

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

**Projeto e construção de caixa de medicamentos inteligente
com alerta de horário e histórico de uso**

Jéssica Sales Campos

Orientador: Prof. Alair Dias Júnior

Belo Horizonte, Dezembro de 2017

Monografia

Projeto e construção de caixa de medicamentos inteligente para alerta de horário e histórico de uso

Monografia submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado Didático do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para aprovação na disciplina Projeto Final de Curso II.

Belo Horizonte, Dezembro de 2017

Resumo

O envelhecimento da população provoca diversas mudanças na sociedade e na economia de um país. Uma dessas transformações é referente ao consumo de medicamentos, pois a terceira idade é a camada da população que mais os consome no Brasil. Assim, visando auxiliar no conforto e na manutenção da saúde desses idosos e também aliando às políticas de envelhecimento ativo, este trabalho visa construir um dispositivo eletrônico portátil que avise ao usuário o horário certo de ingerir determinado comprimido, que mantenha um histórico dos horários em que estes foram retirados do equipamento, e que liste os nomes de todos os remédios. Dessa forma, auxilia-se o idoso, seus familiares e médicos. Para alcançar tal objetivo, a metodologia utilizada foi a *Design Science Search*, devido a ênfase dada à relação entre teoria e prática, auxiliada pela Engenharia de Requisitos no tocante aos procedimentos necessários para o desenvolvimento do produto. Como resultado foi obtido um protótipo que contempla o sistema da caixa, para abrigar os medicamentos e gerar os alarmes visuais e sonoros processados pelo Arduino, e o sistema do aplicativo, utilizado para a configuração dos alarmes e para a visualização das listas e históricos de uso, desenvolvido para Android.

Sumário

Resumo	i
Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	v
1 Introdução	1
1.1 Motivação	2
1.2 Formulação do Problema	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Justificativa	3
1.5 Metodologia	3
1.6 Contribuições	4
1.7 Estrutura do Texto	4
2 Revisão Bibliográfica	5
2.1 A tecnologia assistiva	5
2.2 Os medicamentos consumidos por idosos	6
2.3 A TA no uso de medicamentos	8
2.3.1 Os estudos sobre caixas de medicamentos inteligentes	10
3 Materiais e métodos	13
3.1 Design Science Research	13
3.2 Engenharia de Requisitos	14
3.2.1 Características dos usuários	15
3.2.2 Pesquisa de mercado	15
3.2.3 Descrição funcional	17
3.2.4 Requisitos do sistema	17
3.2.5 Ambientes de desenvolvimento	19
3.2.6 Componentes de desenvolvimento	19
3.3 Decisões de projeto	19
3.3.1 A caixa para medicamentos	20
3.3.2 Android Studio	20
3.3.3 SQLite	20
3.3.4 Sensor magnético reed switch	20
3.3.5 Arduino Nano	21
3.3.6 Módulo RTC DS1307	21

3.3.7	Módulo bluetooth HC-05	22
4	Desenvolvimento e verificação	23
4.1	Sistema da caixa	23
4.1.1	Estórias	25
4.1.1.1	Contar a passagem do tempo	25
4.1.1.2	Salvar as configurações de cada compartimento	25
4.1.1.3	Acionar alarme no horário correto	26
4.1.1.4	Desligar alarme e gravar histórico de uso do remédio	26
4.1.1.5	Receber as configurações dos remédios via Bluetooth	27
4.1.1.6	Enviar o histórico de uso dos remédios via Bluetooth	28
4.1.2	Verificações	28
4.2	Sistema do aplicativo	31
4.2.1	Estórias	31
4.2.1.1	Apresentar telas intuitivas	31
4.2.1.2	Inserir, editar e desativar medicamentos	33
4.2.1.3	Listar medicamentos	33
4.2.1.4	Mostrar histórico dos medicamentos	33
4.2.1.5	Enviar os horários e receber o histórico dos remédios via Bluetooth	34
4.2.2	Verificações	34
5	Conclusão	36
5.1	Considerações finais	36
5.2	Propostas de continuidade	37
Referências Bibliográficas		38
A	Questionário da pesquisa de mercado	40
B	Esquemáticos	41
C	Fluxogramas	42

Lista de Figuras

2.1	Patente US 4717042 A	9
2.2	Medisafe	9
2.3	GMS Med-e-lert Automatic Pill Dispenser	10
2.4	MedCenter System Monthly Organizer Pill	10
2.5	Modelo do protótipo do recipiente microcontrolado	11
2.6	Modelo do protótipo do sistema de alarmes	11
2.7	Modelo do Protótipo do Medpill	12
3.1	Casos de uso dos sistemas	17
3.2	Modelo da caixa de remédios escolhida	20
4.1	Estrutura do código padrão do Arduino no Web Editor	24
4.2	Conexões módulo RTC - Arduino Nano	25
4.3	Conexões módulo Bluetooth HC-05 - Arduino Nano	27
4.4	Teste no software Realterm	30
4.5	Testes no aplicativo Bluetooth spp pro	30
4.6	Imagens do protótipo	31
4.7	Telas do aplicativo	32
4.8	Degug do aplicativo	35
B.1	Esquemático utilizando Arduino do sistema da caixa	41
C.1	Fluxograma do funcionamento do sistema	42
C.2	Fluxograma do funcionamento do aplicativo	43

Lista de Tabelas

3.1	Correspondência dos passos do DSR aos capítulos desse trabalho	14
3.2	Etapas pesquisa de mercado	15
3.3	Perguntas sim/não da pesquisa de mercado	16
3.4	Especificações Arduino Nano	21
3.5	Especificações HC-05	22
4.1	Organização do preenchimento da EEPROM	27
4.2	Roteiro de verificações do sistema da caixa	29
4.3	Roteiro de verificações do sistema do aplicativo	34

Capítulo 1

Introdução

Nas últimas décadas, a população brasileira começou a envelhecer, e de acordo com as previsões da Secretaria de Direitos Humanos (SDH) [1], em 2050 cerca de 30% da população brasileira será constituída de idosos, o que proporciona diversas mudanças sociais e econômicas. Haverá uma diminuição da população economicamente ativa (PEA) e um aumento nos gastos com saúde, mais medicamentos, serviços e assistências médicas serão utilizados por essa camada da população. São necessários investimentos em tecnologias e soluções que promovam a independência, qualidade de vida e a saúde destes idosos. O uso da tecnologia assistiva é uma das soluções já apresentadas, abrangendo também aqueles que possuem alguma deficiência. De acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), instituído pela portaria no 142 de 16/11/2006,

"Tecnologia Assistiva (TA) é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social." [2]

Dispositivos e soluções tecnológicas existentes são, na maioria das vezes, de alto custo e inacessíveis à grande parcela da sociedade brasileira. Mais do que isto, ainda são poucos os produtos desenvolvidos para auxiliar a vida diária no tangente aos cuidados médicos, principalmente no que diz respeito ao uso correto dos medicamentos. Dessa forma, aqueles que precisam ingerir um grande número de pílulas, como por exemplo os idosos, dependem de sistemas manuais, como listas para se lembrarem de todos os medicamentos usados e anotações nas embalagens dos remédios informando os horários e para que servem. E as vezes, a ajuda externa de familiares ou cuidadores se faz extremamente necessária. Assim, o tema desse trabalho é o desenvolvimento de um sistema de baixo custo e de simples utilização para auxiliar idosos na ingestão dos medicamentos no horário correto, mantendo o histórico desses horários bem como de quais medicamentos foram usados, para o acesso por médicos e familiares, a fim de proporcionar um melhor controle da saúde desses idosos.

1.1 Motivação

Atualmente é possível encontrar diversos aplicativos para auxiliar no lembrete de medicamentos, mas estes apenas fornecem o nome de qual remédio deverá ser tomado naquele horário determinado. Não há garantias que o indivíduo o tomou ou não, e se o fez corretamente.

A principal motivação para o desenvolvimento desse sistema é a falta de gerenciamento desses medicamentos pela parcela da população que mais os consomem. Estima-se que 23% da população absorvem 60% da produção nacional de medicamentos, sendo que mais de 80% dos idosos tomam, no mínimo, um medicamento diariamente [3]. Na maioria dos casos, essas pessoas não sabem dizer ao certo quais foram tomados naquele dia, quais são usados periodicamente ou se a medicação foi realizada no horário correto. O bom funcionamento do remédio está associado a diversos fatores que muitas vezes são desconsiderados no momento da ingestão, por descuido, falta de conhecimento do seu funcionamento no organismo ou das consequências das interações, dificultando a investigação do porquê de o resultado esperado daquela medicação não ter sido alcançado.

1.2 Formulação do Problema

O presente trabalho pretende responder à pergunta:

Um produto tecnológico portátil para lembrar e registrar o uso de medicamentos pode auxiliar idosos, familiares e médicos nos cuidados com a saúde?

A automação, amplamente difundida nos meios industrial e comercial pelo uso de tecnologias de ponta e de gerenciamento, será utilizada em prol da vida diária da população. Assim, suas técnicas e as das áreas de eletrônica e computação possibilitarão a construção do equipamento e a obtenção de dados, que serão a base para que os conhecimentos gerenciais sejam aplicados, exibindo tabelas e listas no que se refere à ingestão de medicamentos daquele indivíduo.

1.3 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é construir um dispositivo eletrônico portátil que avise ao usuário o horário certo de ingerir determinado comprimido e mantenha um histórico dos horários em que estes foram retirados do equipamento e do nome desses remédios.

Para facilitar no direcionamento da pesquisa foram elaborados e listados os objetivos específicos:

1. Fazer uma revisão da literatura, englobando o problema da ingestão incorreta dos medicamentos e analisando os dispositivos eletrônicos já existentes;
2. Fazer uma pesquisa de mercado para levantamento de requisitos para o produto;
3. Desenvolver um protótipo do equipamento e da interface para acesso aos dados gravados.

1.4 Justificativa

A importância deste trabalho se reflete em fornecer informações precisas sobre o uso de medicamentos, no que se refere à ingestão de comprimidos. O lembrete de horários aumenta a independência de idosos e o histórico ajuda a verificar o cumprimento da prescrição médica.

Por meio de observações e de uma pesquisa preliminar, foi observado que algumas pessoas têm que ingerir diversos remédios ao longo do dia, seja devido à idade avançada, à alguma doença adquirida ou condição especial, e essa quantidade se mostra como um problema. Como elas não possuem nenhum equipamento inteligente que possa fornecer auxílio nessa atividade, que é essencial para a manutenção ou melhora da saúde, podem esquecer de ingerir algum medicamento ou fazê-lo em horários inadequados, ou ainda, podem deixar de sair de casa com medo de que, se a rotina não for seguida, o remédio não irá ser tomado. O principal problema observado é devido à falta de memória, o que faz com que dependem de outras pessoas ou de sistemas criados por eles mesmos para tomarem o medicamento no horário correto. Na maioria dos casos, tais sistemas podem ser simplificados ao ato de colocar todos os remédios em um mesmo local e se acostumar com a rotina de tomá-los sempre no mesmo horário. No entanto, nem sempre é prescrito que todos os comprimidos devam ser tomados juntos ou no mesmo horário e assim há um comprometimento no tratamento. Dessa forma, a ideia da caixa de medicamentos inteligente surgiu para tentar resolver esse problema.

1.5 Metodologia

O tema do trabalho foi definido a partir de pesquisas que mostraram que no exterior existem muito mais produtos do que no Brasil sendo comercializados no intuito de proporcionar uma vida ativa e independente à população idosa. Essa pesquisa envolveu tanto a busca de produtos e notícias relacionadas ao assunto como a de artigos, periódicos, dissertações e teses. Uma vez que a “vida ativa e independente” é algo buscado por diversos grupos com alguma limitação psicológica ou física, o tema se enquadra no âmbito da tecnologia assistiva. Fazendo a interseção dessa lacuna com o número de remédios que essa camada da população tem que tomar, foi determinado para qual problema seria buscada uma solução.

O desenvolvimento do trabalho será baseado tanto em pesquisa acadêmica quanto em pesquisa de mercado. Uma revisão bibliográfica auxiliará na compreensão do que já foi feito e como foi feito, principalmente observando-se as limitações correlacionadas ao público alvo em questão, dificuldades com novas tecnologias, a usá-las ou aceitá-las, ao tamanho e a interação com a interface. Dessa forma a pesquisa de mercado complementará o estudo do que a população precisa e de como precisa.

A construção será baseada na pesquisa dos componentes, que possibilitem um produto simples e barato, que haja comunicação de dados, uma interface intuitiva do equipamento e da plataforma responsiva onde serão apresentados os gráficos de uso do medicamento. O processamento não é fator limitante haja vista que as funções a serem realizadas não são complexas e nem em tempo real. A tecnologia de programação empregada deverá ser leve e atual.

1.6 Contribuições

A principal contribuição deste trabalho para a sociedade é a construção de um dispositivo para melhor controle e gerenciamento dos medicamentos, para auxiliar no tratamento ou na manutenção da saúde de idosos ou deficientes que buscam uma vida ativa e independente. Além desta contribuição principal, também são contribuições deste trabalho:

1. A pesquisa de mercado, indicando as expectativas dos usuários com relação à ideia do produto desenvolvido;
2. A revisão bibliográfica, englobando os dispositivos mais recentemente comercializados e os principais conceitos necessários ao desenvolvimento do trabalho;
3. O desenvolvimento de um protótipo de produto tecnológico.

1.7 Estrutura do Texto

O trabalho está dividido em cinco capítulos. Este capítulo apresentou uma introdução ao projeto a ser descrito nesta monografia, expondo brevemente as questões que o envelhecimento da população trazem à tona. O Capítulo 2 descreve a conjuntura atual sobre o tema, os motivos já pesquisados sobre a dificuldade do cumprimento da prescrição médica, os dispositivos eletrônicos existentes no mercado e todos os conceitos necessários para um melhor entendimento do projeto. O Capítulo 3 aborda a metodologia de desenvolvimento do produto, o *Design Science Research*, auxiliada pela Engenharia de Requisitos, e também as principais decisões de projeto. No Capítulo 4 discorre-se sobre as etapas de desenvolvimento do *hardware* e implementação do *software* da interface e os testes realizados para verificação. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais, uma conclusão geral sobre o trabalho e as sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão abordados todos os conhecimentos necessários para o desenvolvimento do projeto, como exemplos de tecnologias assistivas e seus benefícios e os problemas envolvendo o alto número de medicamentos receitados aos idosos, explicando como esses dois assuntos se conectam e os produtos ou projetos desenvolvidos na área.

2.1 A tecnologia assistiva

Nas sociedades ocidentais, duas características estão cada vez mais evidenciadas: a baixa taxa de nascimento e o aumento da longevidade. Tais fatores promoveram diversas pesquisas no âmbito do envelhecimento saudável e do uso de tecnologias para que isso seja possível, e algumas serão apresentadas nesta seção.

No estudo de Schülke [4] foi analisada a criação, na União Europeia, de um programa de “envelhecimento ativo” no qual se utiliza pesquisas e inovações sociais para promover conhecimento, disposição e motivação para os mais velhos não se acomodarem e adoecerem, além de continuarem economicamente ativos. O programa promoveu o uso da TA subdividida em dois grupos. O primeiro grupo (AAL, do inglês *Ambient Assisted Living*) é baseado em conceitos, produtos e serviços para melhorar a qualidade de vida dos idosos; o segundo (AAT, do inglês *Ambient Assistive Technologies*), para conter os riscos potenciais da vida diária dentro de casa. Um exemplo de projeto do grupo de AAT ALADIN (do inglês, *Ambient Lighting Assistance for an Ageing Population*), que aborda problemas enfrentados pelos idosos relacionados à iluminação e objetivando criar um sistema adaptativo capaz de melhorar as condições de luminosidade nas residências dessas pessoas.

Observando projetos de AAL e AAT, do programa “envelhecimento ativo”, Schülke pôde verificar que os objetivos principais da TA são: garantir a segurança e o bem-estar; reduzir a dependência aos serviços dos cuidadores de idosos; fornecer informativos em tempo real por meio de sensores de posição e locomoção; fornecer guias de execução das tarefas diárias, lembretes para se exercitarem, ingerir remédios e outras necessidades do dia; e, inferir o nível do sistema cognitivo baseado na performance ou monitoramento das atividades diárias. Sistemas relacionados à segurança são facilmente encontrados, no entanto, sistemas de acompanhamento e assistência diária ainda são apenas protótipos, como é o caso do presente trabalho.

Ressaltou-se ainda a necessidade de pesquisas no que tange às carências, aos pedidos e à aceitação dos idosos para que seja possível criar tecnologias que serão realmente utilizadas,

direcionando para a construção de soluções que aumentassem a qualidade de vida tanto de idosos como dos mais novos, promovendo saúde social, física e psicológica, como defende a Organização Mundial da Saúde (OMS, ou WHO, do inglês *World Health Organization*). Também deve-se atentar para a privacidade e a proteção dos dados, pois a perda ou a alteração destes podem causar danos ao usuário. Alguns princípios éticos, do livro de Beauchamp [5], devem ser destacados: o de não gerar danos à quem usa a tecnologia; o de acordar o uso aos valores, desejos e ambições do indivíduo, assegurando sua autonomia; o do bem-estar; e, da igualdade e justiça.

Analizando a aceitação e as necessidades dos usuários da TA, Mao [6] mostrou no seu estudo um conjunto de testes realizados com cuidadores de pacientes com demência. Ele buscou analisar qual o nível de aceitação de mais de 80 tecnologias assistivas existentes. Os pontos que mais foram levados em consideração pelos usuários foram se a TA: 1) permite a prevenção seletiva de acidentes 2) tem uma interface intuitiva 3) é familiar; e 4) oferece facilidade de uso e simplifica as atividades. Tais pontos servirão de grande ajuda para o desenvolvimento deste trabalho.

Limitando para 15 TAs, uma análise quantitativa foi feita por Domenig [7] para estabelecer um *ranking* do quanto útil elas se apresentam na prática. Esse trabalho foi realizado com cerca de 50 cuidadores informais, o que inclui familiares, que consideraram uma escala variando de um a cinco no grau de utilidade das tecnologias. Considerando o valor de mercado desses produtos na ponderação das notas, o dispositivo com o maior índice de aceitação foi o *Door Guard*, um alarme que anuncia quando a porta se abre, qual porta e por quanto tempo ficou aberta; em seguida o *smartphone* e em terceiro, o *Shower Nozzle* que controla a temperatura da água no chuveiro deixando-a constante. O dispositivo eletrônico para alertar sobre medicamentos ficou em sétimo lugar, juntamente com outros cinco produtos. Um ponto a ser destacado nesta pesquisa é que a falta de uso é devida, principalmente, pela falta de conhecimento (ou acesso) a tais dispositivos. Dessa forma, deve-se atentar para que o protótipo a ser desenvolvido seja um produto com preço acessível e que sua promoção seja feita nos locais e da maneira apropriada para que atinjam o público alvo, os idosos.

De acordo com uma revisão do tema feita no Brasil por Andrade [8], a aquisição de independência e o incremento da qualidade de vida são frequentemente relatados como consequência do uso da TA pelos idosos fragilizados. Há ainda diversos outros benefícios relacionados, como melhora no desempenho funcional, economia no gasto de energia e de tempo para completar uma tarefa da vida diária, prevenção ou diminuição do risco de quedas e fraturas e a minimização dos déficits relacionados às mudanças características do envelhecimento. Os cuidadores também se beneficiam da TA, pois sentem-se seguros quando o idoso utiliza de tais ferramentas.

2.2 Os medicamentos consumidos por idosos

Tendo em vista o aumento do número de idosos e pessoas com deficiência que podem se beneficiar com o uso de tecnologias assistivas, sabe-se que muitas delas precisam ingerir uma grande quantidade de medicamentos para cuidarem de sua saúde. Na pesquisa desenvolvida por Flores [9] no sul do Brasil, foi identificado que 33% dos idosos haviam usado medicamentos sem consultar um médico e 16% olharam receitas antigas para buscar medicamentos prescritos anteriormente. Além disso, três foi o número médio de medicamentos utilizado

por pessoa, sendo que 27% dos entrevistados apresentaram polifarmácia¹. O estudo mostra que os remédios para doenças cardiovasculares são os mais utilizados, como esperado, já que tal enfermidade é uma das principais causas de mortalidade em indivíduos com mais de 65 anos. O consumo de analgésicos e de medicamentos envolvendo o aparelho digestivo mostrou-se elevado, o que merece atenção quanto a possíveis interações medicamentosas e seus efeitos indesejados.

Muitas vezes a dificuldade de compreensão das receitas médicas, falta de posologia², até o grande número de medicamentos prescritos causam a falta de aderência ao tratamento indicado. Segundo Pecly, no caso de estudos realizados em pacientes no tratamento de doenças crônicas, caso o regime de ingestão de medicamentos oferecido interfira nas atividades, estilo de vida e hábitos alimentares do paciente (necessidade de se tomar os medicamentos em jejum ou com refeições) ou quando o esquema terapêutico apresenta efeitos colaterais há a diminuição na adesão ao tratamento [10]. Além disso, à medida que a complexidade (número de drogas, número de comprimidos e número de doses ao dia) e a duração do esquema proposto aumenta, a adesão também diminui. Assim, tecnologias que facilitem a interação com a medicação e disponibilize informações podem reverter esse caso.

Ainda de acordo com esse estudo, foi constatado que 39% das prescrições médicas continham três medicamentos ou mais por receita; 40% não descreveram a posologia; 71% continham associações e 68% do total de receitas não utilizaram a nomenclatura em Denominação Comum Brasileira (DCB)³. A falta de posologia pode gerar desde a não obtenção dos benefícios esperados até o surgimento de graves problemas, como efeitos colaterais e a sobra de medicamentos que serão utilizados por conta própria em um momento futuro. A falta da nomenclatura DCB afeta a obtenção do medicamento, pois caso o nome de marca prescrito não esteja disponível na farmácia ou este seja muito caro, os pacientes têm receio em aceitar genéricos ou os indicados pelos farmacêuticos, prejudicando de forma acentuada o tratamento.

Uma pesquisa sobre uso de medicamentos por idosos aposentados realizado por Ribeiro [11], investigou a relação entre o gênero e os medicamentos em Belo Horizonte. O resultado apresentou as mulheres como maiores consumidoras de medicamentos, sejam eles prescritos ou não prescritos, provavelmente devido à maior expectativa de vida da mulher, em relação ao homem, no Brasil. Em números, a média de consumo é de 4,6 produtos para elas e 3,3 para eles. Também foi observado que elas utilizam mais analgésicos, antirreumáticos e psicotrópicos e os homens utilizam mais agentes trombolíticos, cardioterápicos e antiasmáticos. Esse cenário pode ser parcialmente explicado pelo perfil de morbidade diferenciado entre homens e mulheres na terceira idade: maior prevalência de doenças osteo-articulares e depressão relatada entre as mulheres e de infarto entre os homens, como já é conhecido. Ribeiro comparou esses dados com os de países desenvolvidos como Inglaterra, Finlândia e Espanha e percebeu que os grupos terapêuticos mais utilizados foram semelhantes, além da grande utilização de medicamentos por pessoas com 60 anos ou mais de idade.

Outro ponto a ser destacado na investigação de Ribeiro é que maioria dos medicamentos

¹Polifarmácia é a administração concomitante de diversos medicamentos (5 ou mais, ou 1 medicamento desnecessário ao tratamento) por um mesmo indivíduo, que pode acarretar no risco de interações medicamentosas e possibilidade de aumento dos efeitos colaterais

²Posologia é a forma de utilizar os medicamentos, ou seja, o número de vezes e a quantidade de medicamento a ser utilizada a cada dia.

³DCB é a denominação do fármaco ou princípio farmacologicamente ativo aprovada pelo órgão federal responsável pela vigilância sanitária (Lei n.º 9.787/1999).

utilizados foi recomendada pelos médicos (89%), apesar de que as mulheres tenderiam a utilizar com maior frequência medicamentos para tratar sintomas ou adquiridos sem prescrição médica, tais como analgésicos, suplementos vitamínicos, antiácidos e relaxantes musculares. De um modo geral, os indivíduos mais idosos, com pior percepção de saúde, que estiveram acamados nos 15 dias anteriores à entrevista, com maior número de consultas médicas e de doenças relatadas, com histórico de internação no ano anterior e com afiliação a plano de saúde privado são os que têm uma média maior de medicamentos em uso.

Dessa forma surge a questão sobre o uso de medicamentos: os remédios comprados e utilizados são aqueles indicados pelos médicos, mas todos os prescritos são comprados e usados? De acordo com uma pesquisa feita em Porto Alegre por Hoffmeister [12], 33,4% dos entrevistados deixaram de seguir sua prescrição pelo esquecimento, 25% por descuido com os horários de administração, 23,3% interrompiam o seu tratamento pela melhora dos sintomas e 26,4% aumentavam a quantidade de fármacos pela piora dos sintomas. Tanto a descontinuação do tratamento quanto a própria não aderência repercutem em um grande impacto no resultado do tratamento. Percebe-se que quase 60% dos idosos questionados por essa pesquisa seriam beneficiados com o protótipo de alerta de horários dos remédios proposto nesta monografia.

Realizado em Portugal, o estudo de Sousa [13] corrobora com esses percentuais. Os idosos citaram como principais problemas na administração da medicação: as dificuldades econômicas, em 59% dos casos e o esquecimento, em 47%. Apesar de terem enunciado dois fatores maioritários, verificou-se que apenas o esquecimento afeta o nível de adesão à terapêutica e ele pode ter vários fundamentos: fatores emocionais ou problemas clínicos, deterioração das funções cognitivas ou ainda a efeitos de outros medicamentos. O esquecimento pode efetivamente constituir-se em um problema sério, principalmente se for considerado o fato de que quase 50% dos idosos da amostra vivem sozinhos, fato que se soma à justificativa para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.3 A TA no uso de medicamentos

O controle dos medicamentos e sua distribuição é um dos modos de se auxiliar pacientes no tratamento ou manutenção de sua saúde. Na busca pela literatura de produtos que possuem esse objetivo, foram encontrados patentes, produtos no comércio online e protótipos.

A patente mais antiga de um distribuidor de medicamentos para cuidados domiciliários que pode ajudar os pacientes a tomar medicamentos em doses e em intervalos conforme prescrito é datada de 1988 [14]. O dispositivo (figura 2.1) consiste em uma bandeja com uma tampa com aberturas individuais para a retirada dos medicamentos. O controle dos horários é feito através de um microcontrolador mantido dentro do recipiente. Apesar de quase 30 anos da ideia, ainda são encontrados poucos modelos baseados nessa patente no comércio.

No mercado exterior, vários modelos de diferentes preços são comercializados, e foram destacados três deles para análise. O primeiro, o *Medisafe* (figura 2.2), constitui-se como um frasco de remédio, chamado de iCap, com uma tampa *wireless* que se conecta ao aplicativo e avisa ao paciente a hora de tomar o medicamento e aos familiares que a pílula foi consumida [15]. Ele também oferece a caixa de dias da semana, chamada de iSort que exerce a mesma função. Como todas as caixas organizadoras encontradas no mercado, a iSort requer que o usuário separe os medicamentos por dia e a cada semana, um trabalho que pode desestimular o uso do produto. Além disso, possui apenas um horário para alerta e retirada daqueles

comprimidos do compartimento. O iCap resolve o problema de dedicar um certo tempo para a organização das pílulas e é portátil, mas como são frascos cilíndricos e separados uns dos outros, ele pode rolar e o idoso pode acabar o perdendo.

U.S. Patent Jan. 5, 1988 Sheet 1 of 2 4,717,042

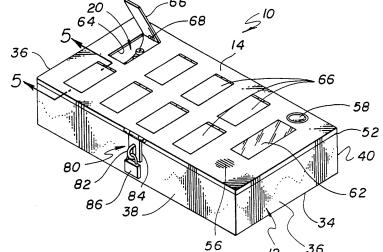


FIG. 1

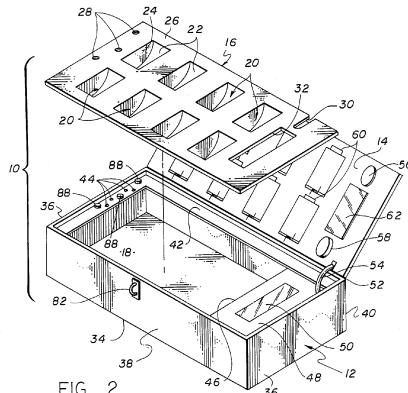


FIG. 2

Figura 2.1: Patente US 4717042 A



Figura 2.2: Medisafe

O *GMS Med-e-lert Automatic Pill Dispenser* (figura 2.3), contém 28 recipientes e seis horários programáveis, em cada abertura cabem cerca de 18 medicamentos dependendo de seus tamanhos, a tampa abre completamente para que as pílulas sejam depositadas e tem uma chave de bloqueio para que o paciente não accesse os outros medicamentos [16]. No entanto, para retirar os comprimidos no horário alertado, deve-se apenas virar o produto de cabeça para baixo, o que pode fazer com que as pílulas caiam no chão ou que crianças facilmente tenham acesso a esses remédios. Além disso, apresenta o mesmo problema da organização prévia, levantado para o iSort. E caso se tome dois medicamentos por dia, o produto atenderá 14 dias, pois cada compartimento deve ser preenchido com medicamento para um horário específico. Ele atende até quatro horários por dia, diminuindo para uma semana a sua capacidade de atendimento.

O *MedCenter System Monthly Organizer Pill* (figura 2.4), comporta 31 caixas, subdivididas internamente em *Morning, Noon, Evening, Night*, que numa tradução para a realidade brasileira significaria manhã, almoço, jantar e antes de dormir [17]. Os recipientes são preenchidos no início do mês e colocados com a cor verde para cima, a cada dia que o remédio é consumido, o recipiente deve ser colocado com a cor vermelha para cima. O aviso de lembrete para tomar as pílulas é como um despertador e com uma voz gravada pedindo para que se tome a medicação daquele dia. Dos apresentados, este e o iCap são os únicos que

realmente atendem o período de um mês. Um problema que pode ser levantado para o *Med-Center System* é o de um dos medicamentos mudar no meio do mês, o que trará retrabalho de organização. Outra questão é que como o produto é importado, a voz de alarme emite sons em inglês e não é ajustável.



Figura 2.3: GMS Med-e-lert Automatic Pill Dispenser



Figura 2.4: MedCenter System Monthly Organizer Pill

No Brasil, o produto comercializado encontrado foi o *Alertmed - Dispensador eletrônico de medicamentos*, que funciona exatamente como o *GMS Med-e-lert Automatic Pill Dispenser*.

E ainda, têm-se como exemplares de dispositivos que auxiliam na tarefa de tomar os medicamentos, os aplicativos de *smartphone*. Estes são usados apenas como lembretes de quais medicamentos e em quais horários devem ser ingeridos, deixando o paciente responsável por encontrar o medicamento em seus pertences. Alguns exemplos podem ser citados: *Medisafe lembrete de medicação* utilizado em conjunto com o dispositivo apresentado anteriormente; *Hora do remédio!*; e, *Alerta medicação*.

2.3.1 Os estudos sobre caixas de medicamentos inteligentes

Apesar do baixo número de produtos deste gênero comercializados no Brasil, eles têm sido alvo de estudos e trabalhos acadêmicos. Em 2008, Sousa [18] apresentou no XII INIC - Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, um protótipo de um recipiente portátil para armazenamento dos medicamentos e microcontrolado, com diversos temporizadores para avisar os horários de os ministrar. Foi utilizado um painel digital para que qualquer pessoa possa programar os alarmes e ver em qual divisória está a medicação. Objetivando-se um produto de baixo custo, como pode ser visto na figura 2.5, foi escolhido o microcontrolador PIC 16F877A, um organizador comercial com divisórias feito de plástico semitransparente, o display de cristal líquido (LCD do inglês, liquid crystal display), o relógio em tempo real (RTC – Real Time Clock) DS1307 da Maxim, para possibilitar que o microcontrolador exerça outras tarefas, e um sensor magnético simples do tipo reed switch para indicar se o compartimento está aberto ou fechado.

Em busca da portabilidade, o dispositivo atende a poucos medicamentos, no máximo quatro e apenas para um dia. "No caso do medicamento ser utilizado várias vezes ao dia, o compartimento deverá receber o número de comprimidos que indica cada um dos alarmes, e o microcontrolador contará o número de vezes que o compartimento foi aberto que deverá ser o mesmo dos alarmes pré-programados" [18]. O painel LCD para configuração e visualização

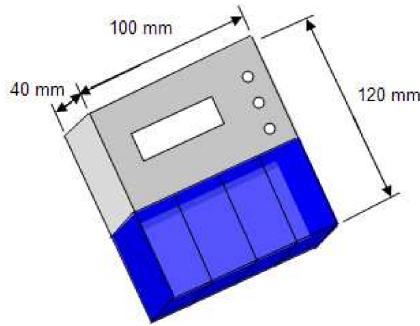


Figura 2.5: Modelo do protótipo do recipiente microcontrolado [18]

permite que seja um produto que não precise de outros para configurá-lo, porém os botões e a tela são pequenos e é necessário treinamento para utilizá-lo. Ele permite o armazenamento dos medicamentos e o alerta no horário especificado para ingeri-los, mas não possui nenhuma função de gerenciamento.

Em 2011, Roselane Martins [19] também buscou implementar um protótipo funcional de um equipamento que possibilitasse o controle na utilização de medicamentos por idosos na sua monografia. O aparelho desenvolvido também era portátil e com a função de alertar ao usuário, em horários previamente configurados, o momento de se tomar um medicamento, como pode ser visto na figura 2.6. Para a construção do hardware foi utilizado o PIC 18F452, um LCD, teclados matriciais e um buzzer. As informações sobre nome do remédio, dosagem (quantidade) e seu tipo (comprimido, ml, unidades ou gotas) são mostradas no display, sendo possível cadastrar até 10 medicamentos. O software disponibiliza as seguintes funções: cadastrar medicamento, editá-lo, excluí-lo, verificar a lista de medicamentos não ingeridos, ajustar de relógio e verificar as informações do medicamento no momento do seu alarme.



Figura 2.6: Modelo do protótipo do sistema de alarmes [19]

Nesse trabalho, pode-se perceber que a principal preocupação foi desenvolver um produto para pessoas que não estão acostumadas com tecnologia, como os idosos, para que pudessem desfrutar dos benefícios de um alerta automático de remédio, com as informações corretas sobre dosagem e possibilidade de acesso a informações dos que não foram tomados. Assim foi fornecida a opção de um produto de simples uso, parecido com os que já estavam acostumados, como os controles remotos, e menos com celulares, e nem necessitando do uso destes. O problema encontrado é que não fornece a opção de acondicionamento dos

medicamentos e que a lista de medicamentos não ingeridos somente é visualizada no display.

Avançando nos anos, em 2016, no XXII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web foi apresentado por Rodrigues, Kronbauer e Araujo [20], um projeto que visava disponibilizar um sistema eficiente para processar as informações fornecidas pelo cuidador e mantê-lo informado do sucesso da administração em cada horário programado, além de armazenar e dispensar medicamentos ao longo do dia. Os medicamentos são depositados na caixa da figura 2.7, que se comunica via *Wifi* à pulseira de sinalização sensorial e ao aplicativo. A caixa foi construída através de uma impressora 3D e contém um *Raspberry Pi* (para a inserção dos parâmetros no banco de dados e o controle dos horários de liberação das cápsulas) e quatro motores controlados por um Arduíno (para o sistema de liberação das cápsulas). Além disso, possui quatro botões coloridos representando cada um dos tubos, que se acendem para evidenciar o momento da tomada de remédio e só quando pressionados liberam o medicamento e registram esse momento para o controle. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma Intel XDK, no modo multiplataformas e possui duas interfaces, a do paciente e a do cuidador. A primeira possui a função de alertar o horário e de liberar a saída do medicamento da caixa, através de um botão, simulando o presente na caixa. E a segunda, fornece a função de cadastro dos medicamentos que estão sendo administradas pelo paciente e do gerenciamento deles. A pulseira vibra no horário de ingestão do medicamento e só para quando o botão para liberação das cápsulas na caixa central ou no aplicativo for pressionado.



Figura 2.7: Modelo do Protótipo do Medpill [20]

A principal preocupação deste trabalho era reduzir a possibilidade de falhas como o esquecimento ou superdosagem na administração dos medicamentos e ser uma ferramenta de auxílio ao cuidador de idosos. Para a primeira questão foi utilizado o botão para garantir que apenas um comprimido fosse entregue por tubo. E para a segunda o uso do aplicativo na interface cuidador. Embora integre diversos módulos, aplicativo, pulseira e caixa, ele não permite a independência do idoso, pois necessita que a todo momento o cuidador esteja configurando e monitorando o uso. Tal ferramenta é interessante para um público mais dependente e que a presença do cuidador é indispensável. Outra questão a ser levantada é a da portabilidade, que não seria possível com essa caixa de quatro tubos. E caso fossem necessários mais medicamentos, provavelmente seria exigido mais tubos.

Capítulo 3

Materiais e métodos

O presente projeto teve como objetivo construir um dispositivo, a partir de embasamentos teóricos, unindo análise (compreensão e explicação do que existe) e a síntese (aplicação do conhecimento e construção do que não existe) [21] para solucionar o problema da ingestão correta de medicamentos. Dessa forma, a metodologia escolhida para ser seguida foi o *Design Science Research*, devido à ênfase dada à relação entre teoria e prática. Para uma abordagem sistemática de desenvolvimento do produto, foram utilizados procedimentos da Engenharia de Requisitos, que é o processo de descobrir, analisar, documentar e verificar serviços e restrições [22].

3.1 Design Science Research

As pesquisas orientadas ao conhecimento multidisciplinar estão preocupadas em resolver problemas complexos relevantes, que consideram o contexto em que seus resultados serão aplicados, definindo essa metodologia como prescritiva. Em outras palavras, “a Design Science Research (DSR) se constitui em um processo rigoroso de projetar artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando, e comunicar os resultados obtidos” [23].

Para que a solução desse problema possa ser utilizada posteriormente, ela precisa estar inserida numa classe de problemas possibilitando avanços na área, porque deve ser passível de generalização. Essa classe de problemas é um conjunto de artefatos com características comuns, e estes são os resultados específicos para cada problema.

Os artefatos possuem quatro tipos: constructos, modelos, métodos e instanciações [23]. Os constructos referem-se aos conceitos dentro de um domínio de conhecimento. Os modelos descrevem situações, como as coisas são, utilizando o tipo anterior. Os métodos são conjuntos de algoritmos para executar uma tarefa, são utilizados para traduzir um modelo em passos para a resolução de um problema. As instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam, pois informam como implementar ou utilizar esses artefatos e seus possíveis resultados.

Os passos do processo da Design Science Research são: conscientização, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão. A correspondência deles com os capítulos desse trabalho, bem como a explicação do que deve ser tratado naquele passo está presente na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Correspondência dos passos do DSR aos capítulos desse trabalho

Passo	Capítulo	Descrição
Conscientização	1	Deve-se formalizar o problema, entender suas repercussões e fronteiras (ambiente externo), identificar quais objetivos são necessários para que o problema seja considerado satisfatoriamente resolvido
Sugestão	2 e 3	Trata do processo criativo, no qual se realiza uma revisão sistemática da literatura para entender o estado da arte, se desenvolvem alternativas de artefatos para a solução do problema e se explicitam a fundamentação das escolhas no intuito de evidenciar sua rastreabilidade.
Desenvolvimento	4	Corresponde ao processo de construção do artefato funcional, como algoritmos computacionais, protótipos, maquetes e a formalização de artefatos já existentes.
Avaliação	4	É “o processo rigoroso de verificação do comportamento do artefato no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções que se propôs alcançar”[23], para isso “é necessário: i) explicitar o ambiente interno, o ambiente externo e os objetivos clara e precisamente; ii) explicitar como o artefato pode ser testado; e iii) descrever os mecanismos que medem os resultados” [23]. Deve-se atentar ao fato de que a validade científica (rigor na concepção e condução da pesquisa) não garante validade pragmática (eficácia e efetividade nas organizações) que é o objetivo da avaliação.
Conclusão	5	Consiste na formalização geral do processo e sua comunicação às comunidades acadêmica e de profissionais.

Além de funcionar como base para o desenvolvimento do presente trabalho, a tabela 3.1 auxilia na sua finalização, garantindo que todos os passos do processo foram realizados de acordo com os princípios da metodologia Design Science Search.

3.2 Engenharia de Requisitos

Os requisitos de um sistema são as descrições do que o sistema deve fazer, os serviços que oferece e as restrições a seu funcionamento. Eles refletem as necessidades dos clientes para um sistema que serve a uma finalidade determinada e podem ser classificados como funcionais ou não-funcionais [22]. Os requisitos funcionais são declarações de serviços que o sistema deve fornecer, de como o sistema deve reagir e se comportar em situações específicas e também podem explicitar o que o sistema não deve fazer. Os requisitos não funcionais são restrições aos serviços ou funções oferecidas pelo sistema, como as restrições de tempo, no processo de desenvolvimento e devido a normas.

A fim de levantar os requisitos necessários para esse sistema que avisa o usuário sobre o horário certo de ingerir determinado medicamento e mantém um histórico desses remédios e horários que foram retirados do equipamento é preciso detalhar um pouco mais seu funcionamento e as características dos usuários.

3.2.1 Características dos usuários

Os *stakeholders*, aqueles que tem interesse no projeto, são:

- idosos, o público alvo para o uso do dispositivo;
- familiares dos idosos, que se preocupam com o bem-estar dos entes;
- médicos dos idosos, que querem dados concretos do quanto seu paciente segue a receita prescrita;
- pessoas em geral, que tomam muitos remédios e/ou tem dificuldades de memória;
- comunidade acadêmica.

De todos estes *stakeholders*, considerou-se que os idosos e seus familiares são o foco principal do trabalho e, por este motivo, decidiu-se realizar uma análise mais detalhada sobre suas necessidades por meio de uma pesquisa de mercado.

3.2.2 Pesquisa de mercado

Com o intuito de conhecer mais a opinião dos usuários, o que fazem, como eles podem interagir com o novo sistema e as dificuldades que eles enfrentam com os sistemas atuais, foi elaborada uma pesquisa de mercado seguindo os passos da tabela 3.2 apresentados pelo portal do Sebrae [24].

Tabela 3.2: Etapas pesquisa de mercado [24]

1º passo	Defina o objetivo da pesquisa: o que você quer descobrir com ela?
2º passo	Estabeleça quem é o público-alvo da pesquisa (são os fornecedores, os consumidores ou os concorrentes?)
3º passo	Defina o tamanho da amostra da pesquisa, isto é, quantas pessoas deverão respondê-la.
4º passo	Elabore um roteiro básico de perguntas. Elas devem ser simples, diretas e imparciais; ser testadas internamente antes de aplicadas junto aos consumidores, visando realizar ajustes para que tenham fácil entendimento junto aos entrevistados; conter todos os aspectos que se deseja detectar, como aceitação do produto, se a necessidade do consumidor será atendida, o quanto imaginam que vão consumir e opiniões gerais sobre o produto.
5º passo	Elabore o questionário com as perguntas já testadas e validadas.
6º passo	Aplique o questionário junto ao público-alvo da pesquisa, buscando ser isento. Não direcione as perguntas para obter as respostas que você deseja.
7º passo	Compile os resultados e analise as respostas.

Dessa forma, a intenção com a pesquisa (passo um) era descobrir se realmente existe o problema da quantidade de remédios para os idosos; se ele era relacionado ao esquecimento; se eles conhecem alguma tecnologia assistiva desenvolvida para a terceira idade; e, se estaria dispostos a usar um produto que os lembrassem dos horários dos medicamentos, fornecesse

a lista dos remédios em uso e contactasse um familiar em caso de esquecimento. Ou seja, conhecer as necessidades dos idosos para construir os requisitos do sistema a ser prototipado.

Do passo dois, o público alvo são os idosos e seus familiares, futuros consumidores. Principalmente as mulheres idosas que, como apontado no capítulo 2 deste trabalho pela pesquisa de Ribeiro [11], elas são as maiores consumidoras de medicamentos no Brasil. Por se tratar de um trabalho para a construção de um protótipo e, considerando que parte do conhecimento necessário foi levantado pela pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2, o tamanho da amostra (passo 3) não foi definido segundo critérios estatísticos, mas sim de acordo com a facilidade de acesso do pesquisador aos entrevistados. Uma vez que o protótipo esteja construído, uma etapa de validação futura deve considerar o tamanho da amostra de forma a garantir representação estatisticamente relevante.

O questionário apresentado no Apêndice A (passos quatro, cinco e seis), foi aplicado a 10 idosos acompanhados de um ou mais familiares que enriqueceram a pesquisa com comentários ao longo da entrevista. Dos idosos, foram oito mulheres e dois homens participando, cuja média de idade foi de 75 anos e de 3,7 medicamentos consumidos por dia. Dos dados mais relevantes da tabela 3.3, ressalta-se que nenhum deles utiliza aplicativos para controlar sua saúde, mas os filhos de alguns comentaram que o fazem. Sobre as estatísticas com relação ao esquecimento, 70% afirma não esquecer de comprar o medicamento antes que ele acabe; 80% esquecem de citar os nomes dos remédios em uso para o seu médico; 60% esquecem de tomar algum medicamento no horário; e também 60% relatam não precisar da ajuda de um familiar.

Tabela 3.3: Perguntas sim/não da pesquisa de mercado

Pergunta	Sim	Não
É aposentado?	9	1
Costuma esquecer o horário de algum remédio?	6	4
Costuma esquecer quais remédios toma quando o seu médico pergunta?	8	2
Costuma esquecer de comprar mais remédio antes dos seus acabarem?	3	7
Precisa de ajuda de algum familiar para lembrar dos remédios?	4	6
Você paga um cuidador?	2	8
Você está com as vacinas em dia?	7	3
Você usa aplicativos (celular ou computador) para controlar a saúde?	0	10
Você conhece algum dispositivo específico para a terceira idade? Como por exemplo: pulseira que avisa a queda do indivíduo para a família, rastreador de atividades diárias.	4	6
Você usaria um dispositivo para te lembrar de tomar seus remédios?	6	4
Você usaria um dispositivo que fornecesse a lista dos medicamentos em uso?	7	3
Você usaria um dispositivo que avisasse um familiar que você tomou corretamente seus medicamentos? Ou avisasse a ele que você não tomou o remédio naquele dia ainda?	10	0

Do passo sete e para subsidiar a definição dos requisitos do sistema e dos demais passos do desenvolvimento do projeto, os resultados dessa pesquisa preliminar são apresentados nesse capítulo de Metodologia. A análise das respostas da entrevista mostrou que o alerta do horário de medicamentos não chama muito a atenção dos idosos, por não enxergarem a diferença que isso poderá fazer em suas vidas. Segundo eles, sempre tomam os remédios no

mesmo horário e os deixam todos juntos numa caixa na cozinha e dentro das suas embalagens. No entanto, a lista de medicamentos os agrada assim como o aviso ao familiar. Muitos deles apontaram que não fazem questão da tecnologia, que não precisam dela, mas aceitariam testar o produto. E também comentaram não fazerem uso dos organizadores de remédio (caixas para separar os comprimidos por dia da semana) pois é uma tarefa trabalhosa.

A prototipação do sistema terá a finalidade de mostrar aos *stakeholders* o benefício que podem adquirir com o seu uso, visto que eles evidenciaram o quanto difícil é imaginar a necessidade do produto ou de como utilizá-lo. Dessa forma, o processo escolhido para esse trabalho foi o desenvolvimento anterior a uma pesquisa completa e formal que deve ocorrer apenas após a exposição do protótipo. Assim poderão ver que a organização dos medicamentos diferenciada do que já existe no mercado alinhada com a forma que eles mesmos já utilizam possibilitará uma maior disposição para uso. E a lista dos medicamentos no aplicativo se mostrará como um benefício a ser explorado, bem como o histórico de ingestão dos medicamentos para os médicos e familiares que cuidam destes idosos.

3.2.3 Descrição funcional

O sistema para alerta de horário e histórico de uso de medicamentos será formado por dois sistemas integrados através de comunicação *bluetooth*, como modelado na figura 3.1.

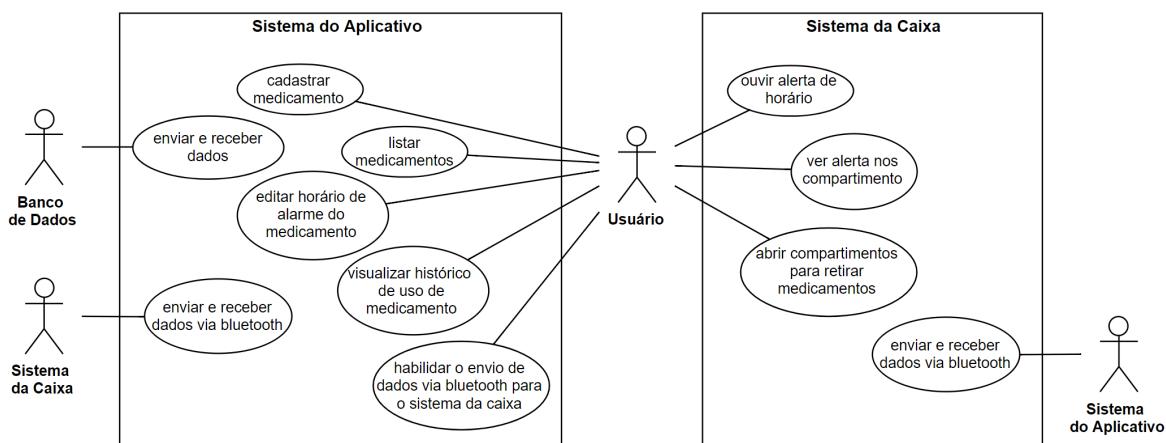


Figura 3.1: Casos de uso dos sistemas

3.2.4 Requisitos do sistema

A descoberta de requisitos é o processo de reunir informações sobre o sistema requerido e os sistemas existentes, e como fontes de informação, pode-se citar a interação com os stakeholders por meio da observação e de entrevistas e especificações de sistemas similares [22]. Foi observado pela pesquisa preliminar que algumas pessoas realmente se esquecem dos horários e que, em média, são tomados quatro remédios por dia e que a lista de medicamentos em uso e a possibilidade de notificar um familiar caso o remédio tenha sido realmente esquecido são funcionalidades que despertaram interesse.

O sistema da caixa de remédios é responsável por emitir o alerta de horário, que será feito por meio de sinalizações visual e sonora, para servir como um lembrete, e também para registrar a hora que o usuário abriu o compartimento para pegar o comprimido. E deverá:

- controlar os alarmes, visuais e sonoros, realizando-os no horário correto, para que a ingestão dos medicamentos seja feita no horário correto pelos idosos;
- identificar o momento da abertura dos compartimentos e guardar os horários dessa abertura, para que o histórico de uso seja compatível com o momento da ingestão;
- comunicar-se com o sistema do aplicativo, para receber as configurações dos remédios e enviar o histórico de uso;
- possuir baixo consumo de energia, para ser portátil;
- possuir facilidade de uso e boa aparência, sem fios à mostra ou componentes atrapalhando o manejo do dispositivo, para poder se tornar um produto;
- ser confiável quanto aos horários, para que o usuário tome os remédios no horário correto.

O sistema do aplicativo é utilizado para a configuração dos horários de alerta e para a visualização do histórico de uso, obtido pela variável de registro da hora, no intuito de disponibilizar aos médicos e familiares uma nova possibilidade na análise da eficácia de um medicamento e na certeza do seu uso. E deverá:

- comunicar-se com um banco de dados, para guardar e acessar as informações dos remédios e do paciente;
- comunicar-se com a caixa de remédios, para enviar as configurações dos remédios e receber o histórico de uso;
- cadastrar um novo usuário, para que as informações estejam seguras e sejam pessoais;
- exibir as informações do usuário, para a conferência dos dados do usuário, como por exemplo idade e alergias;
- inserir novos medicamentos, para utilizá-los, associando-os aos compartimentos correspondentes das caixas e configurando os horários e frequência de uso;
- listar medicamentos cadastrados e em uso, para ajudar na hora de conversar com o médico ou para comprar os remédios em uso;
- exibir as informações de um remédio em específico, para verificar horários, frequência de uso e médico responsável;
- visualizar o histórico de uso de um remédio em específico, para verificar se ele foi utilizado corretamente;
- possuir facilidade de uso e boa aparência, com telas, textos e botões intuitivos, para agradar aos usuários.

As restrições do sistema são fatores internos e externos associados ao escopo do projeto que o limitam de alguma forma, podendo pertencer aos âmbitos tecnológico, financeiro ou temporal. Neste caso, tem-se que:

- apenas *smartphones* com sistema operacional *android* poderão receber o aplicativo;
- o número de medicamentos é limitado, pois depende da quantidade de compartimentos presentes.

3.2.5 Ambientes de desenvolvimento

Os ambientes onde software e firmware serão desenvolvidos e testados são:

- Android Studio, para programar o aplicativo;
- Arduino Software IDE, para programar o firmware do microcontrolador;
- SQLite, para gerenciar o banco de dados;
- RealTerm, para testar a comunicação Bluetooth.

3.2.6 Componentes de desenvolvimento

Os componentes de hardware utilizados para a construção do protótipo são:

- Microcontrolador Arduino Nano, para controlar os alarmes e guardar os horários de abertura dos compartimentos;
- Módulo Bluetooth HC-05, para fazer a comunicação da caixa com o aplicativo;
- Módulo RTC DS1307, para manter o controle do tempo presente para os alarmes serem acionados no momento correto;
- Sensor magnético reed-switch, para perceber o momento da abertura dos compartimentos;
- Leds, para o alerta visual;
- Buzzer, para o alerta sonoro;
- Resistores.

3.3 Decisões de projeto

As decisões de projeto fazem parte do processo de construção de um sistema ou produto, e como parte da metodologia DSR utilizada, deve-se "demonstrar e justificar os procedimentos adotados para aumentar a confiabilidade do artefato e de seus resultados quando em uso"[23].

3.3.1 A caixa para medicamentos

O modelo ideal escolhido para a caixa de medicamentos foi o que contivesse compartimentos, como pode ser visto na figura 3.2, que serão utilizados um para cada remédio e não para cada dia da semana ou do mês. Tal escolha reflete no tempo gasto para organizar os remédios por dia, no problema caso um dos remédios mude durante a semana ou o mês, gerando uma necessidade de reorganização e verificação pela cor ou formato, qual deles foi trocado. Os compartimentos possuem tampas individuais para que o ato de abrir de cada um pudesse ter seu horário gravado, o que corresponde aproximadamente ao momento em que o comprimido foi ingerido.



Figura 3.2: Modelo da caixa de remédios escolhida

3.3.2 Android Studio

O Android Studio é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE, do inglês *Integrated Development Environment*) para a construção de aplicativos *Android*. Foi escolhido por possuir uma grande diversidade de tutoriais e fóruns, por ter um editor de *layouts* simples e intuitivo, e por ser a ferramenta oficial para desenvolvimento *Android*. Como citado anteriormente na seção de restrições, escolher um sistema que não é multiplataforma pode limitar o acesso de parte da população à tecnologia. No entanto, o Android é o sistema mais utilizado no Brasil, o que atende 81.8% da população [25].

3.3.3 SQLite

O SQLite é uma plataforma de banco de dados, que será responsável por guardar as informações do usuário e dos medicamentos utilizados e seus horários de ingestão. Indicado quando a simplicidade da administração, implementação e manutenção são mais importantes que os recursos que os sistemas de gerenciamento de banco de dados voltados para aplicações complexas que têm muitos acessos, grande quantidade de dados (na ordem de gigabytes) e com concorrência, por exemplo. Também se encontra muito material para consulta, como tutoriais e fóruns.

3.3.4 Sensor magnético reed switch

O sensor é uma chave elétrica operada por um campo magnético aplicado. Consiste em um par de contatos de metal ferromagnético em um envelope de vidro hermeticamente fechado.

Os contatos podem estar normalmente abertos, fechando quando um campo magnético está presente, ou normalmente fechado, abrindo quando um campo magnético atua. Uma vez que o campo criado normalmente por um imã é retirado, as lâminas voltam à sua posição original. Foi escolhido por ser amplamente usado no controle de abertura de portas, que neste caso será no controle da abertura dos compartimentos de remédio. Possui um tamanho (14mm) adequando ao da caixa de remédios e funciona com imã pequeno, como os de geladeira.

3.3.5 Arduino Nano

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão C/C++. Possui a vantagem de possibilitar o desenvolvimento de protótipos de projeto de forma flexível e simples de se usar e de ser de baixo custo. O Arduino Nano tem suas especificações apresentadas na tabela 3.4 e vem com o bootloader¹ pré gravado, o que possibilita o envio de novos códigos sem o uso de um programador de hardware externo.

Tabela 3.4: Especificações Arduino Nano [26]

Microcontrolador	Atmel ATmega328
Arquitetura	AVR
Voltagem de operação	5 V
Memória Flash	32 KB (dos quais 2KB são utilizados pelo bootloader)
SRAM	2 KB
Velocidade de Clock	16 MHz
Pinos de entrada/saída analógica	8
EEPROM	1 KB
Corrente contínua por pino I/O	40 mA
Voltagem de entrada	7-12 V
Pinos de entrada/saída digital	22
Pinos de saída PWM	6
Consumo de energia	19 mA
Dimensões	18 x 45 mm
Peso	7 g

3.3.6 Módulo RTC DS1307

RTC (Real-Time Clock) é um relógio de tempo real, de baixo consumo de energia que libera o sistema principal para tarefas mais críticas. A bateria externa permite que continue a contagem de tempo mesmo que o Arduino esteja desligado, fazendo com que a configuração da hora atual não seja necessária sempre que ele é ligado, pois ela é acionada automaticamente em caso de falta de energia no módulo.

¹Bootloader é um pequeno programa que permite gravar o código desenvolvido na memória do Arduino usando apenas um cabo USB.

O módulo tem 56 bytes de memória não-volátil disponível para uso, é capaz de armazenar e fornecer informações completas de data como dia da semana, dia do mês, mês, ano e além das funções de horas, minutos e segundos, nos formatos de 12 ou 24 horas. Meses com menos de 31 dias e anos bissextos são ajustados automaticamente. E como fonte de energia externa é utilizada uma bateria de lítio.

A comunicação é síncrona, I2C (Inter-Integrated Circuit) que segue o padrão Mestre/Escravo. Toda a comunicação é feita utilizando dois sinais, SDA (Serial Data) e SCL (Serial Clock). O SDA é bidirecional, permitindo a troca de informações entre o mestre e os escravos de maneira não simultânea (Half-Duples). Já o SCL é o sinal de sincronismo, gerado apenas pelo Mestre do canal.

3.3.7 Módulo bluetooth HC-05

Bluetooth é um padrão de comunicação capaz de se conectar e trocar informações entre dispositivos. Foi escolhido por ser uma comunicação direta e mais segura que a internet e por apresentar baixo consumo de energia. O módulo *bluetooth* HC-05 permite conexão em modo mestre ou escravo com alcance máximo de 10m, como apresentado na tabela 3.5 que contém suas especificações. A comunicação é iniciada após o pareamento dos dispositivos, smartphone com o módulo, através do id e senha padrão.

Tabela 3.5: Especificações HC-05 [27]

Protocolo Bluetooth	v2.0+EDR
Firmware	Linvor 1.8
Frequência	2,4 GHz Banda ISM
Modulação	GFSK
Emissão de energia	<=4 dBm, Classe 2
Sensibilidade	<=84 dBm com 0,1% BER
Velocidade Assíncrono	2,1 Mbps(Max) / 160 Kbps
Velocidade Síncrono	1 Mbps / 1 Mbps
Segurança	Autentificação e Encriptação
Perfil	Porta Serial Bluetooth
Modo	Escravo (Slave) e Mestre (Master)
CSR chip	Bluetooth v2.0
Banda de Onda	2,4 Hz - 2,8 Ghz, Banda ISM
Tensão	3,3 V (2,7 V - 4.2 V)
Corrente	Pareado 35mA; Conectado 8mA
Temperatura	-40 °C a +105 °C
Alcance	10m
Baud Rate	4800;9600;19200;38400;57600;115200; 230400;460800;921600;1382400
Dimensões	26,9 x 13 x 2,2 mm
Peso	9,6 g

Capítulo 4

Desenvolvimento e verificação

Este capítulo trata sobre as principais etapas do desenvolvimento do protótipo, detalhando a construção dos dois sistemas, da caixa e do aplicativo e seus testes. A caixa de medicamentos inteligente funciona a partir da integração dos sistemas da caixa e do aplicativo segundo o fluxo apresentado no apêndice C, figura C.1.

4.1 Sistema da caixa

O desenvolvimento do sistema da caixa envolveu a construção do código do processador do *Arduino* e da montagem eletrônica no *protoboard*. Como se trata de um protótipo foi definido que a caixa comportaria três compartimentos e para ser realizado de forma organizada, esse processo foi dividido em tarefas menores, chamadas de estórias:

1. Contar a passagem do tempo;
2. Salvar as configurações de cada compartimento;
3. Acionar alarme no horário correto;
4. Desligar alarme e gravar histórico de uso do remédio;
5. Receber as configurações dos remédios via Bluetooth;
6. Enviar o histórico de uso dos remédios via Bluetooth.

Como mencionado no capítulo 3, foi utilizado o ambiente de desenvolvimento próprio do Arduino para programar seu código, tanto o software quanto a versão online, o Arduino Web Editor, figura 4.1. Após o Arduino Nano ser conectado na porta USB e ter seu modelo definido no campo "Board as", pôde-se iniciar a codificação.

A estrutura dos códigos de Arduino é padronizada, existem duas seções principais chamadas *setup()* e *loop()* que devem conter todo o código para o funcionamento desejado. Tais funções já vêm declaradas no arquivo para a edição do código no Web Editor, como pode ser visto na figura 4.1. O *setup()* é executado uma única vez no início do programa, quando a placa é energizada ou cada vez que a placa é reiniciada (através do botão de *reset* do Arduino), e abriga funções de configuração. O *loop()* é executado repetidamente e por isso é onde a

maioria do código se encontra. O algoritmo de funcionamento implementado pode ser visto no trecho de código 4.1.

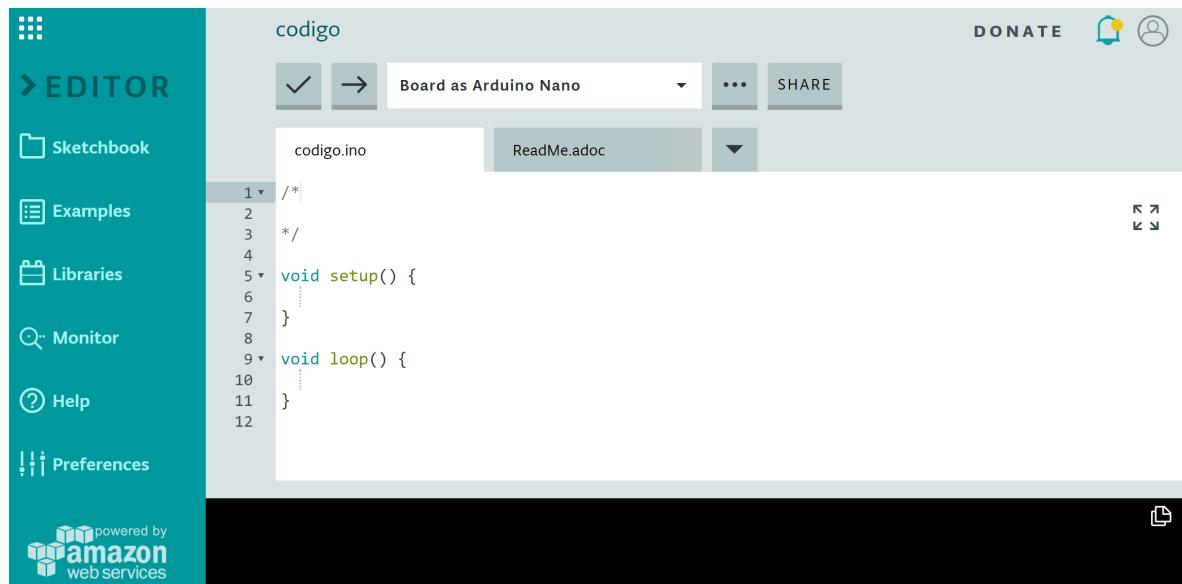


Figura 4.1: Estrutura do código padrão do Arduino no Web Editor

```
1 void setup(){
2     configuração e inicialização do módulo de comunicação Bluetooth;
3     configuracao do módulo de tempo RTC;
4     definições dos pinos de entrada e saída;
5     obtenção dos valores salvos anteriormente na memória EEPROM;
6 }
7
8 void loop(){
9     caso a comunicação via Bluetooth esteja disponível:
10    receba os dados enviados;
11    caso o dado recebido seja o de habilitação do envio de dados:
12        envie os dados do histórico do consumo dos medicamentos;
13        apague-os da EEPROM;
14    caso contrário:
15        processe os dados de configuração dos compartimentos;
16        salve-os na EEPROM;
17
18    caso seja o momento de tocar um alarme:
19        executa o alarme da caixa certa;
20
21    caso tocou o alarme e a pessoa abriu a caixa:
22        desliga o alarme e salva a data e hora no histórico (EEPROM);
23 }
```

Trecho de código 4.1: Algoritmo das seções principais do código em Arduino

4.1.1 Estórias

4.1.1.1 Contar a passagem do tempo

No intuito de contar corretamente a passagem do tempo foi utilizado o componente módulo RTC DS1307 e a biblioteca <DS1307.h>. As configurações físicas constituem-se em quatro conexões: de temporização (SCL, do inglês "serial clock line"), de dados (SDA, do inglês "serial data line"), de alimentação (VCC, de 5 volts) e de aterramento (GND). As conexões SCL e SDA são ligadas a pinos analógicos para a comunicação I2C¹ dos valores de tempo, como pode ser visto na figura 4.2.

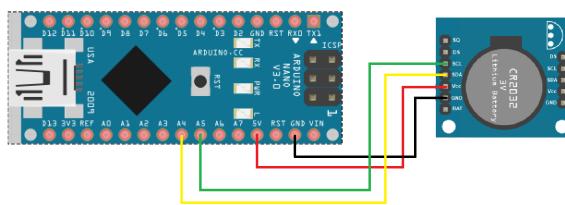


Figura 4.2: Conexões módulo RTC - Arduino Nano

O módulo deve ser inicializado no setup() do Arduino e é permitido o ajuste do relógio, na primeira utilização ou sempre que for necessário.

4.1.1.2 Salvar as configurações de cada compartimento

Cada compartimento deve ser configurado com as informações do remédio que ele abriga, como o seu identificador, o horário do alarme e as configurações de repetição em horas e em dias da semana, como a cada 6h ou em dias intercalados. Para isso foi criada uma estrutura de dados (*struct*) para o remédio e que contém também qual compartimento ele foi inserido, como pode ser visto no trecho de código 4.2.

```
1 struct remedio{
2     int identificadorRemedio;
3     char compartimento[2];
4     int hora;
5     int minuto;
6     char frequenciaDias[8];
7     int frequenciaHoras;
8 };
9 //exemplo: {3, "A", 8, 30, "0111000", 6}
```

Trecho de código 4.2: Estrutura de dados do remédio no Arduino

Analizando o exemplo inserido como comentário na linha 9 do trecho de código 4.2, tem-se que o remédio salvo no banco de dados do aplicativo com o identificador 3 vai ser inserido no compartimento "A" da caixa e seu alarme iniciará às 8:30 da manhã de terça-feira, repetindo-se de 6 em 6 horas até quinta-feira. Ou seja, durante três dias seguidos os horários corretos para a ingestão do remédio serão 8:30, 14:30, 20:30 e 2:30.

¹I2C, do inglês "Inter-Integrated Circuit", é um protocolo de comunicação entre dispositivos no modo mestre-escravo para facilitar a integração de componentes.

Essas informações no formato da estrutura de dados são salvas na memória não volátil do Arduino, a EEPROM (do inglês, Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory) usada para armazenar pequenas quantidades de dados que precisam ser salvos quando a energia é removida. A EEPROM é uma memória que pode ser apagada e reprogramada (escrita) repetidamente através da aplicação de tensão elétrica superior ao normal. E embora tenha uma vida útil limitada, ela possui entre 10 mil e 100 mil ciclos de vida, o que se mostra suficiente para esse projeto.

A fim de facilitar o processamento, esses dados são sempre salvos da mesma maneira na EEPROM. As estruturas de remédio seguem sempre a ordem alfabética.

4.1.1.3 Acionar alarme no horário correto

Cada compartimento possui configurado o horário para a ingestão do remédio, ou seja, momento em que o alarme de aviso deve ser acionado. Mas não somente o horário salvo é utilizado, pois deve-se considerar a frequência do uso (em horas) e os dias da semana marcados. O alarme constitui-se em dois, o visual e o sonoro. Para o alarme visual foram utilizados *leds* em frente a cada compartimento; e para o sonoro, um *buzzer*.

Utilizando-se as funções do módulo RTC para obter a data e hora atual, deve-se testar todas essas informações de frequência e horário fornecidas para cada um dos medicamentos salvos. Primeiramente é testado o dia da semana e os minutos, utilizando novamente o exemplo da linha 9 do trecho de código 4.2, tem-se que se for segunda-feira ou for 02:10 o alarme não deverá ser ativado, pois somente para terça, quarta ou quinta-feira quando os minutos do relógio forem iguais a 30 será válido. Em seguida é feito o cálculo da frequência da hora conforme a equação:

$$abs(H - HR)\%FHR \quad (4.1)$$

onde H corresponde à hora atual, HR à hora do remédio que está salvo na estrutura de dados e, FHR à frequência em horas do remédio que também está salvo na estrutura de dados.

Assim, se o valor absoluto da diferença de horas da salva para a atual, dividida pela taxa de frequência tiver resto zero, então a hora atual está correta para acionar o alarme. Retomando o exemplo anterior, às 2 horas tem-se: $abs(2-8) = abs(6) = 6\%6 = 0$, portanto a hora está correta.

4.1.1.4 Desligar alarme e gravar histórico de uso do remédio

Foi criado um vetor para salvar a informação sobre qual o estado dos alarmes de cada compartimento, ligado ou desligado. Assim, caso o alarme esteja salvo como ligado e seja realizada a abertura do compartimento (identificada pelo sensor *reed switch*), significa que o usuário pegou o remédio para tomá-lo. Então o alarme, o led do compartimento correspondente e o buzzer devem ser desligados.

Para o histórico de uso do remédio eram necessárias as informações de qual remédio, o horário em que foi ingerido e o dia. Para isso foi criada uma outra estrutura de dados (struct) como pode ser visto no trecho de código 4.3.

```

1 struct historico{
2     int identificadorRemedio;
3     char horario[9];
4     char data[9];
5 };
6 //exemplo: {3, "14:31:15", "01/09/17"}

```

Trecho de código 4.3: Estrutura de dados do histórico do remédio no Arduino

Analizando o exemplo inserido como comentário na linha 6 do 4.3, tem-se que o remédio salvo no banco de dados do aplicativo com o identificador 3 foi ingerido às 14:31:15 do dia 01/09/17.

Assim como os dados do remédio, esses do histórico também são gravados na EEPROM do Arduino. Além disso, também é registrado o número de históricos salvos, para auxiliar no momento de enviar essas informações ao aplicativo.

Considerando o exemplo de três compartimentos na caixa, a tabela 4.1 mostra como seria preenchida a EEPROM. Primeiramente as estruturas de remédio (em ordem alfabética), depois o número de históricos salvos e por fim as estruturas de histórico (à medida que ocorrem).

Tabela 4.1: Organização do preenchimento da EEPROM

Struct Remédios			Número de históricos	Struct Histórico						
A	B	C	10	C	B	C	C	B	A	...

4.1.1.5 Receber as configurações dos remédios via Bluetooth

A comunicação Bluetooth é realizada através do módulo HC-05, fisicamente através de quatro conexões: de recepção de dados (RX, do inglês "receiver"), de envio de dados (TX, do inglês "transmitter"), de alimentação (VCC, de 5 volts) e de aterramento (GND). As conexões RX e TX são ligadas a pinos digitais para a comunicação serial² dos dados, como pode ser visto na figura 4.3.

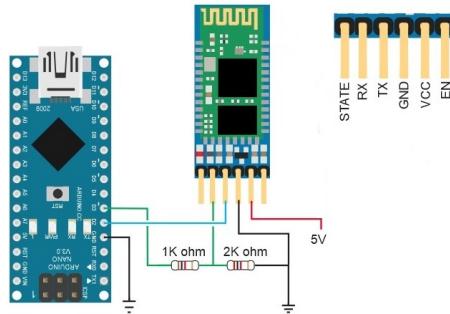


Figura 4.3: Conexões módulo Bluetooth HC-05 - Arduino Nano

²Serial é um protocolo de comunicação entre dispositivos, muito usado, para o envio e recebimento de bytes de informação um bit de cada vez

A comunicação deve ser inicializada no `setup()` do Arduino quando se configura a taxa de comunicação em bits por segundo (baud rate). É possível também a definição da quantidade de bits, paridade e sinal de finalização (stop bits). Neste caso, foram utilizados os valores padrões de 8 bits, sem paridade e 1 stop bit. Primeiramente é verificado se a conexão está disponível utilizando a função `Serial.available()`, se sim, recebe os valores que foram enviados pelo aplicativo com a função `Serial.readString()` e caso não seja a palavra "histórico" a frase será processada para obter-se os valores de configuração dos compartimentos.

As configurações são enviadas no formato JSON³ conforme o exemplo 4.2 e para processá-las foi utilizada a biblioteca `<ArduinoJson.h>`. As informações enviadas são utilizadas para preencher a struct do remédio, assim tem-se o identificador do remédio (id), o compartimento que ele está inserido (cx), a hora do alarme(h), o minuto do alarme (m), a frequência em dias da semana (fd) e a frequência em horas (fh).

```
{“id” : 3, “cx” : “A”, “h” : 8, “m” : 30, “fd” : “0111000”, “fh” : 6} (4.2)
```

O processamento da mensagem JSON chama-se deserialização e a primeira informação que deve ser obtida é sobre qual compartimento deve-se gravar tais dados. Esses dados são atribuídos a variáveis auxiliares, que preenchem os campos da struct do trecho de código 4.2 e em seguida é salva na EEPROM.

4.1.1.6 Enviar o histórico de uso dos remédios via Bluetooth

Para o envio de informações, também é verificado se a conexão está disponível, recebe-se os valores que foram enviados pelo aplicativo e caso seja palavra "histórico" é iniciado o processamento. A partir da EEPROM obtém-se o número de históricos salvos e de zero a este valor, obtém-se a estrutura de dados do histórico em questão, constrói-se o seu JSON no formato do exemplo 4.3 e o envia.

```
{“id” : 3, “hr” : “14 : 31 : 15”, “dt” : “01/09/17”} (4.3)
```

Após enviar todos os históricos, zera-se o número de históricos salvos, para que os dados não sejam enviados em duplicidade e para não estourar o tamanho da memória do Arduino e não poder salvar novos dados, os perdendo.

4.1.2 Verificações

Alguns testes foram realizados a medida que eram desenvolvidas as estórias, principalmente o que não dependia da comunicação com o aplicativo. A versão final do esquemático eletrônico pode ser encontrado no apêndice B, figura B.1. Para os testes de comunicação foram utilizados dois softwares, o Realterm e o Bluetooth spp pro. O primeiro é um software para computador, no qual se pode depurar portas através de um terminal; e o segundo é um aplicativo para *smartphones* que permite transmitir e receber dados ao módulo Bluetooth HC-05. De um modo estruturado, os testes realizados estão apresentados na tabela 4.2.

³JSON, do inglês "JavaScript Object Notation", é um formato leve e de padrão aberto, que utiliza texto legível a humanos para transmitir objetos de dados consistindo de pares atributo-valor. Exemplo: { "atributo": "valor" }

Tabela 4.2: Roteiro de verificações do sistema da caixa

Funcionalidade	Teste realizado
Contar a passagem do tempo	O horário atual foi configurado e em seguida impresso para verificar se o horário calculado pelo módulo RTC estava correto, como mostra a figura 4.5a.
Salvar as configurações de cada compartimento	Utilizando o Bluetooth spp pro foi enviada a mensagem em formato json para configuração, que era salva na memória. O valor da memória era recuperado e impresso na tela, como pode ser visto na figura 4.5b. Foi criado o modo debug para que, sempre que o Arduino for inicializado, as informações de configuração salvas na memórias fossem impressas e verificadas ou no Realterm ou no Bluetooth spp pro, figura 4.5c.
Acionar alarme	Para verificá-lo esperava-se chegar no horário salvo na configuração no passo anterior. Dado o horário via-se a luz do led se acender e ouvia-se o som do buzzer como alarme. Também era impresso o horário em que o alarme foi ativado e para qual caixa, como mostra na figura 4.4.
Desligar alarme	Após o alarme tocado, abria-se a caixa e a luz se apagava e o som parava de tocar. Num primeiro momento foi utilizado botões para simplificar a ação, assim em vez de abrir a caixa, eles eram pressionados. Também era impresso o horário em que o alarme foi desativado e para qual caixa, como mostra na figura 4.4.
Sincronização Bluetooth	Utilizado o Bluetooth spp pro era possível enviar as mensagens de configuração e receber os valores de histórico, ambos mensagens json. Por exemplo, na figura 4.5b, foram enviadas (tx) mensagens json para configurar os compartimentos da caixa de remédios e era recebido (rx) os valores configurados na EEPROM.

O Realterm foi utilizado para verificar se o horário calculado pelo módulo RTC estava correto e para visualizar as mensagens JSON. Para o funcionamento, o Arduino era conectado a uma porta USB do computador, no programa era escolhida essa porta, configurado a taxa de transmissão (a mesma definida em código, 9600) e ao clicar no botão "Open" era iniciada a comunicação. No console, figura 4.4, são mostrados os valores enviados pelo Arduino, sendo possível também exportar os valores para um arquivo de texto. Para testar a real comunicação, mas ainda sem o aplicativo desenvolvido, foi utilizado o Bluetooth spp pro. Deve-se abrir o aplicativo, conectar-se com o dispositivo Bluetooth desejado e escolher o modo de comunicação entre "Byte stream mode", "Keyboard mode" e "CMD line mode". No primeiro modo tem-se a visão do que é recebido; no segundo são botões para terem suas ações configuradas e quando clicados realizam o comando; e, no terceiro pode-se ter um histórico do que foi enviado (tx) e recebido (rx), como mostrado na figura 4.5.

E a verificação visual pode ser feita através da figura 4.6 que mostra o led acesso no momento do alerta de horário do medicamento e as cartelas armazenadas no compartimento A, o que possibilita a manutenção das propriedades químicas do medicamento, preservando a ação no organismo.

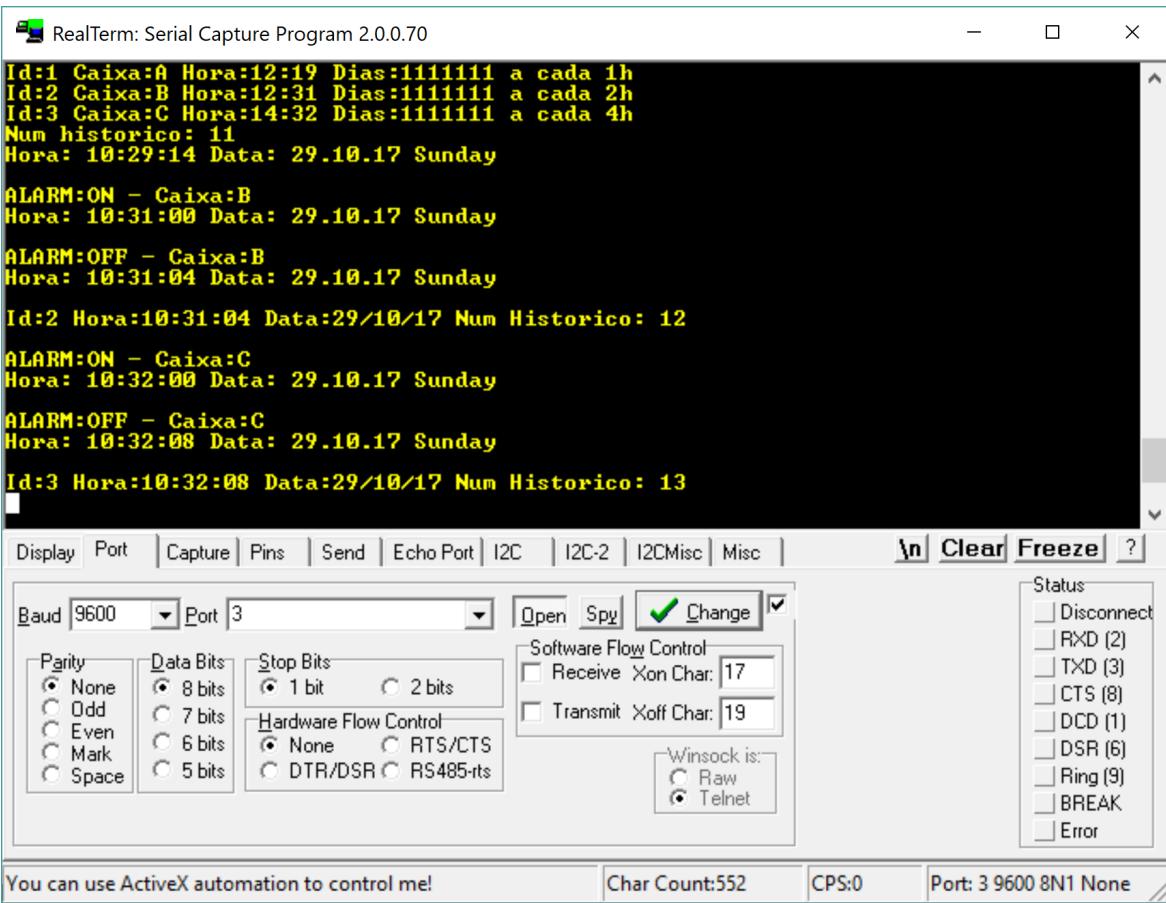


Figura 4.4: Teste no software Realterm

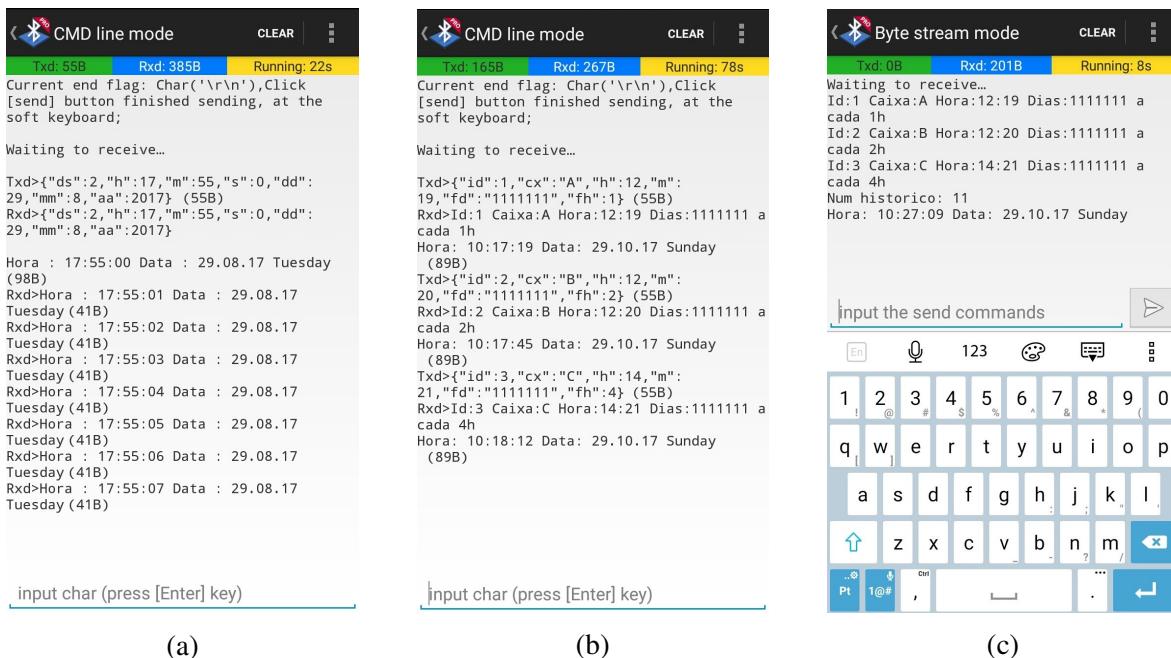


Figura 4.5: Testes no aplicativo Bluetooth spp pro

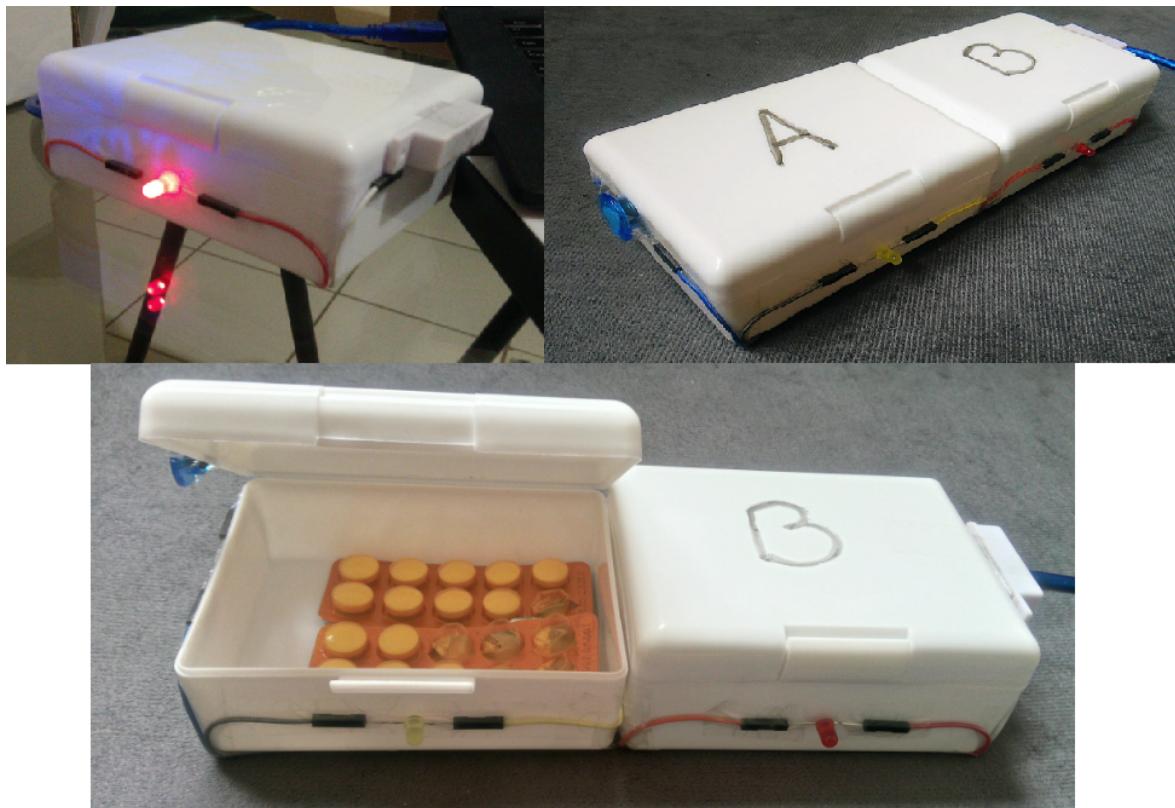


Figura 4.6: Imagens do protótipo

4.2 Sistema do aplicativo

O desenvolvimento do sistema do aplicativo envolveu a construção do código do software Android, utilizando o software Android Studio e o fluxograma apresentando o seu funcionamento pode ser visto no apêndice C, figura C.2. Para uma codificação organizada, o processo também foi dividido em estórias:

1. Apresentar telas intuitivas;
2. Inserir, editar e desativar medicamentos;
3. Listar medicamentos;
4. Mostrar histórico dos medicamentos;
5. Enviar os horários e receber o histórico dos remédios via Bluetooth;

4.2.1 Estórias

4.2.1.1 Apresentar telas intuitivas

No intuito de deixar clara as funções das telas, optou-se por manter um título sempre visível e utilizar as cores azul, branco e preto. Como mostrado na figura 4.7, as telas existentes são seis: menu principal, menu do remédio, lista de medicamentos, inserir, editar, histórico.

Na **tela menu principal**, figura 4.7a, são apresentados cinco botões, possibilitando que o usuário insira novos medicamentos no sistema, liste todos os medicamentos cadastrados, conecte o Bluetooth, sincronize os dados e desconecte o Bluetooth.

Na **tela menu do remédio**, figura 4.7d, são mostrados três botões com opções específicas para aquele remédio em questão: editar as informações inseridas, desativar os alarmes e visualizar o histórico de uso daquele medicamento.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Figura 4.7: Telas do aplicativo

4.2.1.2 Inserir, editar e desativar medicamentos

A fim de disponibilizar aos usuários as funções de inserir e editar um medicamento, foram construídas duas telas idênticas com relação aos campos que apresentam: nome, caixa, hora, repete a cada x horas, dias da semana e médico. A diferença entre elas é o código background, pois na tela para editar o medicamento (figura 4.7e), os campos já vêm preenchidos com os dados recuperados do banco de dados; e a tela para inserir (figura 4.7b) apresenta todos os campos vazios, para serem preenchidos e executa a inserção destes dados no banco.

O banco de dados utilizado foi o SQLite, como apresentado no capítulo 3 e a tabela TABLE_REMEDIOS foi criada para abrigar as informações dos remédios e contém as colunas: id, nome, caixa, hora, freq_dia, freq_hora, medico. Ressalta-se que a chave primária (PK, do inglês Primary Key) desta tabela é o id. Os dados da tabela são acessados por meio das funções apresentadas no trecho de código 4.4, sendo que "Remedio" é uma classe, e funciona como a estrutura de dados do remédio apresentada no código do Arduino, e "Cursor" é uma interface de retorno do banco de dados SQLite e que representa uma tabela bidimensional do banco.

```
1 String inserirRemedio(Remedio remedio)
2 Cursor carregaRemedios()
3 Cursor carregaRemedioPorId(int id)
4 Remedio carregaRemedioPorCaixa(String caixa)
5 void alteraRemedio(int id, Remedio remedio)
6 void desativaRemedio(int id)
7 List<Remedio> listarRemedios()
```

Trecho de código 4.4: Funções implementadas para o banco de dados de remédios

4.2.1.3 Listar medicamentos

Com o intuito de apresentar um lista de medicamentos utilizados pelo usuário é utilizada a tela de lista de medicamentos, figura 4.7c para exibir todos os medicamentos já cadastrados, sendo que aqueles em uso possuem a informação sobre a qual compartimento pertencem. Todos os elementos da lista são clicáveis e levam à tela de menu do remédio, figura 4.7d.

4.2.1.4 Mostrar histórico dos medicamentos

Foi criada tabela TABLE_HISTORICO para abrigar os registros de histórico de uso dos medicamentos contendo as seguintes colunas: id, id_remedio, hora, dia. Os dados dessa tabela são acessados através das funções apresentadas no trecho de código 4.4, sendo que "RemedioHistorico" é uma classe, como a estrutura de dados do histórico.

É importante destacar que a PK desta tabela é o id, e o id_remedio é uma chave estrangeira (FK, do inglês Foreign Key) para o id da tabela TABLE_REMEDIO. Desta forma, para exibir na tela de histórico, figura 4.7f, é buscado os registros apenas daquele remédio em questão, filtrando pelo campo da FK.

```
1 String insereHistorico(RemedioHistorico historico)
2 Cursor carregaHistoricos()
3 Cursor carregaHistoricosPorRemedio(int idRemedio)
```

Trecho de código 4.5: Funções implementadas para o banco de dados de remédios

4.2.1.5 Enviar os horários e receber o histórico dos remédios via Bluetooth

Para enviar e receber os dados, primeiramente deve ser estabelecida uma conexão bluetooth do aplicativo com o sistema da caixa, feito através do clique no botão "conectar bluetooth". Caso essa conexão seja ativada com sucesso, o botão de sincronizar é habilitado. Em seguida, ao pressioná-lo, as mensagens de configuração da caixa são enviadas e os dados de histórico recebidos. Após finalizada essa transmissão, o botão de desconectar o bluetooth fica ativo, e sua função é desabilitar o bluetooth e desativar o clique no botão de sincronizar e nele mesmo.

4.2.2 Verificações

Alguns testes foram realizados a medida que eram desenvolvidas as estórias, como a visualização do texto inserido, das cores e posicionamento dos elementos e dos botões de dia da semana pressionados, por exemplo. De um modo geral, eles podem ser descritos como mostra na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Roteiro de verificações do sistema do aplicativo

Funcionalidade	Teste realizado
Inserir medicamento	Entrar na tela de inserir medicamento, preencher as informações e clicar em inserir. Clicar no botão listar medicamentos e verificar se o aparece o nome do remédio recém inserido na lista com a caixa correta. Abrir a tela de editar e verificar se o que está apresentado é exatamente o que foi inserido.
Editar medicamento	Entrar na tela de editar, alterar alguma informação e clicar em editar. Abrir novamente a tela de editar e verificar se o que está apresentado contempla a alteração realizada.
Desativar medicamento	Após clicar no botão de desativar, ir para a tela de lista de medicamentos e verificar se aquele remédio não tem nenhum caixa associada a ele. Ou entrar na tela de editar para verificar essa informação.
Listar medicamentos	Abrir a tela da lista de medicamentos e verificar se todos aqueles que foram inseridos são apresentados.
Mostrar histórico do medicamento	Abrir a tela de histórico e verificar se as datas e horários apresentadas conferem com os horários que o remédio foi ingerido (horário em que a caixa foi aberta após ter o alarme tocado e o led acendido).
Sincronização Bluetooth	Rodar o aplicativo, no modo debug, para acompanhamento da execução do aplicativo nas janelas mostradas no Android Studio, como é possível ver na figura 4.8. Na figura 4.8a é possível ver os logs mostrando o envio e o recebimento dos dados e na figura 4.8b tem-se o detalhamento da deserialização da mensagem json de histórico recebida.

Variables

- ▶ `JSONArray = {String[1]@4489}`
- ▶ `json = {"id":1,"hr":"23:41:06","dt":"02/11/17"}`
- ▶ `JSONObject = {JSONObject@4494} {"id":1,"hr":"23:41:06","dt":"02/11/17"}`
- ▼ `historico = {RemedioHistorico@4497}`
 - ▶ `dia = "02/11/17"`
 - ▶ `hora = "23:41:06"`
 - ▶ `id = 0`
 - ▶ `idRemedio = 1`

(a)

```

remedioapp V/BoostFramework: BoostFramework() : mPerf = com.qualcomm.qti.Performance@d542ef4
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Envio completo - caixa A
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Envio completo - caixa C
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Envio completo - caixa B
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Envio terminado
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Sleep on
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Sleep off
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Envia sinal historico
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Antes while
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Json parsing: {"id":1,"hr":"23:41:06","dt":"02/11/17"}
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Processado
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Json parsing: {"id":1,"hr":"13:35:05","dt":"04/11/17"}
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Processado
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Json parsing: {"id":1,"hr":"13:56:04","dt":"04/11/17"}
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Processado
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Json parsing: {"id":1,"hr":"14:56:06","dt":"04/11/17"}
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Processado
remedioapp E/Conexão Bluetooth: Finalizado Historico tag: !
remedioapp T/Choreographer: Skinned 1916 frames! The application may be doing too much work on its main thread.

```

(b)

Figura 4.8: Degug do aplicativo

Capítulo 5

Conclusão

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre o presente trabalho e as propostas de sua continuidade para que atenda cada vez mais as expectativas e necessidades dos usuários e que sejam cientificamente aprimorados os resultados apresentados.

5.1 Considerações finais

A intenção deste projeto foi contribuir nas políticas de envelhecimento ativo da população, pois busca auxiliar a independência de idosos no tangente ao consumo de medicamentos do tipo comprimido e também fornecendo ferramentas aos familiares e médicos para ajudar no cuidado e supervisão da saúde desses idosos, respondendo positivamente à pergunta apresentada na formulação do problema no capítulo 1. Assim sendo, o objetivo geral do trabalho foi alcançado, pois foi construído um dispositivo tecnológico portátil para lembrar e registrar a ingestão dos comprimidos, apresentando também uma lista de todos os medicamentos utilizados. Tal fato foi possível porque foram utilizados conceitos de automação e computação em prol dos cuidados com a saúde de idosos, simplificando as tarefas de familiares e médicos no acompanhamento e auxílio destas pessoas.

Dos objetivos específicos, a revisão da literatura bem como a confecção de um protótipo foram completamente concluídos. Pode-se considerar a pesquisa de mercado como atingida parcialmente devido ao fato de que foi uma pesquisa com um alcance reduzido, mas ainda extremamente importante para decisões tomadas sobre os requisitos do sistema. O protótipo apresentado ainda está distante de um produto que possa ser comercializado no que diz respeito ao sistema da caixa, pois seria necessário o uso de um processador apropriado, que não o de prototipagem, e de um investimento em termos estéticos na caixa de medicamentos, para adequar o tamanho e deixar transparente a fiação e a eletrônica utilizadas.

As principais dificuldades enfrentadas giram em torno das pesquisas com o público alvo, devido à dificuldade de conciliar horários e de encontrar voluntários, como já comentado sobre a pesquisa de mercado. Além disso, perceber a real necessidade dos idosos, fazê-los ultrapassar a barreira tecnológica e despertar o interesse por um produto novo também foram obstáculos enfrentados neste trabalho. Um exemplo a ser citado foi na decisão do uso de alarmes sonoros e visuais ao passo que a maioria dos idosos disseram que não se interessavam pelo alerta para tomar os medicamentos, mas em contrapartida essa mesma maioria também afirmou já ter se esquecido de tomá-los. Tecnicamente, a comunicação *Bluetooth* se mostrou como o maior desafio, destacando a obtenção dos dados de histórico,

pois houve problemas de sincronia e concorrência dos dados e seu funcionamento correto era de extrema importância para que os objetivos fossem alcançados. Desse modo, foi a funcionalidade que mais necessitou de que vários testes fossem realizados.

E finalmente, pode-se destacar o interesse pelo produto por pessoas de diversas idades, que gostariam de obtê-lo para uso próprio, para presentear familiares e para adaptá-lo na utilização em clínicas de repouso. Tais comentários foram motivadores para a conclusão deste projeto e ainda mostram que este é apenas o princípio das possibilidades envolvidas nessa área.

5.2 Propostas de continuidade

Com o objetivo de transformar o sistema no mais genérico possível e aumentar a sua aderência, bem como sua utilidade, são propostas algumas sugestões de continuidade do trabalho:

- Realização de uma pesquisa de satisfação formal com os usuários, para obter novos requisitos e funcionalidades para o sistema, bem como uma métrica do quanto benéfico o sistema se mostrou;
- Confecção da caixa de medicamentos em uma impressora 3D, para que abrigue melhor todos os medicamentos que vêm em uma caixa;
- Exibição no aplicativo de informações extras com relação aos medicamentos cadastrados e dicas de saúde, como por exemplo sugestões de medicamentos genéricos do recomendado pelo médico, no intuito de auxiliar o paciente quando existe a falta de um medicamento ou quando este é muito caro, evitando que fique sem consumi-lo;
- Utilização de um SD Card para armazenar os valores de histórico do uso de medicamentos, para aumentar a capacidade de armazenamento de dados de histórico;
- Utilização de um módulo GSM na caixa para comunicação com os familiares do momento em que o usuário ingeriu os medicamentos;
- Expansão das funções de gerenciamento para um serviço web, que também pode fornecer informações pertinentes ao cuidado com a saúde.

Referências Bibliográficas

- [1] Secretaria de Desenvolvimento Humano. *Dados sobre o envelhecimento no Brasil*. 2015. Acesso em: março 2017. Disponível em: <<http://www.sdh.gov.br/assuntos/pessoa-idosa/dados-estatisticos/DadossobreoenvelhecimentonoBrasil.pdf>>.
- [2] Secretaria Especial de Direitos Humanos. *Livro Tecnologia Assistiva*. 2012. Acesso em: março 2017. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>>.
- [3] TEIXEIRA, J. J. V.; LEFÈVRE, F. A prescrição medicamentosa sob a ótica do paciente idoso. *Revista Saúde Pública*, v. 35, n. 2, p. 207–13, 2001.
- [4] SCHÜLKE, A. M.; PLISCHKE, H.; KOHLS, N. B. Ambient assistive technologies (aat): socio-technology as a powerful tool for facing the inevitable sociodemographic challenges? *Philosophy, Ethics, and humanities in medicine*, BioMed Central, v. 5, n. 1, p. 8, 2010.
- [5] BEAUCHAMP, T. L.; CHILDRESS, J. F. *Principles of biomedical ethics*. [S.l.]: Oxford University Press, USA, 2001.
- [6] MAO, H.-F. et al. Indicators of perceived useful dementia care assistive technology: Caregivers' perspectives. *Geriatrics & gerontology international*, Wiley Online Library, v. 15, n. 8, p. 1049–1057, 2015.
- [7] DOMENIG, P. et al. Prevalence and perception of assistive technology in the care of patients with dementia. 2016.
- [8] ANDRADE, V. S. d.; PEREIRA, L. S. M. Influência da tecnologia assistiva no desempenho funcional e na qualidade de vida de idosos comunitários frágeis: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 113–122, 2009.
- [9] FLORES, L. M.; MENGUE, S. S. Uso de medicamentos por idosos em região do sul do brasil. *Revista de saúde Publica*, v. 39, n. 6, p. 924–929, 2005.
- [10] PECLY, J. S. et al. Análise qualitativa de receitas ambulatoriais em dado período em um hospital da rede pública: possíveis fatores que podem influenciar o uso correto de medicamentos. *Rev. Bras. Farm*, v. 87, n. 3, p. 89–91, 2006.
- [11] RIBEIRO, A. Q. et al. Inquérito sobre uso de medicamentos por idosos aposentados, belo horizonte, mg. *Revista de Saúde Pública*, v. 42, n. 4, p. 724–732, 2008.
- [12] ROCHA, C. H. et al. Adesão à prescrição médica em idosos de porto alegre, rs. *Ciência & Saúde Coletiva*, Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, v. 13, n. Sup, 2008.

- [13] SOUSA, S. et al. Polimedicação em doentes idosos: adesão à terapêutica. *Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar*, v. 27, n. 2, p. 176–82, 2011.
- [14] MCLAUGHLIN, J. T. *Medicine dispenser for home health care*. [S.l.]: Google Patents, 1988. US Patent 4,717,042.
- [15] Medisafe. *Medisafe*. 2017. Acesso em: abril 2017. Disponível em: <<https://medisafe.com/>>.
- [16] Medelert. *GSm Med-e-lert Automatic Pill Dispenser*. 2017. Acesso em: abril 2017. Disponível em: <<http://www.medelert.net/>>.
- [17] MedCenter. *MedCenter System Monthly Organizer Pill*. 2017. Acesso em: abril 2017. Disponível em: <<https://www.medcentersystems.com/MedCenter-System-Monthly-Pill-Organizer-Reminder-p/7026-5.htm>>.
- [18] SOUZA, E. R. et al. Recipiente microcontrolado para a orientação na administração de medicamentos do tipo comprimido. *XII INIC Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, São José dos Campos - SP*, 2008.
- [19] MARTINS, R. C. *Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Administração de Medicamentos*. 2011. Monografia de especialização (Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos), IFSC (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina), Santa Catarina , Brasil.
- [20] RODRIGUES, A. P.; KRONBAUER, A. H.; ARAUJO, B. Medpill: Uma plataforma inteligente de controle e monitoramento de ingestão de cápsulas medicamentosas. *CEP*, v. 41, p. 560, 2016.
- [21] FIGUEIREDO, A. D. d. Qualitative research and the challenges of complexity. *Computer Supported Qualitative Research*, Springer, p. 14, 2018.
- [22] SOMMERVILLE, I. et al. *Engenharia de software*. [S.l.]: Addison Wesley São Paulo, 2003. v. 6.
- [23] LACERDA, D. P. et al. Design science research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, SciELO Brasil, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.
- [24] NACIONAL, S. *Pesquisa de mercado: o que é e para que serve*. 2017. Acesso em: agosto 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/pesquisa-de-mercado-o-que-e-e-para-que-servir,97589f857d545410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>.
- [25] StatCounter. *Mobile & Tablet Operating System Market Share in Brazil*. 2017. Acesso em: agosto 2017. Disponível em: <<http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/brazil>>.
- [26] Arduino. *ARDUINO NANO*. 2017. Acesso em: agosto 2017. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>>.
- [27] Filipe Flop. *Módulo Bluetooth HC-05*. 2017. Acesso em: agosto 2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>>.

Apêndice A

Questionário da pesquisa de mercado

Parte 1 - Sobre o idoso

1. Idade:
2. Sexo: feminino masculino
3. Aposentado: sim não
4. Quantos medicamentos toma por dia: 1 2 3 4 5 mais
5. Costuma esquecer o horário de algum remédio: sim não
6. Costuma esquecer quais remédios toma quando o seu médico pergunta: sim não
7. Costuma esquecer de comprar mais remédios antes dos seus acabarem? sim não
8. Precisa da ajuda de algum familiar para lembrar dos remédios: sim não
9. Você paga um cuidador: sim não
10. Você está com as vacinas em dia? sim não

Parte 2 - Sobre a tecnologia

11. Você usa aplicativos (celular ou computador) para controlar a saúde? sim não
12. Você conhece algum dispositivo específico para a terceira idade? sim não
 - (a) Se sim, qual?
13. Você usaria um dispositivo para te lembrar de tomar seus remédios? sim não
14. Você usaria um dispositivo que mostre a lista dos remédios em uso? sim não
15. Você usaria um dispositivo que avisasse um familiar que você tomou corretamente seus medicamentos? Ou avisasse a ele que você não tomou no dia (pois pode ter acontecido algo mais grave)? sim não

Apêndice B

Esquemáticos

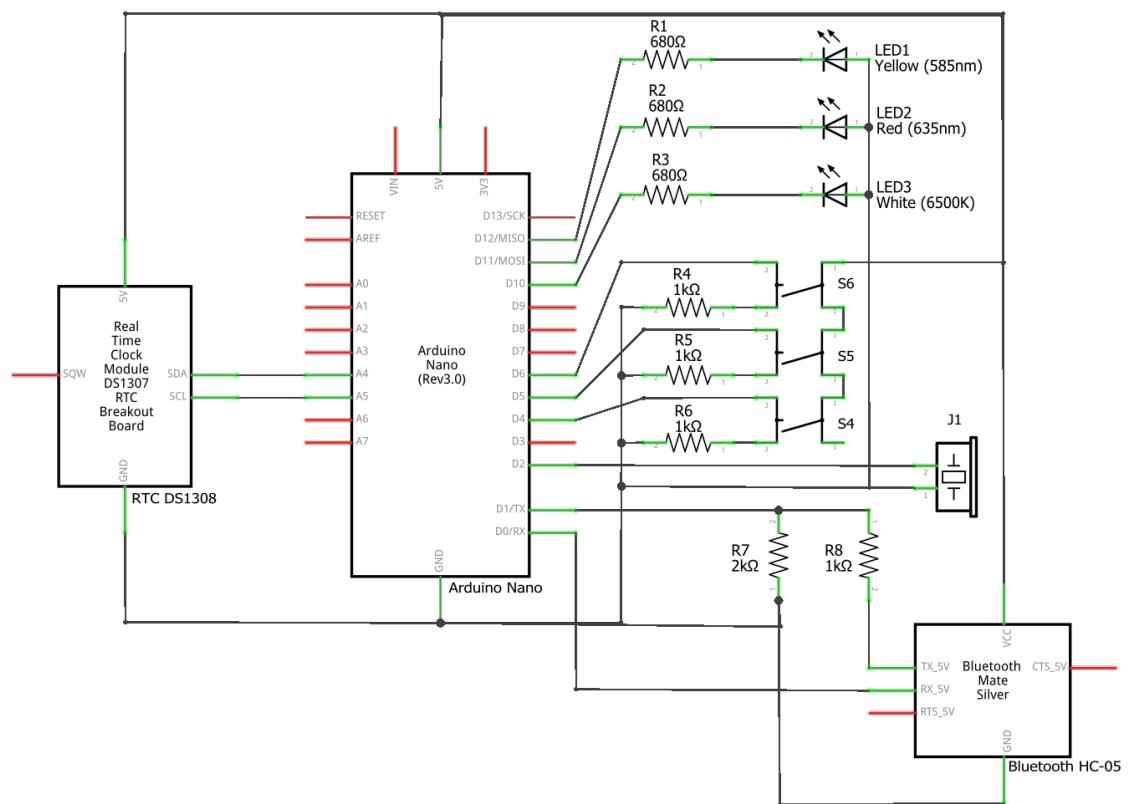


Figura B.1: Esquemático utilizando Arduino do sistema da caixa

Apêndice C

Fluxogramas

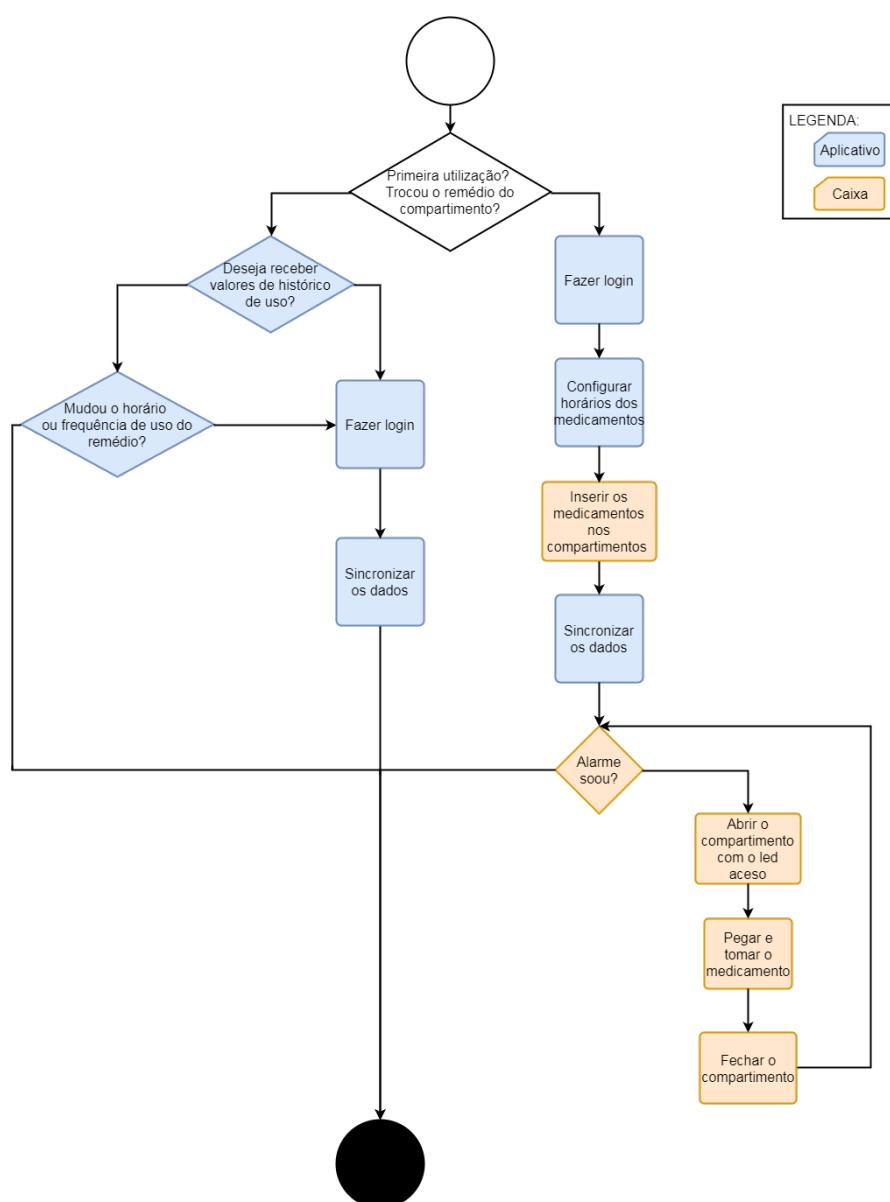


Figura C.1: Fluxograma do funcionamento do sistema

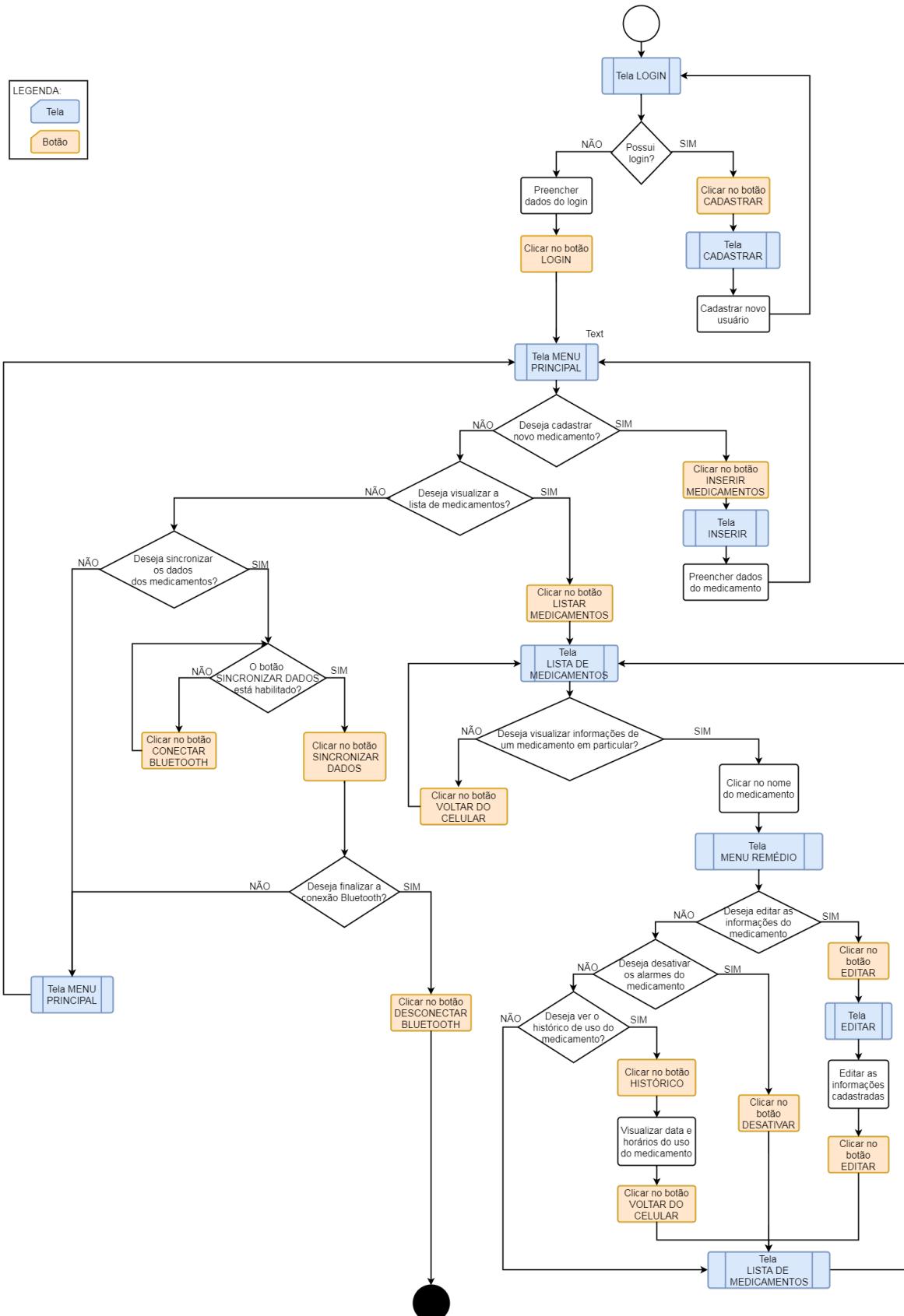


Figura C.2: Fluxograma do funcionamento do aplicativo