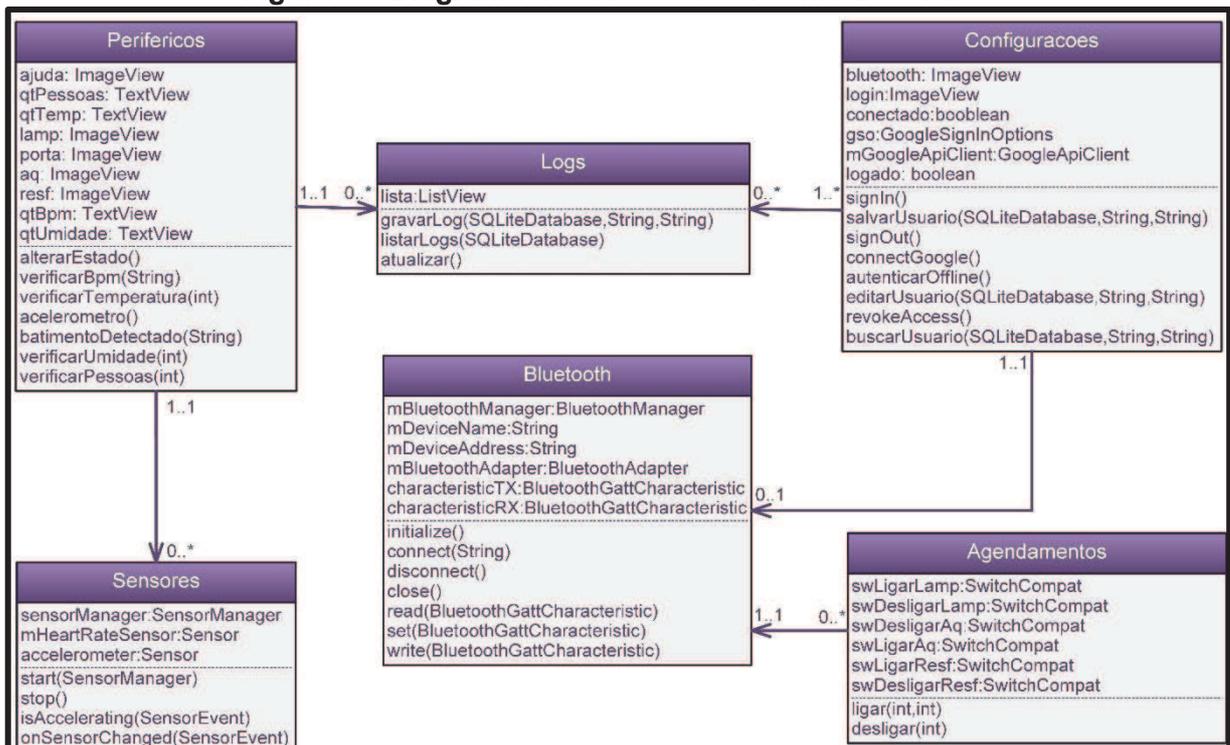


Fonte: Elaborado pela autora

4.5 BESTCARE MOBILE

A aplicação BestCare Mobile foi desenvolvida em linguagem Java, com o auxílio da IDE Android Studio e foi fragmentada em quatro classes, exibidas através de abas na tela. No apêndice A, podem ser observados alguns trechos do seu código fonte. A figura 8 apresenta o diagrama de classes resumido do protótipo, incluindo as principais classes, atributos e métodos utilizados na construção do aplicativo.

Figura 8 – Diagrama de classes do sistema BestCare



Fonte: Elaborado pela autora

O primeiro fragmento, conforme a figura 9, denominado “Periféricos”, é responsável por exibir o estado atual de todos os sensores e atuadores enquanto a conexão *Bluetooth* estiver estabelecida e, após realização de *login*, possibilita o controle dos atuadores através dos botões de liga e desliga. Nessa tela, também é possível ativar a monitoração dos sensores através de alertas, informando um intervalo de valores para que o sistema notifique a enfermagem através de um alarme sonoro, quando algum sensor atingir o valor selecionado. O paciente pode, a qualquer momento, balançar o telefone para chamar a enfermagem e imediatamente o sistema emitirá um alarme sonoro. Pode-se também aferir o pulso do paciente, através do sensor de batimentos cardíacos localizado ao lado do *flash* da câmera do *smartphone* (apenas nos modelos que possuem este sensor).

Figura 9 – Fragmento Periféricos da aplicação BestCare Mobile



Fonte: Elaborada pela autora

O segundo fragmento, apresentado na figura 10a, denominado “Agendamentos”, possibilita ao usuário comandar alterações nos atuadores através do agendamento de uma tarefa no sistema. Deve-se selecionar em quanto tempo a partir daquele momento o comando deve ser enviado ao periférico, para que a tarefa seja agendada no sistema. Faz-se necessário que o aplicativo esteja aberto, conectado via *Bluetooth* e autenticado com *login* e senha, para que a tarefa seja executada com sucesso.

O terceiro fragmento é o de Logs, que tem por finalidade gravar em banco de dados e exibir todos os eventos ocorridos no sistema enquanto estiver conectado com

o quarto via *Bluetooth*. Exibindo uma lista em ordem decrescente, com data, horário, nome do evento e valor de cada ocorrência, conforme a figura 10b.

Figura 10 – Fragmentos Agendamentos e Logs da aplicação BestCare Mobile

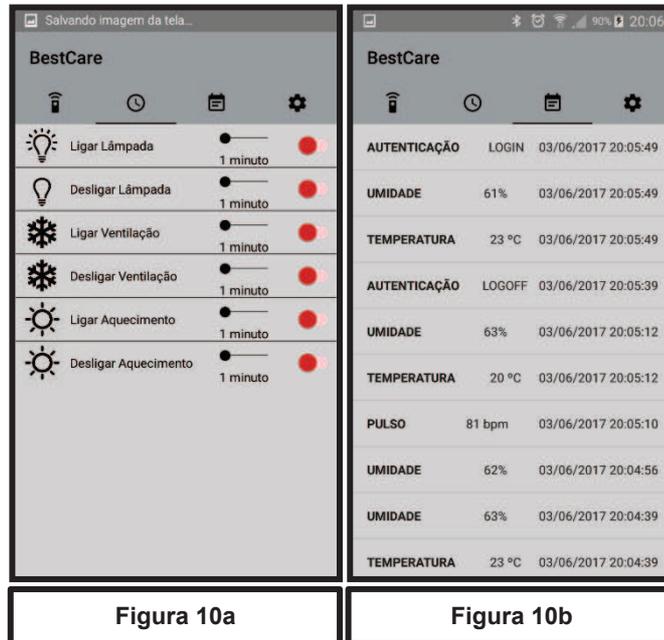


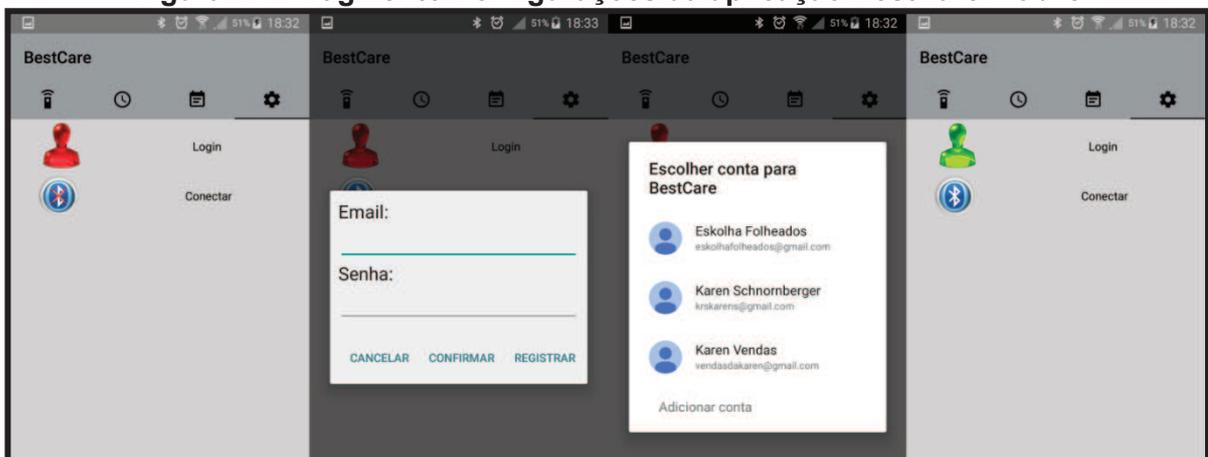
Figura 10a

Figura 10b

Fonte: Elaborada pela autora

O quarto e último fragmento, conforme figura 11, denominado “Configurações”, é responsável pelo controle da conexão *Bluetooth* com o quarto e também pelo *login* através de usuário e senha. A autenticação é realizada através do Google quando houver conexão com a internet, ou local, podendo criar um usuário e senha no próprio telefone, utilizando um banco de dados, caso a conexão com a internet não esteja disponível no momento do *login*.

Figura 11 - Fragmento Configurações da aplicação BestCare Mobile

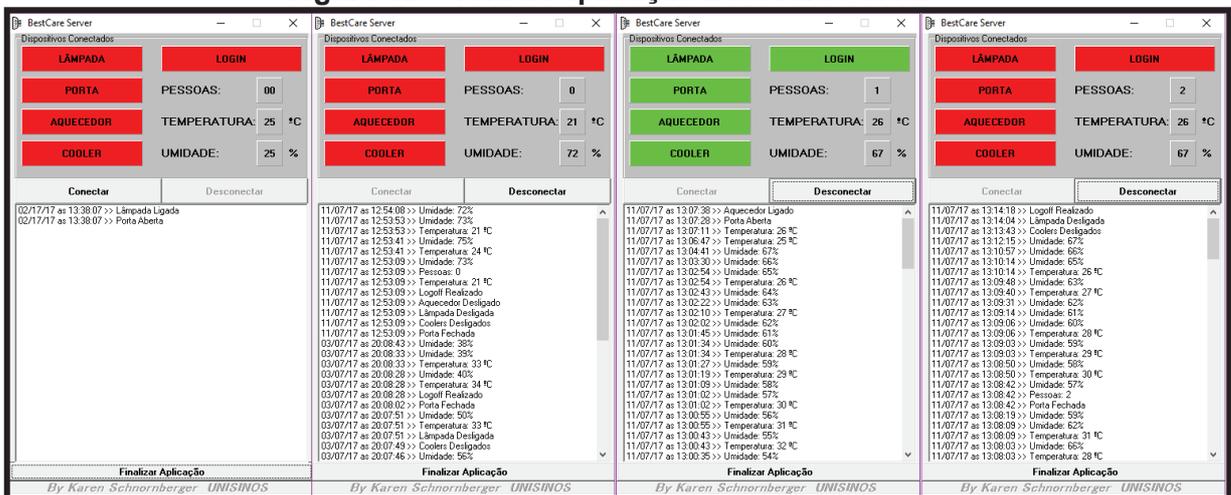


Fonte: Elaborada pela autora

4.6 BESTCARE SERVER

A aplicação desenvolvida para rodar no servidor, conforme figura 12, foi codificada na linguagem de programação C++, com o auxílio da ferramenta Borland C++ Builder. Esta aplicação possui apenas uma tela, na qual é possível realizar a conexão com o quarto através da porta USB. Possui uma lista semelhante à do fragmento BestCare Mobile, na qual são exibidos todos os eventos ocorridos no quarto, porém salvos em um arquivo de texto. Também exibe o estado atual de todos os sensores e atuadores disponíveis no ambiente. No apêndice B, podem ser visualizados alguns trechos de código da aplicação BestCare Server.

Figura 12 – Tela da aplicação BestCare Server



Fonte: Elaborada pela autora

4.7 PROTÓTIPO DO QUARTO HOSPITALAR MICROCONTROLADO

O protótipo do quarto hospitalar microcontrolado foi montado em uma maquete feita de madeira com porta de correr em plástico, onde foram acoplados um teclado numérico, dois LCD 16x2, um secador de cabelos (aquecedor), dois ventiladores, dois pares de sensores infravermelho, uma lâmpada de LED, um botão, um motor de passo, uma fonte de 5V, uma fonte de 12V, um módulo USB/RS232, um módulo *Bluetooth Low Energy*, um microcontrolador PIC, um módulo *buzzer*, um módulo sensor de temperatura e umidade, além de diversos componentes eletrônicos para possibilitar a leitura e o acionamento destes sensores e atuadores.

O microcontrolador foi programado em linguagem C, com o auxílio da ferramenta PIC C Compiler e a gravação foi feita através do *software* MicroBurn pelo

gravador de PIC K150. O apêndice C apresenta trechos de código desta aplicação. Na figura 13, é possível visualizar o protótipo do quarto em suas vistas lateral, frontal, traseira e em seu interior, alguns detalhes dos dispositivos utilizados.

Figura 13 – Protótipo do quarto hospitalar microcontrolado



Fonte: Elaborada pela autora

4.8 COMPARAÇÃO ENTRE OS APLICATIVOS

Para a elaboração deste quadro comparativo, foram observadas as áreas de aplicação dos sistemas, o país de origem da empresa ou do desenvolvedor e o *hardware* disponível, além funcionalidades consideradas importantes, como registro e acesso aos eventos ocorridos, personalização de alertas, *login* com ambiente seguro e agendamento de eventos. Nesta comparação, é possível observar que o protótipo BestCare, agrega as principais características de todos os sistemas, além de seus diferenciais específicos como *hardware* genérico e de baixo custo, tornando-se assim uma solução viável e completa. A tabela 3 apresenta o quadro comparativo entre estas características de cada aplicativo.

Tabela 3- Comparativo entre os aplicativos

Aplicativo / Característica	Control4	SnapLink	EzControl	SuperView	BestCare
Pais Origem	Estados Unidos	Estados Unidos	Índia	Brasil	Brasil
Área de aplicação	Residencial	Residencial	Hospitalar	Industrial	Hospitalar
Eventos no servidor	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sensores e atuadores	Proprietários	Proprietários	Proprietários	Proprietários	Genéricos
Login	Remoto	Remoto	Local ou Remoto	Local	Local ou Remoto
Log de eventos	Não	Sim	Limitado	Sim	Sim
Alertas Personalizáveis	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Agendamento de eventos	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Referência	Control4 Corporation, 2017	Leviton Security and Automation, 2017	Novus Automation, 2017	BuildTrack, 2017	Elaborado pela autora, 2017

Fonte: Elaborada pela autora

5 AVALIAÇÃO

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos dados obtidos, após a avaliação das informações coletadas dos usuários do protótipo do quarto hospitalar microcontrolado e do uso das aplicações BestCare Mobile e BestCare Server.

5.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Para a avaliação do protótipo, entre os dias 11 e 17 de julho de 2017, 19 usuários foram convidados a conhecer toda a solução e, após uma breve apresentação do funcionamento de toda a proposta, eles tiveram a oportunidade de utilizar e testar o sistema, a fim de verificar todas as funcionalidades e, ao final, foi-lhes aplicado um questionário.

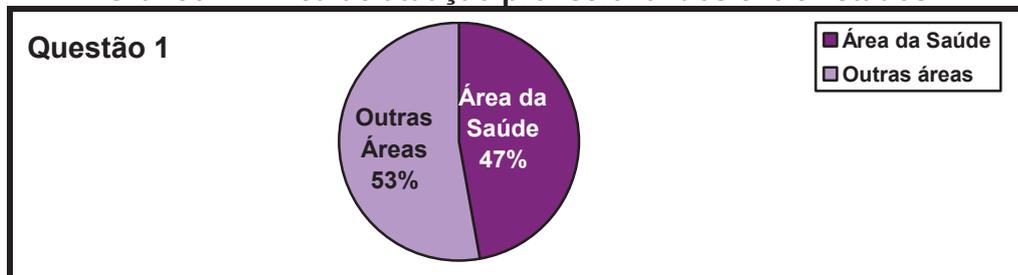
O questionário possui 7 perguntas, conforme o apêndice D, sendo as questões de 1 a 3, para verificar o perfil do entrevistado e o restante das questões para verificar a facilidade e a utilidade do protótipo na sua ideia, segundo o modelo de aceitação de tecnologia (TAM), proposto por Davis (1989, apud SILVA, 2012, p.266). Para as questões 2 a 6, foram utilizadas afirmações com opções de respostas induzidas em uma escala de cinco pontos, num intervalo de 1 ponto (discordo totalmente) e 5 pontos

(concordo totalmente), com a escala média de 3 pontos (indiferente), possibilitando a avaliação de direção da atitude do respondente em relação a cada afirmação (LIKERT, 1932, apud DALMORO, 2013, p.163).

5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS

A primeira questão teve o objetivo de diferenciar o perfil profissional de cada entrevistado, sendo as respostas divididas entre profissionais da área da saúde e de outras áreas. Conforme o gráfico 1, foi mantido um equilíbrio entre profissionais da área da saúde e de outras áreas, possibilitando uma ampla avaliação do protótipo.

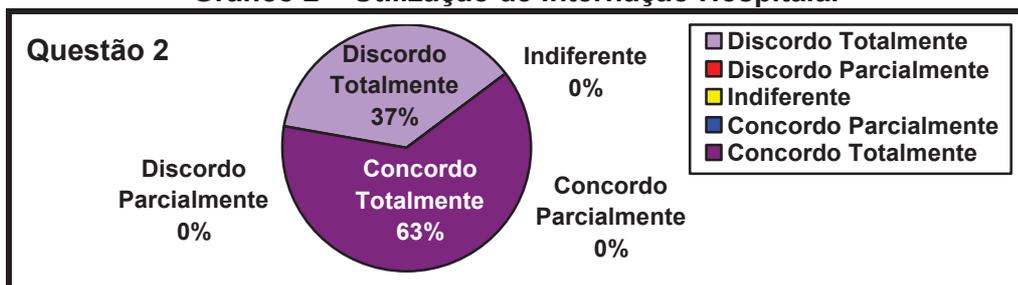
Gráfico 1 – Área de atuação profissional dos entrevistados



Fonte: Elaborado pela autora

Na segunda questão, foi perguntado se o usuário já utilizou o serviço de internação hospitalar como paciente. No gráfico 2, pode-se observar que grande parte dos entrevistados já utilizou este tipo de serviço.

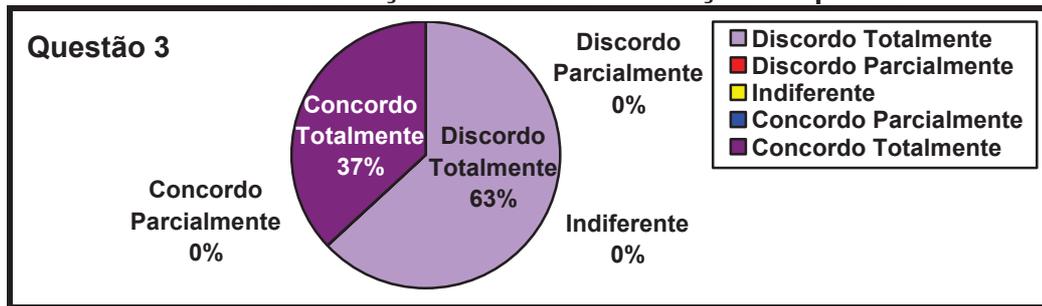
Gráfico 2 – Utilização de Internação Hospitalar



Fonte: Elaborado pela autora

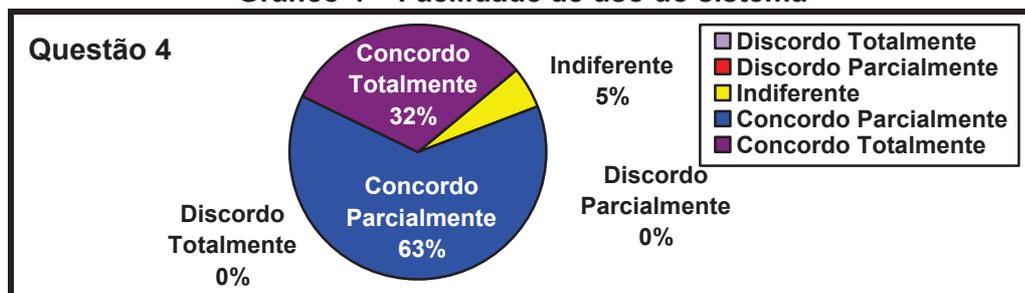
A terceira questão, indagava se o usuário já trabalhou em algum serviço associado à internação hospitalar. No gráfico 3 pode-se verificar que 37% dos entrevistados já trabalharam ou ainda trabalham nesta área.

Gráfico 3 – Atuação na Área de Internação Hospitalar



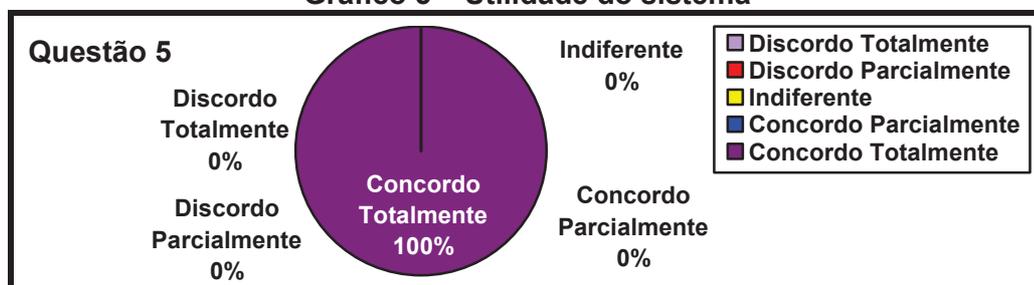
A quarta questão referia-se à facilidade de uso do sistema, sendo que a grande maioria concordou total ou parcialmente que o sistema é de fácil utilização, conforme apresenta o gráfico 4.

Gráfico 4 – Facilidade de uso do sistema



A questão número cinco, referia-se sobre o sistema ser realmente útil em um quarto hospitalar no futuro. Neste quesito, conforme demonstrado no gráfico 5, todos os entrevistados concordaram que a ideia desta solução seria muito útil se aplicada em um quarto hospitalar futuramente.

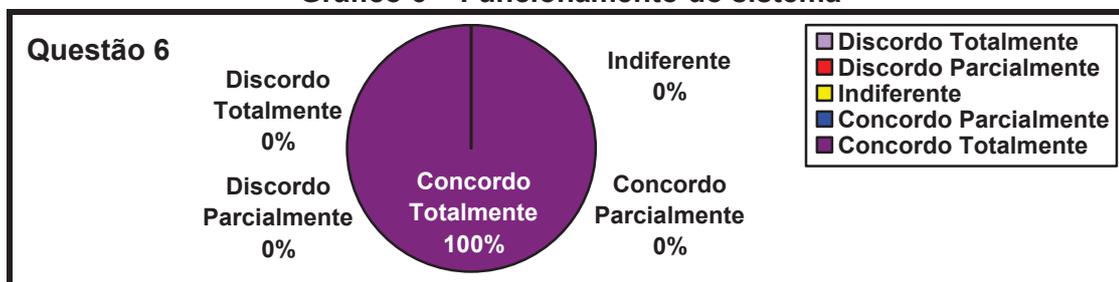
Gráfico 5 – Utilidade do sistema



Já a sexta questão, foi feita para verificar se o protótipo atendia à proposta de controlar e monitorar os sensores e atuadores através do aplicativo, sendo que todos

os avaliadores concordaram que o sistema cumpre os requisitos de permitir o controle e o monitoramento dos periféricos disponíveis no quarto hospitalar.

Gráfico 6 – Funcionamento do sistema



Na sétima e última questão, os usuários poderiam sugerir melhorias ou fazer alguma observação com relação ao sistema. Foram recebidas algumas indicações de que a primeira aba fosse a de configurações, para ficar mais intuitiva a obrigação da conexão e do *login*. Houve sugestões de aplicativos diferentes para o paciente e a enfermagem. Várias pessoas indicaram maior utilidade em UTI ou quartos de isolamento, onde há riscos de contaminação por contato e o sistema evitaria muitas entradas no quarto, além da possibilidade de notificação em tempo real no caso de alguma alteração no quadro do paciente.

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apresentadas as considerações finais do projeto desenvolvido e também implementações e melhorias a serem realizadas como continuidade desta proposta, para futuros trabalhos de pesquisa e desenvolvimento a serem realizados.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório descreveu uma proposta para automação hospitalar de baixo custo, apresentando seus principais objetivos e contribuições, detalhando cada uma de suas partes individualmente e comparando-a com alguns produtos que já são comercializados atualmente no mercado.

A apresentação do protótipo deu-se desde a sua modelagem até a implementação final, exibindo os resultados promissores que foram avaliados por um

grupo de usuários que trabalhariam diretamente com o produto final, além de clientes que também seriam beneficiados com a tecnologia que lhes foi apresentada.

Durante a etapa de avaliação dos usuários, cresceu ainda mais a motivação da autora, diante da reação em muitos momentos inusitada de alguns avaliadores. Alguns espantaram-se ao ver um *smartphone* controlando e monitorando dispositivos em um quarto hospitalar, outros agradeceram a iniciativa, pois vivenciam esta realidade diariamente, lutando para salvar vidas. Dentre os que trabalham na área, a maioria se emocionou ao imaginar estas tecnologias implantadas em seu local de trabalho.

Diante do exposto, pode-se concluir que a automação hospitalar é, além de viável, muito importante para a evolução do atendimento e da qualidade de vida das pessoas, contribuindo muito com a melhoria na área da saúde. Este trabalho provou que é possível desenvolver uma solução de baixo custo, automatizando processos e serviços e, com isso, proporcionando maior conforto e acessibilidade para os pacientes, economia de energia, agilidade e eficiência nos serviços prestados pelo hospital.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Para futuras implementações, visando dar continuidade ao protótipo aqui iniciado, cabe destacar as principais melhorias que o sistema poderia receber: *Webservice* para controle e autenticação de usuários *online*; log centralizado de eventos e controle de acesso aos periféricos em tempo real ou agendamentos; utilização de um protocolo universal para comunicação entre os periféricos e os dispositivos; aplicativos distintos para pacientes e funcionários do hospital; implantação em UTI e quartos de isolamento; criptografia dos dados que trafegam entre dispositivos, servidores e periféricos; adicionar novos sensores e atuadores automaticamente (*plug-and-play*); opções para comandos de voz tanto no controle quanto na leitura do estado de cada periférico; disponibilizar o sistema em 3 idiomas (Português, Inglês e Espanhol); integração entre setores do hospital, incluindo serviços como limpeza e manutenção dos quartos; alteração na ordem das telas, tornando a tela de configurações, a primeira na abertura do aplicativo.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, André S.; VASCONCELLOS, Pedro. **Bluetooth Low Energy**. Rio de Janeiro, 2013. Departamento de Engenharia Eletrônica, Engenharia de Computação e Informação, UFRJ.

BOLZANI, Caio A.M. **Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes**. 155f. São Paulo, 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BUILDTRACK. **BuildTrack EzControl Demo**. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.buildtrack.ezcontrolappdemo>>. Acessado em 13 de julho de 2017.

CONTROL4 CORPORATION. **Control4® MyHome**. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.control4.myhome>>. Acessado em 13 de julho de 2017.

COUTINHO, Gustavo L. **A Era dos Smartphones: Um estudo Exploratório sobre o uso dos Smartphones no Brasil**. 67f. Distrito Federal, 2014. Comunicação Social, Faculdade de Comunicação, UNB.

DALMORO, Marlon; VIEIRA, Kelmara M. **Dilemas na construção de escalas do tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?** Revista Gestão Organizacional, UNOCHAPECÓ, v.6, n. esp., p.161-174, 2013.

FERNANDES, Yáskara Y.M.P. et al. **Sistemas de gerenciamento de banco de dados em tempo real na área hospitalar: um estudo de caso para a UTI**. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde, UFRN, v.4, n.1, p.26-38, 2014.

GUDWIN, Ricardo R. **Engenharia de Software: uma visão prática**. 2. ed. São Paulo: DCA-FEEC-UNICAMP, 2015. Disponível em: <<http://faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/sites/faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/files/ea975/ESUVP2.pdf>>. Acessado em 13 de julho de 2017.

HOSPITALAR. **Indústria 4.0: workshop debate caminho sem volta da inovação na saúde**. 2016. Disponível em: <<http://www.hospitalar.com/pt/portal-de-noticias/blog/81-tecnologia-e-inovacao/630-industria-4-0-workshop-debate-caminho-sem-volta-da-inovacao-na-saude>>. Acessado em 23 de julho de 2017.

LEVITON SECURITY AND AUTOMATION. **SnapLink**. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=hai.SnapLink>>. Acessado em 13 de julho de 2017.

NOVUS AUTOMATION. **SuperView Mobile**. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.superview.mobile.lite>>. Acessado em 13 de julho de 2017.

PENIDO, Édilus C.C.; TRINDADE, Ronaldo S. **Microcontroladores**. Minas Gerais, 2013. (Apostila).

PORTAL EDUCAÇÃO. **USB**: o que é? 2013. Disponível em: < <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/informatica/usb-o-que-e/46234> >. Acessado em 17 de julho de 2017.

SÁ, Carlos. **Desenvolvimento de indicador de convergência de tecnologias e procedimentos de saúde em prontuário digital em pacientes**. 167f. São Paulo, 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências). Departamento de engenharia de energia e automação elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, Paulo R. **Indústria 4.0**: sistemas inteligentes para manufatura do futuro. 2016. Disponível em: < <http://www.revistaferramental.com.br/pt/artigos/industria-40-sistemas-inteligentes-para-manufatura-do-futuro/8> >. Acessado em 26 de julho de 2017.

SILVA, Patrícia et al. **A utilização do computador na educação**: aplicando o Technology Acceptance Model (TAM). Biblionline, UFPB, v.8, n.esp., p.263-272, 2012.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 9. Ed. São Paulo: Pearson, 2011.

SOARES, Alberto M.M. **Análise de objetos a partir da extração da memória RAM de sistema sobre Android runtime**. 130f. Dissertação – Mestrado em Engenharia Elétrica, UNB, 2016.

VALENTIM, Ricardo A.M et al. **Automação hospitalar**: o estado da arte. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde, UFRN, v.2, n.1, p.27-38, 2012.

APÊNDICE A – TRECHOS DE CÓDIGO DA APLICAÇÃO MOBILE

Figura 14 – Método de leitura do acelerômetro

```
public void acelerometro() {
    Log.e("ENFERMAGEM", "CHAMADO");
    if( telaInicial.getBltObj().getLogin() == 1 ) {
        Toast.makeText(getContext(), "CHAMAR ENFERMAGEM", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        telaInicial.getBltObj().makeChange(CMD_BUZZER_ON);
        bancoDeDados = new BancoDeDados(getContext());
        db = bancoDeDados.getWritableDatabase();
        bancoDeDados.gravarLog(db, "ENFERMAGEM", "CHAMADO");
    }
}
```

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 15 – Método de leitura do pulso

```
public void batimentoDetectado(String str){
    qtBpm.setText(str);
    String aux;
    aux = str.substring(0, str.length() - 4);
    verificarBpm(aux);
    telaInicial.getBltObj().setPulso(Integer.valueOf(aux));
    bancoDeDados = new BancoDeDados(getContext());
    db = bancoDeDados.getWritableDatabase();
    bancoDeDados.gravarLog(db, "PULSO", str);
}
```

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 16 – Comandos para controle do *hardware*

```
public static final String CMD_LAMPADA_ON = "COM#00#01:";
public static final String CMD_LAMPADA_OFF = "COM#00#00:";
public static final String CMD_AQUECEDOR_ON = "COM#01#01:";
public static final String CMD_AQUECEDOR_OFF = "COM#01#00:";
public static final String CMD_PORTA_ABERTA = "COM#02#01:";
public static final String CMD_PORTA_FECHADA = "COM#02#00:";
public static final String CMD_COOLER_ON = "COM#04#01:";
public static final String CMD_COOLER_OFF = "COM#04#00:";
public static final String CMD_BUZZER_ON = "COM#08#00:";
public static final String CMD_LOGADO_SIM = "COM#09#01:";
public static final String CMD_LOGADO_NAO = "COM#09#00:";
```

Fonte: Elaborada pela autora

APÊNDICE B – TRECHOS DE CÓDIGO DA APLICAÇÃO SERVER

Figura 17 – Função para conexão com a porta USB

```
void __fastcall TForm1::conectaClick(TObject *Sender)
{
    st = FT_Open(0, &usb); //Abre USB DEV0.
    if(st == FT_OK) //Se OK.
    {
        FT_SetDataCharacteristics(usb, FT_BITS_8, FT_STOP_BITS_1, FT_PARITY_NONE);
        FT_SetBaudRate(usb, FT_BAUD_9600); //Define velocidade bps.
        FT_SetTimeouts(usb, 30, 0);
        conecta->Enabled = false;
        desconecta->Enabled = true;
        MultLinha->Resume(); //Inicia processo.
        CONECTADO = true;
        ArqLog = fopen ("D:\\karen\\log.txt", "r");
        Form1->log->Items->LoadFromFile("D:\\karen\\log.txt");
        fclose(ArqLog);
        FT_Purge(usb, FT_PURGE_RX | FT_PURGE_TX); //Limpa os buffers TX e RX do dispositivo.
    }
    else{
        ShowMessage("Erro ao abrir o dispositivo USB (DEV0).");
    }
}
```

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 18 – Trecho que realiza a leitura dos dados recebidos via USB

```
if(CONECTADO == true) //Se está conectado.
{
    for(int k=0;k<20;k++)
        RxBuffer[k]='k';
    st = FT_Read(usb, RxBuffer, 20, &BytesRecebidos);
    if(st == FT_OK)
    {
        if(BytesRecebidos == 20)
        {
            RxBuffer[BytesRecebidos] = '\0'; //Finaliza string.
            StrComandos = RxBuffer;

            if( memcmp( RxBuffer, "COM:", 4) == 0 ) //Se eh um comando valido
            {
                monitorar(StrComandos);
                StrComandos="\0"; //Limpa string.
            }
        }
    }
}
else{//Se não conectado.
    Sleep(2); //Para não consumir processo da CPU.
}
```

Fonte: Elaborada pela autora

APÊNDICE C – TRECHOS DE CÓDIGO DO MICROCONTROLADOR

Figura 19 – Trecho que altera estado da lâmpada

```

if(login == true){
  strcpy(com,CMD_LAMPADA_ON);
  if(strcmp(buffer_rx,com)==0 && lamp!=1)
  { //SE MANDOU LIGAR A LAMPADA
    output_high(PIN_C5);
    lamp=1;
  }
  else {
    strcpy(com,CMD_LAMPADA_OFF);
    if(strcmp(buffer_rx,com)==0 && lamp!=0)
    { // MANDOU DESLIGAR A LAMPADA
      output_low(PIN_C5);
      lamp=0;
    }
  }
}

```

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 20 – Trecho que lê o sensor de temperatura e umidade

```

disable_interrupts(global);
disable_interrupts(int_rda);//habilita interrupcao de leitura de comando do pc
// faz a leitura da temperatura e da umidade no sensor DHT11
if( DHT11_Read() == 0 ){
  ENV_INS_LCD2(0X89);
  PRINTF( ENV_CHAR_LCD2, "%2u", values[0] );
  ENV_INS_LCD2(0X8B);
  ENV_CHAR_LCD2(" %");
  ENV_INS_LCD2(0XCB);
  PRINTF( ENV_CHAR_LCD2, "%2u", values[2] );
  ENV_INS_LCD2(0XCD);
  ENV_CHAR_LCD2("°C");
  TEMP = values[2];
}
enable_interrupts(int_rda);//habilita interrupcao de leitura de comando do pc
enable_interrupts(GLOBAL);//habilita interrupcoes

```

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 21 – Trecho que envia o estado dos sensores e atuadores

```

//LAMPADA :AQ :PORTA :ENT :COOLER:PESSOAS:TEMP :UMIDADE:LOGADO
printf("COM:00#0%d:01#0%d:02#0%d:03#0%d:04#0%d:05##%02d:06##%02d:07##%02d:09#0%d",
lamp, aq, pt, ENTRADA, resf, C, values[2], values[0], login );

```

Fonte: Elaborada pela autora

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO NA AVALIAÇÃO

- 1- Qual a sua formação profissional?
 Área da Saúde
 Outras áreas

- 2- Você utilizou alguma vez o serviço de internação hospitalar como paciente.
 Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Indiferente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

- 3- Você já trabalhou em algum serviço relacionado a internação hospitalar.
 Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Indiferente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

- 4- De uma forma geral, o sistema é de fácil utilização.
 Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Indiferente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

- 5- Este sistema pode ser útil em um quarto hospitalar no futuro.
 Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Indiferente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

- 6- O sistema cumpre a sua proposta de permitir o controle e o monitoramento dos dispositivos através do aplicativo.
 Discordo Totalmente
 Discordo Parcialmente
 Indiferente
 Concordo Parcialmente
 Concordo Totalmente

- 7- Observações e Sugestões de melhoria: