



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES

LUCAS MELO NOVAIS

**DISPOSITIVO ELETRÔNICO PARA AUXÍLIO DE ROTINAS
MEDICAMENTOSAS**

BELÉM
2019

LUCAS MELO NOVAIS

**DISPOSITIVO ELETRÔNICO PARA AUXÍLIO DE ROTINAS
MEDICAMENTOSAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para
obtenção de grau de Bacharel em Engenharia da
Computação, do Instituto de Tecnologia e
Faculdade de Computação e Telecomunicações.

BELÉM
2019

LUCAS MELO NOVAIS

**DISPOSITIVO ELETRÔNICO PARA AUXÍLIO DE ROTINAS
MEDICAMENTOSAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia da Computação, aprovado pelos membros da banca examinadora com conceito: _____.

Belém, ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Agostinho Luiz da Silva Castro
ORIENTADOR

Prof. Dr. Ronaldo de Freitas Zampolo
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

Eng. Luan Santana da Costa
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

À minha família, amigos e todos aqueles, que direta ou indiretamente, me trouxeram até este momento.

Agradeço primeiramente aos meus pais por me proporcionarem o caminho até aqui, nunca negligenciando minha educação e sempre me tratando com amor.

Então gostaria de agradecer à minha companheira de vida, Brenda Kelly Souza Ferreira, que esteve ao meu lado durante todo o curso e principalmente durante nestes dois últimos anos. Ademais gostaria de agradecer à minha família que sempre me incentivou a ser uma pessoa melhor e aos meus queridos amigos que sempre conseguem tirar o melhor de mim, em especial aos meus colegas de turma que trilharam esse caminho comigo; Arthur Cordovil, Geandreson Costa, Luan Costa, Luiz Miranda, Matheus Almeida, Pedro Armando, Pedro Victor, Silvia Maiara, Wesler Avilar e Weverson Nascimento.

Gostaria de agradecer também aos meus professor, em destaque ao Professor Agostinho Castro, por sua excelente tutoria, por toda a paciência e apoio nos últimos anos e ao Professor Rafael Oliveira pelas oportunidades e votos de confiança durante todo o decorrer do curso.

Por fim gostaria de agradecer aos meus colegas de trabalho que me ajudaram, e continuam a ajudar, constantemente no meu crescimento profissional; são eles: Maxwel Macedo, Lucas Silva, Felipe Leite, Wagner Miranda, Márcia Fontes, João Cleber e todos os demais funcionários do Cidade Aprendizagem, GESTCOM e do LINC.

“Assim como o oposto do amor não é o ódio, mas sim a indiferença, o oposto da esperança não é o desespero. Certamente o oposto da esperança é a aceitação apática de todas as coisas. É aquele estado absoluto de apatia que lhe permite, com convicção, aprovar todas as coisas, a dizer ‘Sim, tudo bem’ – este é o oposto da esperança.”

(Nishio Ishin)

RESUMO

A proposta de se utilizar tecnologia para resolver problemas da área da saúde é antiga. Nos últimos anos, com a popularização das placas de prototipagem de baixo custo, soluções tecnológicas para problemas atuais e futuros foram se tornando cada vez mais comuns. É nesse meio que este trabalho se encontra. Ao receber diagnósticos, pacientes são expostos a rotinas medicamentosas que muitas vezes se mostram trabalhosas ou exigem demais daqueles que não estão em plena condição de autonomia física. A não-adesão a medicamentos por parte da população é um problema que afeta a todos, mas principalmente indivíduos da terceira idade. E por se tratar de uma população com porcentagem crescente isso se desenvolverá em um problema maior no futuro. Com base em estudos que apontam diversos fatores relacionados à baixa adesão medicamentosa nessa faixa populacional, foi proposto um equipamento que tenta ao máximo melhorar o dia-a-dia daqueles que devem seguir rotinas medicamentosas complexas ou com grande quantidade de medicamentos. Utilizando um Raspberry Pi como Plataforma para um Terminal de Uso e tecnologias como PHP, HTML5, JQueryUI, Java, Selenium e MariaDB foi possível construir um equipamento eletrônico capaz de gerenciar até 10 medicamentos, que são monitorados a todo momento a fim de registrar quando são pegos para consumo do paciente, gerando assim um relatório detalhado de consumo de medicamentos que pode ser utilizado por profissionais de saúde para investigação clínica. Além disso, o equipamento se mostra útil para evitar problemas relacionados à interações entre medicamentos, visto que ao registrá-los no sistema é possível identificar interações e, dessa forma, requerer revisão na prescrição dos medicamentos.

Palavras-chaves: Adesão ao Tratamento Medicamentoso, Raspberry Pi, Tecnologia Assistiva, Organizador de Pílulas e Comprimidos Eletrônico, Rotina Medicamentosa.

ABSTRACT

The proposal to use technology to solve health problems is old. In recent years, with the popularization of low-cost prototyping boards, technological solutions to current and future problems have been becoming increasingly common. It is in this environment that this work finds itself. When receiving diagnostics, patients are exposed to drug routines that are often laborious or require too much of those who are not in full physical autonomy condition. Non-adherence to drugs by the population is a problem that affects everyone, but mainly seniors. And because it is a population with increasing percentage this will develop into a bigger problem in the future. Based on studies that point out several factors related to the low drug adherence in this population range, it was proposed an equipment that tries to the maximum to improve the daily life of those who must follow complex drug routines or with large quantity of medicines. Using a Raspberry Pi as a Platform for a Usage Terminal and technologies such as PHP, HTML5, JQueryUI, Java, Selenium and MariaDB, it was possible to build an electronic device capable of managing up to 10 medicines, which are monitored at all times in order to register when they are collected for patient consumption, thus generating a detailed report of drug consumption that can be used by health professionals for clinical research. In addition, the equipment is useful to avoid problems related to drug interactions, since when registering them in the system it is possible to identify interactions and, therefore, require revision in the prescription of medicines.

Palavras-chaves: Medication Adherence, Raspberry Pi, Assistive technology, Electronic Pill Box, Routine of Drug Administration.

LISTA DE FIGURAS

1. Projeção da evolução dos grupos etários até 2030	3
2. Índice de Envelhecimento no Brasil e no Pará	4
3. Caixa organizadora	8
4. Foto de uma das soluções eletrônicas disponíveis no mercado.	9
5. Foto de uma das soluções eletrônicas disponíveis no mercado.	9
6. Modelo de porta comprimidos com eletrônica proposto por HAYES	10
7. Representação dos componentes do sistema em forma de blocos e seus respectivos materiais selecionados	11
8. Dimensões da caixa com tampa	13
9. Dimensões da tampa	13
10. Dimensões da caixa.	14
11. Modelo de tubete utilizado para armazenamento dos medicamentos.	14
12. Esquema de furação e acondicionamento dos tubetes	15
13. Ilustração da guia para os tubetes.	15
14. Chave Fim de Curso	16
15. Posição das chaves Fim de Curso entre as placas paralelas e dos LEDs.	17
16. MCP23017 como apresentado em sua Folha de dados.	18
16. Representação dos componentes do terminal de uso do sistema	19
17. Raspberry Pi 3B	19
18. Raspberry Pi acoplado a uma Tela TLC e a plataforma de moldura.	20
19. Processo de preenchimento da base de dados	24
20. Diagrama de caso de uso	25
21. Caixa de medicamento com todos os tubetes inseridos.	30
22. Bandeja com alguns comprimidos e cápsulas a serem utilizados para o teste de acomodação de medicamentos nos tubetes	31
23. Comprimidos e Cápsulas armazenadas dentro dos tubetes.	32
24. Tela principal da aplicação web.	34
25. Primeira parte do formulário de cadastro de rotina medicamentosa	34
26. Segunda parte do formulário de cadastro de rotina medicamentosa	35

27. Seletor manual de medicamentos.	35
28. Diálogo de seleção de slot	36
29. Trecho bula que fala sobre os possíveis malefícios do remédio	37
30. Lista de rotinas medicamentosas do usuário.	37
31. Alerta indicando interação entre medicamentos	38
32. Tela de configuração do ambiente	39
33. E-mail recebido pelo teste do sistema	39
34. Diálogo de consulta de bulas.	40
35. Saída de texto do Serviço de Monitoramento.	42
36. Alerta emitido quando o usuário tenta tomar dois medicamentos iguais seguidos	43
37. Caixa de medicamentos em ambiente claro com LED indicando medicamento que . . .	44
38. Caixa de medicamentos em ambiente escuro com LED indicando medicamento	44
39. Alerta indicando como proceder caso esqueça de tomar uma dose do medicamento . . .	45
40. Tela de geração de relatórios.	46
41. Relatório salvo como PDF	46

LISTA DE TABELAS

1. Lista de requisitos funcionais da interface gráfica do usuário	26
2. Lista de testes operacionais da Caixa de Medicamentos e seus Tubetes.	29
3. Lista de testes operacionais da interface gráfica do usuário	33
4. Lista de testes operacionais do Serviço de Monitoramento	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação	3
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo Geral	5
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Organização do trabalho	6
2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	7
3. DESENVOLVIMENTO	11
3.1. Materiais e Métodos	12
3.1.1. Caixa de medicamentos	12
3.1.1.1. Montagem da Caixa de Medicamentos	13
3.1.1.2. Identificação de Inserção/Remoção de Medicamentos	16
3.1.1.3. Indicador Visual	17
3.1.1.4. Expansor de portas I/O	17
3.1.2. Terminal de uso	18
3.1.2.1. Base de Dados e Web Scraping	22
3.1.2.2. Interface Gráfica do Usuário	24
3.1.2.3. Servidor Web	27
4. RESULTADOS E TESTES	28
4.1. Testes operacionais	28
4.1.1. Primeira parte dos Testes Operacionais - A Caixa de Medicamentos	29
4.1.1.1. Resultados da Primeira Parte	30
4.1.2. Segunda parte dos Testes Operacionais - O Cadastro e Rotinas e Configuração do Ambiente	33
4.1.2.1. Resultados da Segunda Parte	34
4.1.3. Terceira parte dos Testes Operacionais - O Serviço de Monitoramento	41
4.1.3.1. Resultados da Terceira Parte	42
4.1.4. Quarta Parte dos Testes Operacionais - Geração de Relatórios	45
4.1.5. Relatório gerado	45
5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	47
APÊNDICE A - Controle e monitoramento utilizando o MCP23017	52

1. INTRODUÇÃO

Após o diagnóstico de um problema de saúde é comum que uma rotina medicamentosa seja prescrita para tratá-lo, e esta deve ser seguida à risca para se alcançar a cura ou estabilidade do quadro clínico. Além disso, também é comum, em casos de quadros clínicos que apresentem mais de um problema de saúde, que seja prescrito uma ou mais rotinas medicamentosas por diferentes profissionais. Eventualmente, um paciente pode se deparar com profissionais que não estão cientes de que aquele já está sob prescrição de muitos medicamentos ou que exista alguma interação ou proibição de medicamentos. Fatos dessa natureza são observados por SEHN et al. (2003) e MOURA et al. (2007), através de estudos realizados em hospitais onde existem procedimentos que revelam a interação entre medicamentos prescritos em âmbito hospitalar. Este é um quadro comum, definido como Polifarmácia. De acordo com a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS, 2015), Polifarmácia, ou polimedicação, pode ser definida como “administração de múltiplos medicamentos ao mesmo paciente, mais comumente vista em pacientes idosos. Inclui também a administração de medicação excessiva.”.

De acordo com a cartilha para uso racional de medicamentos disposta pelo Ministério da Saúde (MS, 2015), o resultado positivo do uso de um conjunto de medicamentos por pessoas que não estejam sob supervisão médica constante (hospitalizadas) só pode ser alcançado quando há cautela. Em outras palavras, ter ciência dos possíveis efeitos colaterais e interações que esses medicamentos podem vir a apresentar quando associados com outros elementos do dia-a-dia e, disciplina quanto às orientações médicas e presentes na bula. Em termos técnicos, o ato de um paciente obedecer, com disciplina, toda a prescrição médica pode ser definido como “adesão à rotina medicamentosa” (CRAMER et al, 2008). A não-adesão ao tratamento medicamentoso pode se dar por diversas razões, como apontado por TAVARES et al. (2013) em seu estudo sobre baixa adesão em idosos. Dentre elas existe o receio relacionado a quantidade de medicamentos receitados e a incapacidade de seguir a prescrição médica devido a má administração das doses do medicamento.

Tais problemas como a não-adesão ao tratamento medicamentoso, a polifarmácia e suas interações entre medicamentos são barreiras que impedem que haja seguridade, tanto por parte do médico quanto do paciente, de que determinados medicamentos estejam cumprindo sua finalidade.

Geralmente, quando os tópicos de adesão ao tratamento medicamentoso e a polifarmácia são abordados juntos, o foco da discussão é a terceira idade, como podemos observar em vários estudos como relacionados ao tema, como os trabalhos feitos por TAVARES et al. (2013), SECOLI (2010) e DA SILVA (2016).

De acordo com dados do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2016), até 2030 haverá um crescimento médio, de aproximadamente 0,35% por ano, no número de idosos em relação ao número de jovens e PIA (População em Idade Ativa). Ainda de acordo com o IBGE, hoje, 9.5% da população brasileira é constituída de pessoas na terceira idade. Sendo assim, tendo em vista que a terceira idade é o foco da discussão sobre polifarmácia e adesão ao tratamento medicamentoso, há uma tendência no aumento de casos onde há problemas relacionados à administração dos medicamentos ou à adesão do tratamento. A solução para esses problemas pode estar no uso de uma tecnologia para auxiliar a rotina medicamentosa, que seja capaz de oferecer a possibilidade, tanto ao paciente quanto ao(s) médico(s), de assegurar que todo o tratamento está sendo executado da forma prescrita e sem interações medicamentosas perigosas.

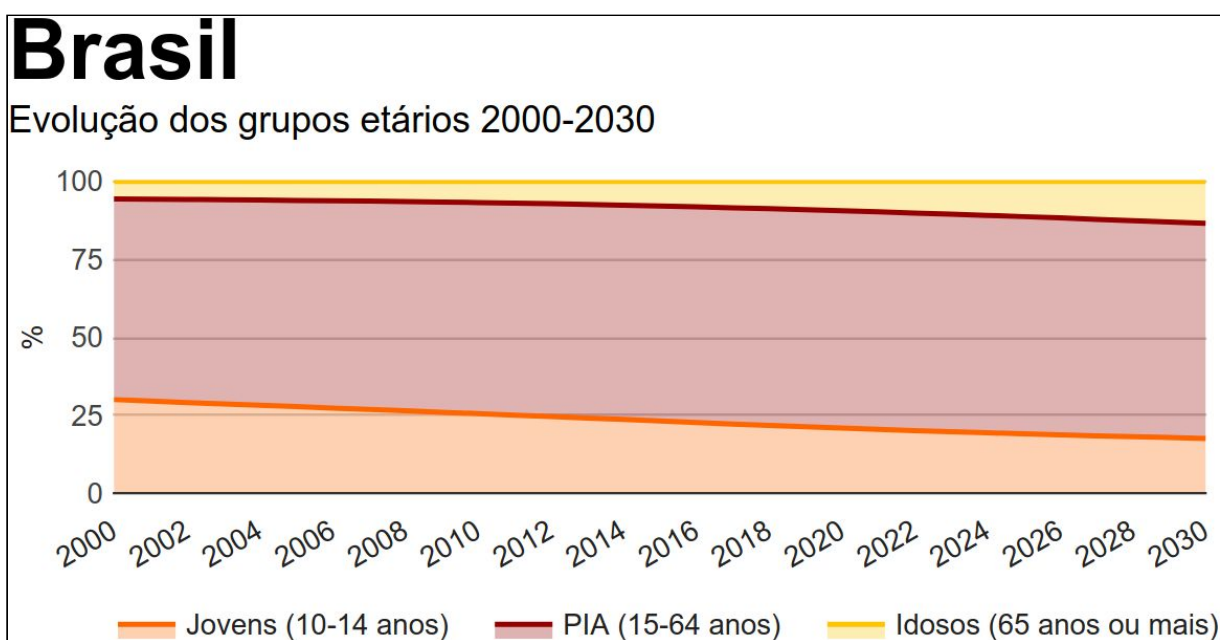
O desenvolvimento de dispositivos para auxiliar pessoas idosas e deficientes vem se mostrando uma tendência mundial nos últimos anos, isso é evidenciado no relatório que trata sobre o crescimento desse tipo de tecnologia da Coherent Market Insights (CMI, 2017), de acordo com o relatório o mercado mundial de dispositivos de assistência para idosos e deficientes foi avaliado em 14 bilhões de dólares em 2015 e a previsão é de que supere os 26 bilhões de dólares até 2024. Parte disso se dá pela disseminação das práticas e técnicas de desenvolvimento, que pôde ser alcançada em razão do grande número de plataformas de prototipagem lançadas à baixo custo, e de fácil replicabilidade no mercado nos últimos anos como apontado por RAZA et al. (2016) durante a conferência da IEEE sobre tecnologias do futuro.

Dessa forma, este trabalho procura discorrer sobre o desenvolvimento de um protótipo de produto que tem por finalidade auxiliar o processo de administração de medicamentos para pessoas que necessitam de cuidados, tendo como principal alvo o caso de idosos que vivem sozinhos ou são acompanhados por cuidadores ou familiares.

1.1. Motivação

De acordo com dados do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2016), nos próximos anos haverá um crescimento no número de idosos em relação ao número de jovens e População em Idade Ativa (PIA). A Figura 1 apresenta um gráfico representativo dessa indicação. A partir da análise da Figura 1, observa-se que a percentagem de pessoas idosas (65 anos ou mais) no Brasil em 2018 é de cerca de 8% e chega a 5% no estado do Pará.

Figura 1. Projeção da evolução dos grupos etários até 2030.



Fonte: IBGE¹

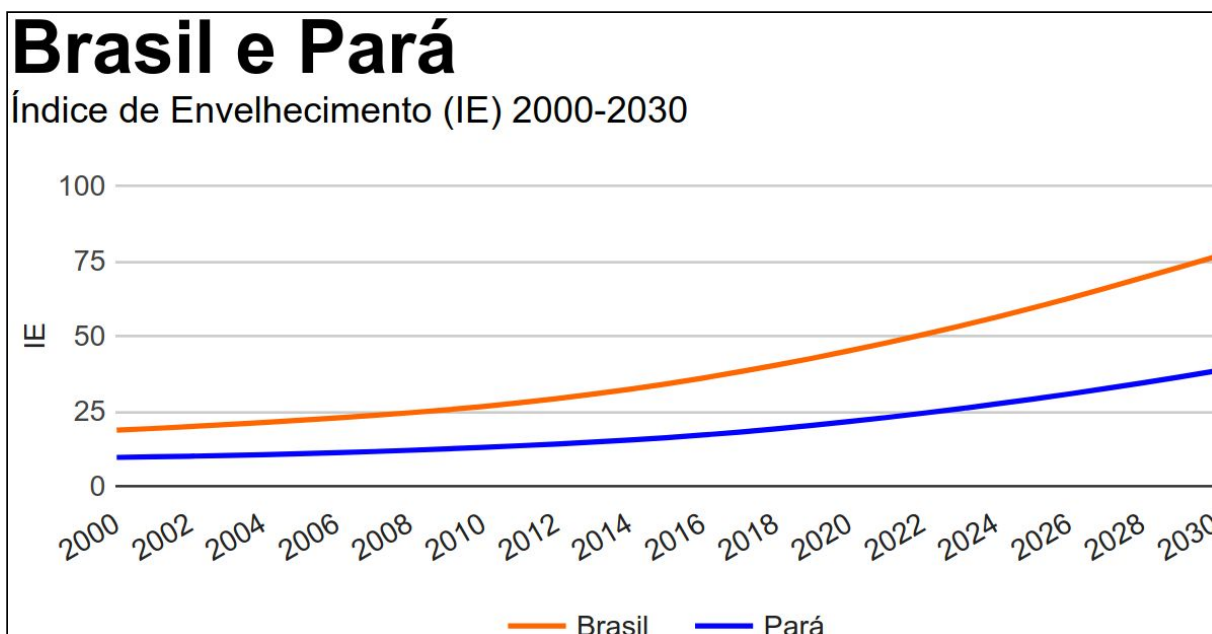
Outro dado importante quanto ao crescimento da população idosa no Brasil e no Pará é o índice de envelhecimento da população, que ainda de acordo com o IBGE pode ser calculado a partir da equação (1)

$$\frac{\text{Nº de pessoas com 60 ou mais anos de idade}}{\text{Nº de pessoas com 15 ou menos anos de idade}} \times 1.000 \quad (1)$$

Em 2018, o IBGE estimou a partir deste índice que a cada 100 pessoas com 15 anos ou menos existem ao menos 40 pessoas com 65 anos ou mais no Brasil e, aproximadamente, 19 no Pará. A projeção para o ano de 2030 é de, por volta, 76 pessoas com 65 anos ou mais a cada 100 pessoas com 15 anos ou menos no Brasil e cerca de 38 no Pará. A Figura 2 ilustra essa situação.

¹ Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

Figura 2. Índice de Envelhecimento no Brasil e no Pará



Fonte: IBGE²

Esses dados referentes à taxa de envelhecimento e percentual de pessoas idosas na população são informações relevantes, pois demonstram que a população do país está em uma tendência de envelhecimento. Tais dados se tornam um indicativo que revela oportunidades para estudos na busca de soluções de problemas, que hoje afetam uma pequena parcela da população, mas que em algumas décadas afetará a qualidade de vida de boa parte da população do país.

Quando se fala de medicamento para pessoas que necessitam de cuidados, principalmente quando se diz respeito à idosos, a primeira barreira para que se inicie o tratamento é a adesão ao tratamento medicamentoso. TAVARES et al. (2013) em sua pesquisa, que durou anos e contou com a participação de mais de 1000 indivíduos, evidenciou algumas das razões da não-adesão ao tratamento medicamentoso que afetam uma parte relevante dos indivíduos que participaram da pesquisa. Constatou-se a partir da mesma que cerca de $\frac{1}{3}$ dos idosos não aderem à medicação. Alguns relatos que explicam esse fato foram evidenciados na obra. Alguns desses relatos são de relevância para este trabalho, são eles:

1. 59,8% dos participantes da pesquisa relataram alguma falha de dias do tratamento.
2. 37,6% dos participantes da pesquisa relataram alguma falha de doses do tratamento.
3. 65,3% dos participantes da pesquisa recebem um esquema de múltiplas doses de medicamentos.

² Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

4. 20,8% dos participantes da pesquisa relataram ter dificuldade de ler o que está escrito na embalagem.
5. 16,0% dos participantes da pesquisa relataram ter dificuldades em se lembrar de tomar os medicamentos.

Além disso, de acordo com TAVARES et al. (2013); “A dificuldade em se lembrar de tomar os seus medicamentos e usar vários medicamentos ao mesmo tempo foram barreiras referidas pelos idosos para o cumprimento da sua terapia.”. Apesar do baixo percentual de idosos que relataram tal dificuldade, ela ainda é presente e, junto à tendência de crescimento da população idosa, poderá se tornar uma preocupação maior no futuro.

Outro problema citado em várias obras como SECOLI (2010) e DA SILVA (2016) é o uso de múltiplos medicamentos por idosos, conhecido como Polifarmácia. Ainda de acordo com TAVARES et al. (2013) a polimedicação é tratada como um dos fatores que influenciam na baixa adesão ao tratamento medicamentoso em idosos, principalmente por conta da complexidade do regime de medicação, e muitas vezes, por medo ou dúvida quanto ao medicamento que estão ingerindo.

Certamente, devido ao crescimento populacional da terceira idade, haverá a necessidade do uso de técnicas e equipamentos que sejam capazes de resolver problemas associados à baixa adesão a tratamentos medicamentosos que afeta essa faixa da população.

1.2. Objetivos

Este trabalho é composto de um objetivo geral e alguns objetivos específicos. Os objetivos específicos podem ser entendidos como componentes a serem alcançados na tentativa de contemplar o que é almejado no objetivo geral.

1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo eletrônico com interface gráfica que seja capaz de auxiliar pacientes na adesão à rotinas medicamentosas prescritas por profissionais da área da saúde, com foco naqueles pertencentes à terceira idade. Também é objetivo do dispositivo auxiliar os responsáveis pelo paciente (cuidadores ou familiares) na manutenção e gestão dessas rotinas, com a possibilidade de preservar a autonomia e iniciativa do paciente e, ainda, possibilitando a supervisão do responsável.

1.2.2. Objetivos Específicos

Desenvolver um dispositivo eletrônico com interfaceamento gráfica capaz de:

- Armazenar medicamentos de forma a ser possível o monitor seu consumo.
- Permitir cadastrar e finalizar rotinas medicamentosas pelo usuário.
- Alertar os usuários de qualquer condição desfavorável, como por exemplo Interações medicamentosas com alto grau de interação ou repetição de doses em curto intervalo de tempo.
- Gerar relatórios de uso dos medicamentos pelos usuários do sistema.
- Notificar o(s) responsável(eis) pelo(s) usuário(s) do sistema caso ocorra qualquer condição desfavorável.

1.3. Organização do trabalho

Este trabalho foi organizado da seguinte maneira:

Capítulo 2: Contextualização do Problema - Neste capítulo é feito um estudo das técnicas já existentes para redução da não-adesão à medicação por pacientes com diferentes diagnósticos e modo de vida. Além disso, também é abordado os equipamentos já existentes no mercado e algumas patentes que se assemelham ao modelo sugerido neste trabalho.

Capítulo 3: Desenvolvimento – Este capítulo conta com a listagem e discussão em torno de tudo que foi utilizado para a montagem do protótipo eletrônico e desenvolvimento da interface gráfica do sistema.

Capítulo 4: Resultados – Capítulo reservado para apresentar como o protótipo elaborado é capaz de solucionar o problema abordado neste trabalho. Contando também com resultados de testes operacionais feitos para comprovar a usabilidade do produto.

Capítulo 5: Conclusão e Trabalhos Futuros – Neste capítulo é feita uma discussão do problema geral, a solução elaborada por esse trabalho e suas limitações. Além disso, também é abordado as possíveis aplicações do modelo construído ao decorrer deste trabalho e suas possíveis limitações técnicas e como provavelmente podem ser superadas em trabalhos subsequentes.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Existem diversos estudos que listam a diversidade de fatores associados à baixa adesão ao tratamento medicamentoso por pacientes de faixas etárias, classes socioeconômicas e diagnósticos diferentes como apresentado nos trabalhos de TAVARES et al. (2013), DA SILVA (2016) e REMONDI (2014). Tais fatores são indicativos do que se pode melhorar no dia-a-dia dessas pessoas para que seja possível tornar a adesão à rotina medicamentosa mais alcançável. Mas, além disso, esses estudos elaboram sugestões para solucionar o problema; algumas dessas sugestões formam a prerrogativa a qual se motiva esse trabalho, TAVARES et al. (2013) tem como conclusão de seu trabalho que

[...] Isso reforça a importância de ações que visem prevenir ou postergar a incapacidade funcional, melhorando a autonomia do idoso na gestão do cuidado com a sua saúde e tratamento medicamentoso. (p. 1099)

além disso, de acordo com REMONDI (2014)

Como medidas práticas, os serviços de saúde podem incorporar ao seu processo de trabalho a avaliação sistemática da adesão ao tratamento e da frequência de utilização, identificando e intervindo sobre situações de elevado risco. (p. 132)

e por fim, de acordo com DA SILVA (2016)

A partir das informações levantadas e dos problemas e estratégias encontrados, pode-se observar que a tarefa de o uso de muitos medicamentos por idosos autônomos envolve elementos linguísticos (para compreensão da linguagem presente na bula, por exemplo), culturais, visuais e questões relativas ao sistema industrial farmacêutico e a regulamentação pelo governo. (p. 141-142)

É possível observar dentro das conclusões dessas pesquisas a ausência de uma tecnologia como solução para os problemas relacionados à baixa adesão medicamentosa. Isso pode se dar devido à dificuldade dos idosos no uso das novas tecnologias, que pode se dar por diversos fatores, como explicado por TAVARES, M. (2012). Pesquisas revelam que a barreira dos idosos e os novos recursos tecnológicos está diminuindo a cada dia no Brasil (PAIVA, 2016), (COSTA, 2018), e no restante do mundo (ANDERSON, 2017).

De acordo com KOCUREK (2009), para cada tipo de barreira que impede adesão à rotina medicamentosa existem algumas medidas que podem ser eficazes a fim de superá-las. Dentre essas medidas temos a simplificação das rotinas medicamentosas, a listagem de medicamentos por parte do paciente, a clareza nas instruções de uso dos medicamentos, o uso de lembretes, o uso de porta comprimidos e por fim o acompanhamento da adesão do paciente

por parte do agente de saúde. São diversos métodos que podem ser facilmente materializados em equipamentos eletrônicos, que podem vir a ser úteis para qualquer pessoa durante o tratamento de episódios que requeiram o uso de medicamentos.

Atualmente existem algumas classes de equipamentos que buscam melhorar a relação de pessoas com seus tratamentos medicamentosos, principalmente nos casos onde há uma rotina diária ou semanal de uso de determinados medicamentos. Vários desses equipamentos se diferem por propostas de funcionamento e abordagens.

Os equipamentos mais comuns no mercado serão citados nesse trabalho a fim de contextualizar o equipamento proposto e, dessa forma, apresentar suas limitações, benefícios e diferenças em relação aos demais equipamentos disponíveis no mercado mundial.

Partindo do modelo mais simples comercializado, temos as caixas organizadoras de pílulas, representada pela Figura 3, ou porta comprimidos. Facilmente encontradas em farmácias e lojas de artigos plásticos, essas caixas organizadoras são a opção mais barata para organizar uma rotina medicamentosa. Estudos reforçam o uso desse tipo de equipamento, visto que sua utilização já demonstrou melhorias na adesão à rotina medicamentosa de pacientes com HIV (PETERSEN, 2007).

Figura 3. Caixa organizadora



Fonte: Loja do Avô³

Apesar desse modelo ser a opção mais comum e acessível, sem o devido controle e organização pode se tornar a causa de diversos problemas. Como já abordado anteriormente, uma pequena parcela de pacientes idosos relata que falharam no tratamento medicamentoso em decorrência da dificuldade em se lembrar de tomar o medicamento; nesses casos essa solução mais simples não seria o suficiente.

³ Disponível em: <lojadoavo.com.br/p/1235/porta-comprimido-dias-da-semana>. Acesso em: 10 jul. 2019.

Outra solução comumente adotada é a de caixas organizadoras de pílula com eletrônica envolvida. O limite do poder de assistivo que o aparato eletrônico pode oferecer varia de modelo para modelo disponível no mercado. Alguns se limitam apenas a apresentar um relógio digital, com data, hora e dia da semana junto a caixa organizadora, por exemplo, e outros podem ter várias funções; como alarmes e travas eletrônicas que impedem que o paciente repita um medicamento fora do horário correto. As Figuras 4 e 5 são de produtos disponíveis no mercado. A faixa de preço final para aquisição desses tipo de mercadoria, levando em consideração todas as taxas de importação, varia entre R\$500 e R\$2000, de acordo com os preços apresentados nos sites da fabricante (e-pill MedCenter, 2019).

Figura 4. Foto de uma das soluções eletrônicas disponíveis no mercado



Fonte: e-pill MedCenter ⁴

Figura 5. Foto de uma das soluções eletrônicas disponíveis no mercado



Fonte: e-pill MedCenter ⁵

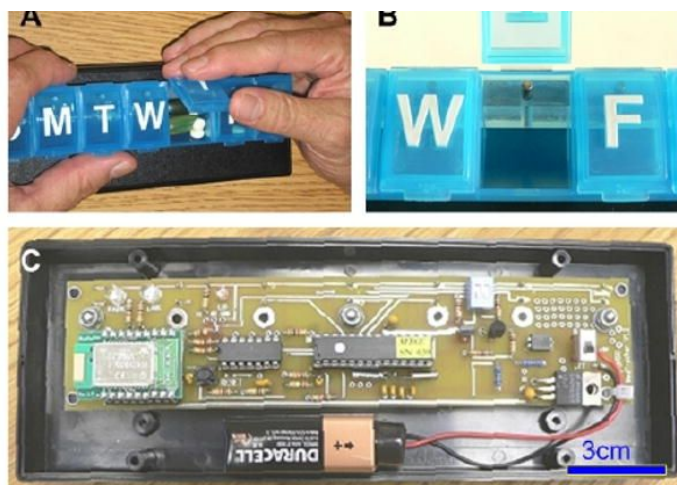
No campo de pesquisa existem diversas abordagens com os modelos mais diversos de porta comprimidos ou caixas de medicamentos.

HAYES (2006) propôs um modelo de porta comprimidos utilizando um microcontrolador PIC agregado a um módulo de bluetooth para monitoramento contínuo da adesão medicamentosa. Abaixo a Figura 6, demonstra o produto elaborado por HAYES.

⁴ Disponível em: <<https://www.epill.com/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

⁵ Disponível em: <<https://www.epill.com/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

Figura 6. Modelo de porta comprimidos com eletrônica proposto por HAYES



Fonte: HAYES (2006)

Além do aparato proposto por HAYES (2006), vários outros autores como GIRVETZ (1999), DICKIE (2016) e LEE (1999) propuseram modelos que foram patenteados em diferentes anos. Isso também demonstra o quanto essa estratégia vem sendo estudada ao longo dos anos e de acordo com a evolução da tecnologia.

Porém, a maioria dessas tecnologias apenas se encontra disponível em outros países. Aparentemente no mercado brasileiro não há oferta de produtos com todos esses recursos e com funções traduzidas para nosso idioma.

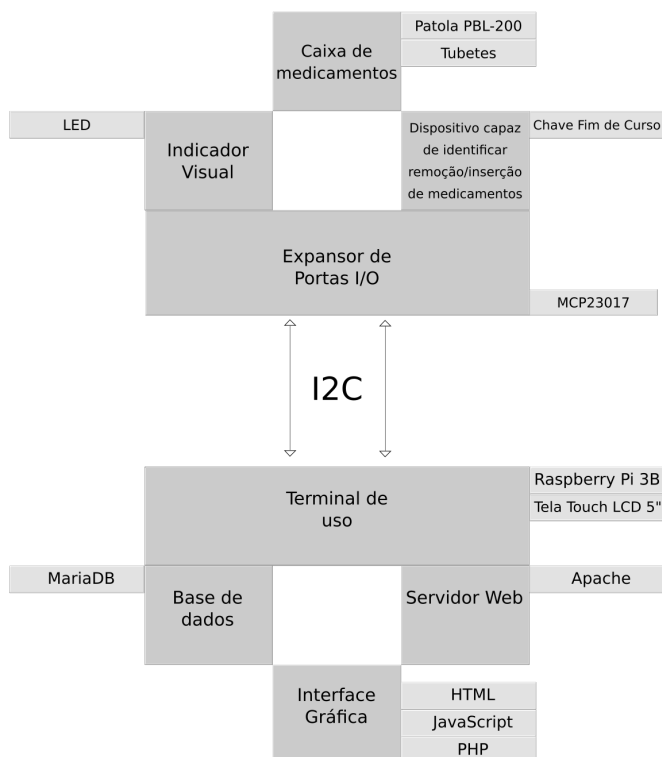
Além de serem úteis para o usuário final (pacientes), os portas medicamentos que utilizam eletrônica também podem ser utilizados para obter resultados em pesquisas, como é o caso do trabalho de VAUR (1999).

Levando em consideração o cenário exposto, podemos perceber que há a necessidade do desenvolvimento de equipamentos que auxiliem a demanda da crescente terceira idade e que atualmente tais equipamentos não tem grande participação no dia-a-dia de pacientes, nem são difundidos como solução para problemas relacionados com a não adesão-medicamentosa. É com base nisso que este trabalho propõe o desenvolvimento de um equipamento que atenda a essas necessidades.

3. DESENVOLVIMENTO

Do ponto de vista estrutural, o objetivo final desse projeto é criar um aparato capaz de armazenar medicamentos, registrar quando são retirados para consumo e alertar o usuário, quando necessário, com sinalizações visuais e sonoras. Além disso, para cadastro das rotinas medicamentosas, geração de relatórios e parte das notificações visuais, será necessário uma interface gráfica do usuário que funcione como interface humano-máquina e interaja diretamente com o dispositivo eletrônico. Na Figura 7 temos a representação do trabalho em blocos. Os blocos representam o papel que cada componente deve desempenhar para que o aparato projetado seja minimamente operacional e ao lado de cada bloco há um bloco menor identificando qual(ais) foi(ram) a(s) escolha(s) de equipamento(s) real(is) para atuar neste trabalho desempenhando tal função.

Figura 7. Representação dos componentes do sistema em forma de blocos e seus respectivos materiais selecionados.



Fonte: (Autor, 2019)

3.1. Materiais e Métodos

Com base na Figura 7, temos os elementos que devem receber certo destaque neste capítulo. Para explicar os materiais e método utilizados em cada um desses módulos dividiremos em dois tópicos maiores; Caixa de Medicamentos, que abordará todos os elementos da parte superior da Figura 7 e Terminal de Uso, que abordará todos os elementos da parte inferior da Figura 7.

3.1.1. Caixa de medicamentos

Durante a fase de planejamento do trabalho um dos pontos abordados refere-se ao armazenamento dos medicamentos. Para maior comodidade, foi decidido utilizar um modelo de acondicionamento próximo dos tradicionais porta-medicamentos e caixas organizadoras de pílulas. Tradicionalmente, esse tipo de equipamento só comporta medicamentos do tipo Pílulas e Comprimidos, e com isso, essa limitação também foi herdada para a caixa de medicamentos deste trabalho.

Os modelos de mais fácil acesso de caixas organizadoras de pílulas/comprimidos são as com compartimentos separados por dia da semana, onde o usuário deve misturar todas as pílulas/comprimidos que usa diariamente em cada um dos compartimentos. Porém, com base na pesquisa de TAVARES et al (2013) é possível perceber que há uma dificuldade envolvendo a organização de múltiplos medicamentos por parte dos usuários da terceira idade. Logo, neste trabalho a abordagem é a de que cada compartimento (tubete) contenha apenas um tipo de medicamento prescrito.

Um estudo de viabilidade dos materiais foi feito, e de acordo com BORJA-OLIVEIRA (2013) é possível armazenar os medicamentos nos compartimentos de revestimento plástico, porém é indicado que eles permaneçam em sua cartela, para evitar contato direto com vários elementos que podem influenciar em sua eficácia. Portanto, para os casos de comprimidos acondicionado em cartelas, é indicado que o usuário recorte-os sem violar a proteção da cartela e os insira em um dos tubetes.

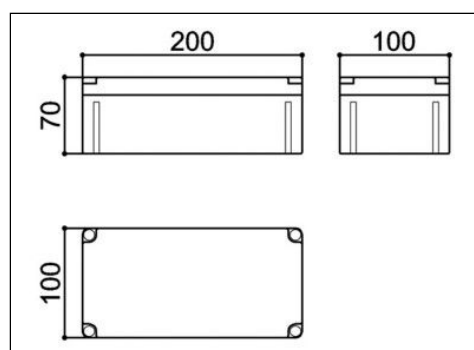
Um diferencial entre a caixa de medicamentos proposta neste trabalho e as mais tradicionalmente comercializadas é que os medicamentos ficam armazenados dentro de frascos que, ao serem encaixados na caixa, não ficam expostos a luz. Além disso, os frascos

utilizados para armazenar os medicamentos podem ser adquiridos facilmente em lojas de artigos para festas.

3.1.1.1. Montagem da Caixa de Medicamentos

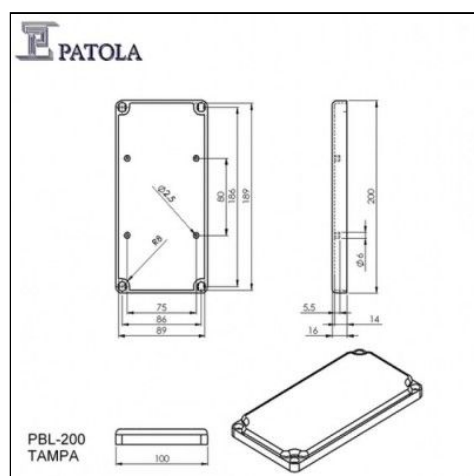
Para atender tal proposta de caixa de medicamentos, uma caixa para montagem de equipamentos foi selecionada com dimensões suficientes para 10 (dez) compartimentos cilíndricos. A caixa de montagem adquirida para o projeto foi o modelo PBL-200, da marca Patola, com dimensões 70 x 100 x 200 mm, como apresentado nas Figuras 8, 9 e 10, que são imagens fornecidas pelo fabricante em seu site oficial.

Figura 8. Dimensões da caixa com tampa



Fonte: Patola⁶

Figura 9. Dimensões da tampa

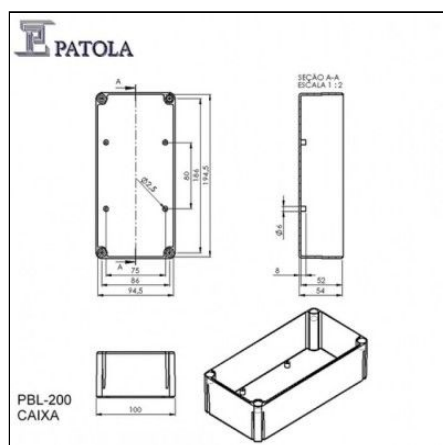


Fonte: Patola⁷

⁶ Disponível em: <patola.com.br/index.php?route=product/product&product_id=520>. Acesso em: 09 jul. 2019.

⁷ Disponível em: <patola.com.br/index.php?route=product/product&product_id=520>. Acesso em: 09 jul. 2019.

Figura 10. Dimensões da caixa.



Fonte: Patola⁸

Os frascos utilizados para o armazenamento dos medicamentos são os popularmente conhecidos “tubetes”, que tem formato de tubo de ensaio, tampas com rosca e uma fina flange na extremidade inferior da rosca da tampa. A Figura 11 é uma foto real do modelo de tubete adquirido para o trabalho.

Figura 11. Modelo de tubete utilizado para armazenamento dos medicamentos.



Fonte: VEMFESTEJAR⁹

Este modelo de tubete selecionado para o trabalho tem 7cm de comprimento. Por conta da sua flange, cerca de 2cm (comprimento que vai da flange até o topo da tampa) fica para o lado de fora da caixa para montagem de equipamentos. Os outros 5cm ficam para dentro da caixa, onde os medicamentos ficam protegidos contra a luz. O diâmetro da parte cilíndrica é de 28mm e o segmento que conta com a flange circular tem diâmetro interno de 28mm e diâmetro total de 34mm.

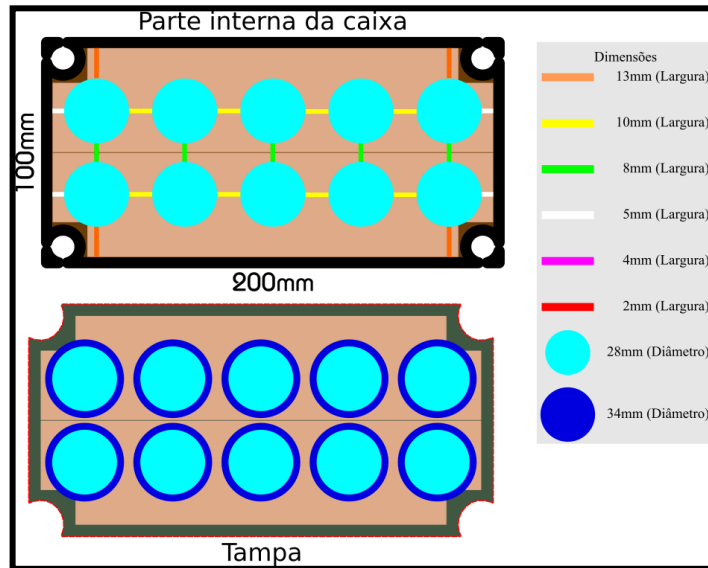
Dessa forma, para comportar os tubetes na caixa para montagem de equipamentos foi proposta um esquema de furação em sua tampa. A Figura 12 demonstra como foi planejado o acondicionamento desses tubetes na tampa e na região interna da caixa de acordo com suas dimensões. Os furos foram feitos na região do diâmetro menor do tubete (28mm),

⁸ Disponível em: <patola.com.br/index.php?route=product/product&product_id=520>. Acesso em: 09 jul. 2019.

⁹ Disponível em: <vemfestejar.com/mini-tubete-acrilico-c-10-unidades-5145/>. Acesso em: 10 jul. 2019.

representado na cor Azul Claro da Figura 12, de forma que sua parte interna entrasse mas sua flange seja utilizada como ponto de parada.

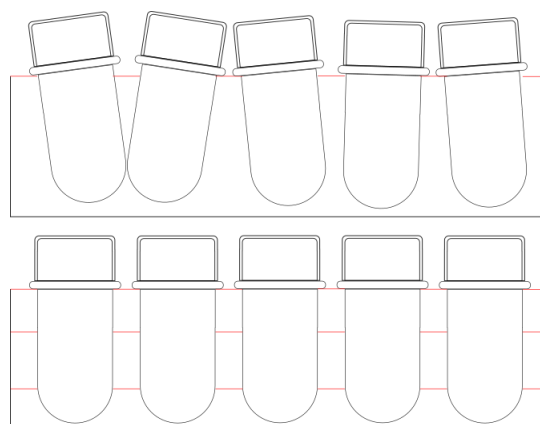
Figura 12. Esquema de furação e acondicionamento dos tubetes



Fonte: (Autor, 2019)

Por fim, para que os tubetes não ficassem soltos dentro da caixa, duas placas de plástico foram postas paralelamente na parte interna da caixa, com esquema de furação igual ao da parte interna. Uma das placas foi posicionada na altura da extremidade dos tubetes e a outra na altura do meio do comprimento dos tubetes. Dessa forma, as placas servem como guia dos frascos na parte interna e ao mesmo tempo como local de acoplamento para parte da eletrônica envolvida no projeto (Chaves e LEDs). A Figura 13 ilustra a situação em que os tubetes ficam soltos e a única possível situação quando as placas paralelas são utilizadas como guia.

Figura 13. Ilustração da guia para os tubetes.



Fonte: (Autor, 2019)

3.1.1.2. Identificação de Inserção/Remoção de Medicamentos

Para que seja possível identificar quando um medicamento é inserido ou removido da caixa de medicamentos é necessário definir um sistema de monitoramento eficaz e preferencialmente de baixa complexidade.

O sistema de monitoramento deve ser capaz de identificar quando um tubete é introduzido ou retirado da caixa de armazenamento, e capaz de informar isso à camada de software para que a ação seja registrada. Logo, eletronicamente, é necessário um elemento que mude de estado quando o tubete é introduzido ou removido ou que seja capaz de discernir e informar quando o tubete está presente ou está ausente.

Existem diversos sensores eletrônicos que podem ser utilizados para essa função, como sensor de ultrassom, sensor infravermelho e sensor de força resistivo (FSR). Porém, a melhor e a alternativa de menor custo são as chaves fim de curso pois, mesmo com seu custo baixíssimo, são capazes de assumir dois estados diferentes (pressionado e não-pressionado), o suficiente para alcançar o objetivo do projeto.

Figura 14. Chave Fim de Curso



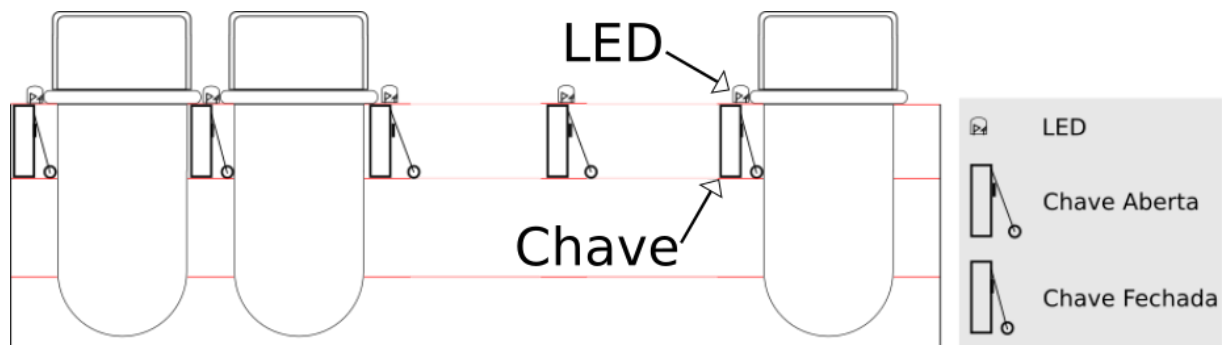
Fonte: Wikipedia¹⁰

Para o monitoramento de cada tubete é necessário uma chave fim de curso que deve ser posicionada entre as placas guias dos tubetes. Os dois orifícios de acoplamento da chave devem ser utilizados para fixá-la entre as placas, isso pode ser feito utilizando cantoneiras, parafusos e porcas. A chave fim de curso conta com três contatos metálicos; COM, NO e NC, que significam, respectivamente, Comum, Normalmente Aberto, Normalmente Fechado. Dessa forma, utilizando uma configuração Pull-Up entre os pinos COM e NO é possível identificar quando a chave fim de curso está pressionada ou não, identificando assim se o Tubete está ou não inserido na caixa de medicamentos. A Figura 15 ilustra como foi feito o

¹⁰ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Microswitch.jpg/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

posicionamento das chaves de forma a identificar quando um medicamento é inserido ou removido.

Figura 15. Posição das chaves Fim de Curso entre as placas paralelas e dos LEDs.



Fonte: (Autor, 2019)

3.1.1.3. Indicador Visual

O sistema de alerta é composto de três componentes, dois componentes visuais e um componente sonoro. O primeiro componente visual se refere à indicação, na caixa de medicamentos, responsável por indicar individualmente cada medicamento.

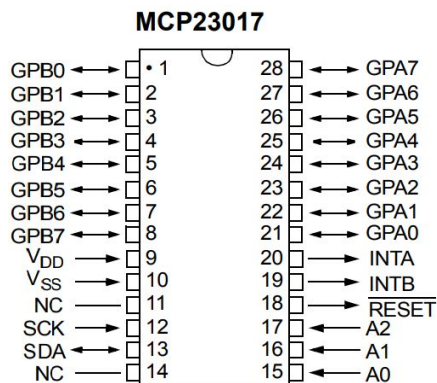
Neste caso a escolha foi utilizar LEDs posicionados ao lado de cada tubete. Os tubetes são translúcidos, logo a luz do LED posicionado ao seu lado irá indicar perfeitamente a posição do tubete que o sistema está emitindo um alerta. Na Figura 15 é possível observar onde os LEDs foram posicionados a fim de indicar individualmente cada medicamento.

3.1.1.4. Expansor de portas I/O

Esse tipo de circuito integrado é geralmente utilizado quando precisamos lidar com uma quantidade de dispositivos I/O superior à quantidade de pinos disponível no controlador, como é o caso deste trabalho. Neste caso, como maioria das portas I/O do Raspberry PI 3B estão ocupadas por uma tela sensível ao toque.

O componente escolhido para desempenhar essa função foi Circuito Integrado (CI) Expansor de portas I/O MCP23017, representado na Figura 16. O MCP23017 funciona a partir do barramento I2C, podendo, dessa forma, ser utilizado por vários modelos de microcontroladores.

Figura 16. MCP23017 como apresentado em sua Folha de dados.



Fonte: MICROCHIP¹¹

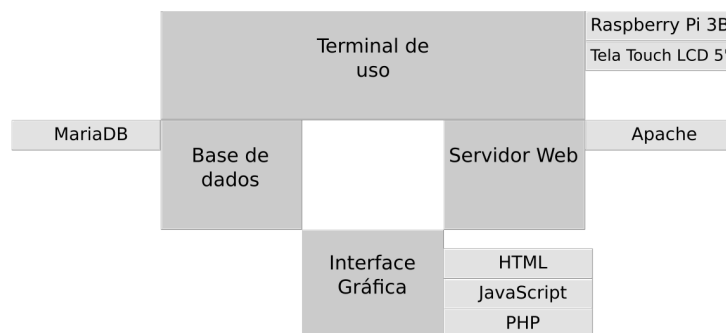
Além disso, é importante ressaltar que, a partir do momento que este expansor de portas é implementado, abre-se a possibilidade de expandir o número de recipientes de medicamentos monitorados por meio de chaves fim de curso e indicados visualmente com LED no dispositivo em até 128, se utilizarmos a lógica de combinações de portas em forma de matriz, como será utilizado neste trabalho, ou em até 64, caso seja utilizado sem a lógica de combinação de portas em matriz. O controle intermediário dos componentes da caixa de medicamento utilizando o MCP23017 e a lógica de combinação de portas em forma de matriz estão melhor detalhadas no APÊNDICE A - Controle e monitoramento utilizando o MCP23017.

3.1.2. Terminal de uso

O bloco do sistema descrito como “Terminal de Uso” na prática é o equipamento que foi utilizado para comportar o componente que desempenha o papel de Interação Humano Máquina (IHM). Esse bloco conta com alguns componentes relacionados a estrutura digital do projeto, como o Banco de dados, o Servidor Web e a Interface Gráfica do Usuário. É a partir dessa última que o usuário poderá traduzir suas ações para comandos de baixo nível. Por conta disso, as escolhas dos materiais utilizados para esse bloco é de fundamental importância para a aparência final do produto, pois todas as possíveis entradas e saídas do sistema partem desse componente.

¹¹ Disponível em: <<http://microchip.com/downloads/en/devicedoc/20001952c.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

Figura 16. Representação dos componentes do terminal de uso do sistema



Fonte: (Autor, 2019)

Como apresentado na Figura 16, o terminal do usuário será em uma plataforma Raspberry Pi 3B. Por se tratar de uma placa comercialmente ativa e largamente utilizada, temos uma gama de opções quanto a sistemas operacionais que podem ser utilizados. Atualmente, o sistema operacional mais utilizado e que dispõe da maior quantidade das funcionalidades da placa implementada para uso é o Raspbian, uma distribuição GNU/Linux baseada na distribuição Debian, que foi desenvolvida e aperfeiçoada para ser utilizada em placas Raspberry Pi. A Figura 17 mostra o modelo de Raspberry Pi utilizado neste trabalho

Figura 17. Raspberry Pi 3B



Fonte: raspberrypi.org¹²

Diferente da escolha de um controlador mais simples e sem sistema operacional, como seria os Microcontroladores como PIC e ATmega, a escolha de uso do Raspberry Pi 3B com seu sistema operacional abre a possibilidade de utilizar tecnologias mais robustas sem precisar de um servidor externo para se comunicar a todo momento, como é o caso do Servidor Web e Banco de dados. Por isso, uma das vantagens de escolher uma plataforma tão robusta é o fato do equipamento poder ser operado sem servidores externos ou conexão com a Internet.

¹² Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 09 jul. 2019.

Neste trabalho, para facilitar o uso da interface humano-máquina por parte do usuário, foi adotado o uso de um módulo de tela LCD sensível ao toque, que é acoplada ao Raspberry Pi 3B e montado em uma plataforma em moldura, de forma a favorecer o uso apenas com uma caneta de toque ao invés de utilizar mouse e teclado.

Figura 18. Raspberry Pi acoplado a uma Tela TLC e a plataforma de moldura.



Fonte: Geekworm.com¹³

Fazendo uso deste módulo LCD sensível ao toque, o número de portas de entrada/saída no Raspberry Pi 3B ficou escasso. E como dito anteriormente, a caixa de medicamentos contará com compartimento para 10 tubetes, sendo que cada um deles deve ter uma chave fim de curso para monitoramento e um LED para indicação visual. Sendo assim, seria necessário 20 portas de entrada/saída apenas para monitoramento e alerta, não contando com esse número de portas de entrada/saída, recorreu-se ao uso do, já mencionado anteriormente, um expensor de portas de entrada/saída.

Além disso, a tela LCD sensível ao toque pode ser considerada outro componente visual do sistema, além dos LEDs localizados ao lado de cada tubete. Com ela é possível apresentar notificações e alertas interativos, que podem ser dispensados tanto pela ação do usuário na caixa de medicamentos, se for o caso, quanto na interação com a tela sensível ao toque. Além disso, a partir de seu uso, um último componente pode ser considerado para emitir notificações diretas ao usuário; o componente sonoro. Por se tratar de um mini-computador, o Raspberry Pi 3B conta com saída de áudio, que pode ser conectada a um alto falante e utilizada para emitir sons digitais que simulam desde sirenes até mensagens de voz armazenadas.

¹³ Disponível em: <geekworm.com/products/raspberry-pi-7-inch-screen-acrylic-case-bracket>. Acesso em: 09 jul. 2019.

A esse ponto já está bem definido que haverá uma Interface Gráfica do Usuário e que a interação do usuário a partir dela resultará em diversas ações que podem resultar em registros na base de dados. Mas outro elemento importante que ainda não foi mencionado é o Serviço de Monitoramento. O Serviço de Monitoramento é um script PHP que faz constante leitura dos estados lógicos das Chaves conectadas ao expansor de portas de entrada e saída.

Devido ao monitoramento contínuo da Caixa de Medicamentos, ações do usuário como remover e inserir tubetes da caixa de medicamento também geram novos registros no banco de dados. Enquanto a Interface Gráfica do Usuário alimenta o banco de dados com registros de rotinas medicamentos, o serviço de monitoramento é encarregado de utilizar essas informações para alimentar o banco de dados com informações relacionada ao uso desses medicamentos. Portanto, a interface gráfica do usuário e o serviço de monitoramento são aplicações diferentes, mas que, por compartilharem o mesmo banco de dados, estão intrinsecamente ligadas. Enquanto a Interface Gráfica do usuário só é executada quando o usuário acessa a página onde está hospedada no Servidor Web local, o serviço de monitoramento é executado em segundo plano no Sistema Operacional.

Enquanto que cabe à interface do usuário a missão de assessorar o usuário em todas as ações que necessitam de entradas humanas, o serviço de notificação é responsável por tudo que é automaticamente feito pela máquina. Sendo assim, a lista de funções desempenhadas pelo serviço de monitoramento é a seguinte;

- Notificar o usuário de todas as formas possíveis quando um medicamento está atrasado.
- Registrar ocorrência de falha de dose caso a notificação seja ignorada e o usuário não tome o medicamento no horário estimado.
- Apresentar ao usuário o que a bula do medicamento recomenda em casos onde o paciente esquecer de tomar uma dose na hora correta.
- Notificar de todas as formas possível o usuário caso ele esteja tentando usar um medicamento antes do tempo indicado.
- Apresentar ao usuário o que a bula do medicamento recomenda em casos onde o paciente tomar uma dose excessiva daquela medicação.
- Registrar ocorrência de evento sempre que o tubete de um medicamento é retirado e inserido.

- Caso o usuário não cumpra a rotina medicamentosa, enviar notificação via e-mail para o endereço eletrônico registrado para receber notificações.

As notificações feitas pelo Serviço de Monitoramento são visuais e sonoras, utilizando os LEDs e o LCD para notificação Visual e a saída de áudio digital para a sonora. As notificações via e-mail são enviadas utilizando a Linguagem de programação PHP, com seu módulo de envio de e-mail em conjunto com os dados de Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) que devem ser registradas antes do uso do sistema.

3.1.2.1. Base de Dados e Web Scraping

Tanto a interface gráfica do usuário quanto o serviço de monitoramento fazem uso de um banco de dados para inserir e consultar dados. Neste trabalho, para controle do banco de dados, foi utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MariaDB.

Apesar das informações relacionadas à rotina medicamentosa só serem inseridas pelo usuário a partir do seu primeiro contato com a interface gráfica, alguns registros já devem existir no banco de dados antes do primeiro uso. Primeiramente é importante mencionar que, neste trabalho, o usuário é incapaz de cadastrar medicamentos à base de dados, a única coisa que ele pode fazer é criar/finalizar rotinas medicamentosas de determinados medicamentos, então os registros dos medicamentos já devem existir no banco de dados.

Neste trabalho, os registros dos medicamentos são coletados de duas fontes. A primeira fonte traz dados relacionados ao rótulo do produto e a segunda fonte é a bula do medicamento. Portanto, a coleta dos registros dos medicamentos foi feita em duas etapas. A primeira etapa foi a coleta e processamento dos dados de rótulo dos medicamentos e a segunda etapa foi a coleta e processamento textual das bulas dos medicamentos.

O objetivo final da coleta dos dados dessas duas fontes é obter uma tabela do banco de dados contendo informações relacionadas às substâncias e nomes comerciais dos medicamentos, a fim de utilizá-los para auxiliar no cadastro de rotinas medicamentosas, e trechos específicos da bula que são de interesse para notificações ao usuário, como por exemplo o tópico presente em praticamente todas as bulas; “O que devo fazer quando eu me esquecer de usar esse medicamento”, que poderá ser apresentado ao usuário quando o sistema identificar que ele esqueceu de tomar uma dose de um medicamento.

Para coletar as informações de rótulos é possível utilizar a planilha de produtos de saúde disponibilizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio do

Plano de Dados Abertos (PDA) do Ministério da Economia¹⁴. A planilha pode ser acessada diretamente em no site do PDA, no domínio específico da ANVISA. O arquivo tem o nome TA_PRODUTO_SAUDE_SITE e é da extensão CSV, um arquivo de dados separados por vírgula, do inglês Comma Separated Values (CSV). Junto deste arquivo existem outros que servem para descrever os termos e abreviações utilizados neste arquivo CSV. Como se trata de um arquivo CSV, ele pode ser facilmente processado e exportado para um banco de dados.

No domínio das bulas de medicamentos, o problema principal em torno de sua busca é que, até o presente momento, a ANVISA não fornece um repositório para acesso direto aos arquivos de bulas. Nem uma API ou Web Service para consulta. O único meio de acesso público às bulas é utilizando sua ferramenta de Bulário Eletrônico, que fornece os arquivos das bulas no formato Portable Document Format (PDF).

O processo de segmentação do texto é feito utilizando expressões regulares para separar parágrafos e identificar o título dos parágrafos por palavras chaves que são utilizadas em maioria dos casos devido a padronização técnica da bulas. Porém, com o enorme número de bulas processadas foi possível perceber que nem sempre esse padrão técnico é seguido, e problemas como os expostos por GONÇALVES (2002) se tornam evidente durante o processo. Portanto, não há garantia do sucesso da segmentação dos tópicos das bula dos medicamentos de empresas que não adotam os padrões técnicos.

Porém, para o processamento e segmentação textual dos parágrafos de uma bula é necessário o arquivo PDF e visto que não existe um serviço para consultar a bula diretamente pela linguagem de programação, como uma API REST por exemplo, foi necessário utilizar um método de Web Scraping para coletar esses arquivos PDF do bulário da ANVISA. Para este trabalho o processo de Web Scraping foi feito utilizando utilizando a linguagem de programação Java com a ferramenta de testes automatizados Selenium.

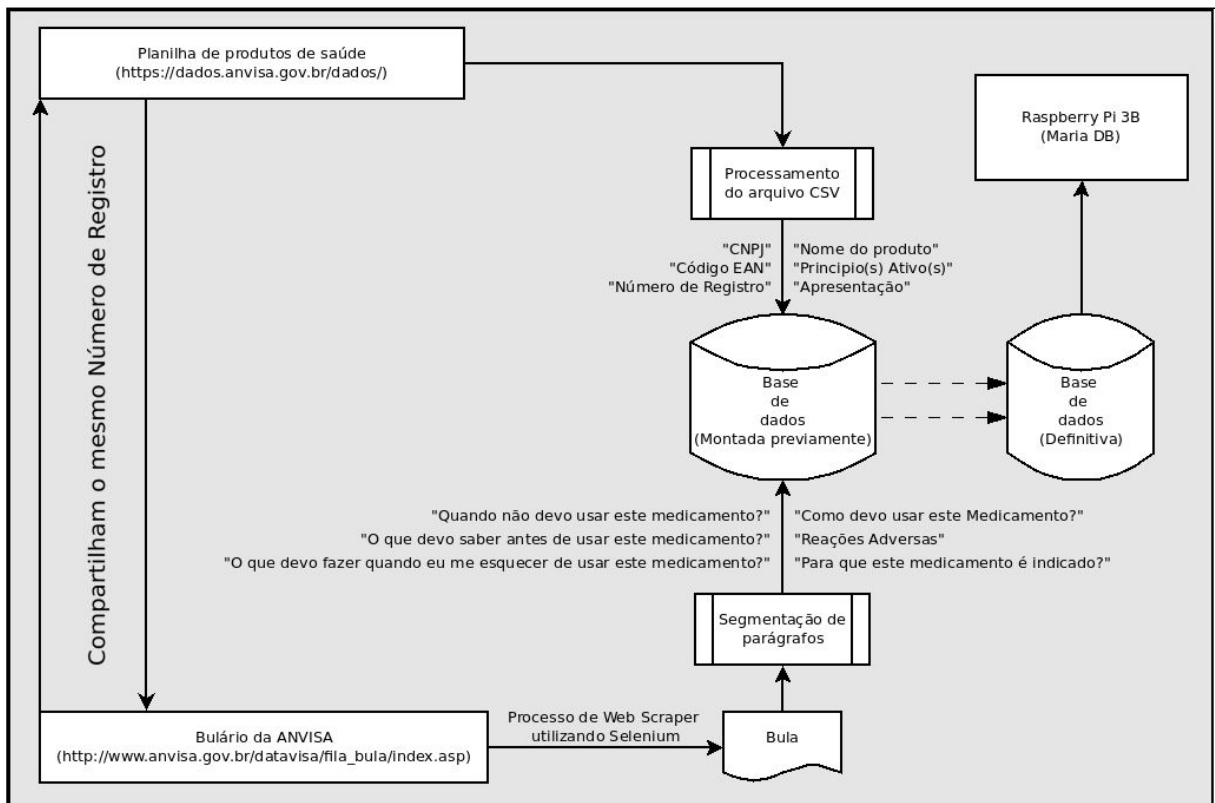
O processo de aquisição automatizado é simples, a ferramenta entra no site da ANVISA, lista as bulas e inicia o processo de download uma por uma. Se tudo ocorrer bem, em algumas horas o programa deverá ter baixado milhares de bulas.

A Figura 19 ilustra todo o processo de aquisição dessas informações de rótulo e bula a partir dessas plataformas disponibilizadas pela ANVISA. A base de dados identificada como “Definitiva” é a base utilizada no sistema final. Neste trabalho, o processamento de texto para preenchimento da tabela com informações de rótulo e o processamento de segmentação de

¹⁴ Disponível em: <<https://www.dados.anvisa.gov.br/dados/>>. Acesso em: 09 jul. 2019.

texto de arquivos PDF de Bula que foram capturados utilizando Web Scraping foram feitos no computador de uso pessoal do Autor, e a base de dados já preenchida com esses dados foi transferida para o Raspberry Pi 3B e importada para seu o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). O base de dados identificada por “Montada Previamente” representa essa base de dados montada no computador pessoal do autor. Todo esse processo pode ser observado na Figura 19.

Figura 19. Processo de preenchimento da base de dados



Fonte: (Autor, 2019)

3.1.2.2. Interface Gráfica do Usuário

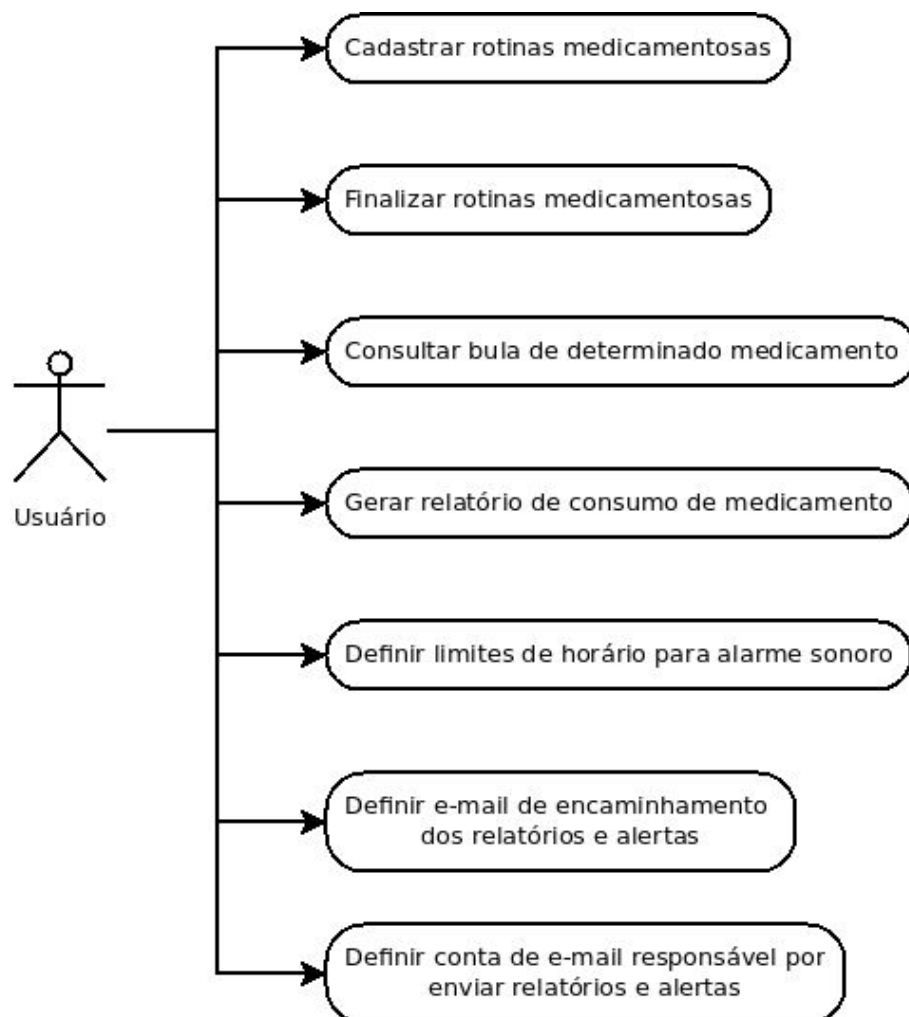
Em termos gerais, uma Interface de Usuário pode ser definida como um modo de Interação Humano Máquina (IHM), visto que traduz ações do usuário para comandos internos no sistema. Na tentativa de tentar garantir a usabilidade dos sistemas que utilizam interfaces gráficas para se comunicar com o usuário, na década de 90 vários profissionais se propuseram a encontrar melhores abordagens de interação humano-máquina, em destaque temos Jakob Nielsen que a partir de seus trabalhos definiu 10 heurísticas de usabilidade de interfaces gráficas que é largamente adotada até os dias de hoje (NIELSEN, 1995). A interface gráfica

desenvolvida a durante este trabalho tenta, ao máximo, seguir tais diretrizes, em destaque algumas delas são:

- Visibilidade do Status do Sistema
- Correspondência entre o sistema e o mundo real
- Prevenção de erros
- Design estético e minimalista

Além disso, para definir com clareza os limites da interface gráfica do usuário, foi proposta uma lista de requisitos funcionais. O método utilizado para gerar essa lista de requisitos funcionais foi extraíndo-o do diagrama de caso de uso elaborado para este trabalho. A Figura 20 é o diagrama de caso de uso do Usuário da interface gráfica, e a Tabela 1 em seguida é a lista de requisitos funcionais extraída.

Figura 20. Diagrama de caso de uso



Fonte: (Autor, 2019)

Tabela 1. Lista de requisitos funcionais da interface gráfica do usuário

Requisito Funcional	Descrição
RF1	O software deve permitir que o usuário gerencie (cadastre e finalize) rotinas medicamentosas.
RF2	Alertar o usuário sobre possíveis interações de medicamentos durante o cadastro de uma rotina medicamentosa.
RF3	Ao fim do cadastro de uma rotina medicamentosa apresentar ao usuário quais os possíveis efeitos colaterais daquele medicamento.
RF4	O software deve permitir que o usuário estabeleça um intervalo, em horas do dia, de funcionamento do alarme sonoro.
RF5	O software deve permitir que o usuário escolha um e-mail de notificação, para onde todos os alertas e relatórios gerados serão encaminhados via e-mail.
RF6	O software deve permitir que o usuário forneça credenciais de acesso de uma conta de e-mail a ser utilizada para o envio de e-mails para o endereço eletrônico cadastrado para encaminhamento de alertas e relatórios.
RF7	O software deve permitir que o usuário consulte a bula de determinado medicamento e possa acessá-la diretamente pelo programa (por capítulos segmentados) ou na íntegra (arquivo PDF)
RF8	O software deve permitir que o usuário gere um relatório de consumo de medicamentos dentro de um intervalo de datas.

Fonte: (Autor, 2019)

A Interface Gráfica do Usuário deste trabalho deve obedecer esses requisitos funcionais. A consolidação de cada um desses requisitos, junto dos testes operacionais que atestam sua implementação farão parte do Capítulo 4 - Resultados.

Para desenvolver uma interface gráfica com essas funcionalidades, a linguagem de programação PHP foi selecionada para processar as entradas do usuário, em conjunto com a linguagem de marcação de texto HTML5, em conjunto com folhas de estilo CSS e a linguagem de script JavaScript. Estes últimos são responsáveis respectivamente pelo desenho da aplicação e os eventos disparados pelo usuário dentro da Interface Gráfica.

3.1.2.3. Servidor Web

O último elemento do nosso sistema é o Servidor Web, onde a interface gráfica do usuário é executada. O servidor web escolhido para este trabalho foi o Apache¹⁵, um servidor de uso gratuito que ao mesmo tempo que contempla uma grande quantidade de funcionalidades não consome muitos recursos da máquina onde está funcionando.

O uso de um servidor web é o que permite utilizar tecnologias como HTML5, CSS e JavaScript em uma interface gráfica de usuário. E o uso dessas tecnologias possibilita um desenvolvimento de interface gráfica fácil e rápido devido a larga quantidade de bibliotecas para que auxiliam esse desenvolvimento.

Ademais, a utilização de um servidor web possibilita, se configurado para tal, que a interface gráfica do usuário seja acessada remotamente. Isso tornaria possível que cuidadores, ou até profissionais da área da saúde pudessem gerar relatórios ou fazer ajustes nas rotinas medicamentosas dos usuário do sistema.

¹⁵ Disponível em: <<https://www.apache.org>>. Acesso em: 07/07/2019

4. RESULTADOS E TESTES

A proposta inicial era a de produzir um equipamento capaz de auxiliar e aumentar a autonomia de pessoas que seguem uma rotina medicamentosa, sem abrir mão da possibilidade de monitoramento por terceiros de forma prática. Como uma consequência, o intuito final do equipamento é tentar diminuir a possibilidade da não-adesão ao tratamento medicamentoso em decorrência de vários problemas já citados nos capítulos anteriores.

Também foi mostrado que a ausência de um equipamento com tais características no cenário nacional dificulta a busca por soluções tecnológicas por pessoas e profissionais que buscam na tecnologia uma forma de mudar o cenário atual. Há indícios de que a haverá um aumento significativo na porcentagem do número de pessoas idosas em relação à população jovem, e com isso será necessário adotar técnicas e equipamentos que tornem mais tangível a autonomia da terceira idade quanto aos tratamentos medicamentosos que eventualmente será necessário. As propostas de autonomia devem sempre acompanhar outras que visem assegurar que as ações do usuário não resultarão em algo que afetará negativamente sua saúde ou que vão de contrapartida àquilo estabelecido como seguro pelo profissional de saúde responsável.

É com base nessa prerrogativa que o equipamento foi construído e passou por uma série de testes operacionais que serão apresentados a seguir. O resultado de cada teste ajudará a definir quais os limites do equipamento e como ele poderá ser melhorado em trabalho futuros.

4.1. Testes operacionais

Os testes operacionais fazem parte de uma estratégia amplamente utilizada quando se quer validar determinado software e verificar se ele funciona e contempla os requisitos funcionais que foram definidos no início do seu projeto.

Para o equipamento proposto neste trabalho, não só será avaliado se atende aos requisitos funcionais que foram definidos para a interface gráfica, mas também se o equipamento, sua eletrônica e interfaceamento, conseguem atender a todos os objetivos específicos do trabalho.

Para tal, a proposta de testes operacionais será dividida em quatro partes.

A primeira parte será um teste operacional envolvendo a Caixa de Medicamentos e seus Frascos de armazenamento.

A segunda parte será a etapa de Cadastro de rotinas medicamentosas e configuração do ambiente (configurar horário para alertas sonoros, e-mail de notificação etc...), que dizem respeito aos Requisitos Funcionais (RF) RF1, RF2, RF3, RF4, RF5, RF6 e RF7 descritos na Tabela 1, presente no Capítulo 3.1.2.2 - Interface Gráfica do Usuário.

A terceira parte serão os testes relacionados ao Serviço de Monitoramento, que é responsável pelo registro de remoção e inserção dos tubetes contendo os medicamentos, disparo de notificações visuais e sonoras e também de apresentar lembretes sobre a bula em determinadas situações.

A quarta e última fase está relacionada ao último Requisito Funcional da Interface Gráfica do Usuário, RF8; a geração de Relatórios por parte do usuário.

A cada parte dos testes haverá um trecho contextualizando o teste, então uma tabela conseguinte com a descrição dos testes a serem efetuados e o resultado esperado de cada um e por fim o resultado do teste e uma análise, caso necessária, dos problemas e impedimentos que o envolveram.

4.1.1. Primeira parte dos Testes Operacionais - A Caixa de Medicamentos

Para utilizar a Caixa de medicamentos, primeiramente temos que ter um conjunto de medicamentos que poderiam ser prescritos por um profissional da saúde. Então, como é recomendado manter os medicamentos em sua embalagem original, é necessário recortá-los para que sirvam dentro dos tubetes. Por fim, deverá armazenar os medicamentos dentro de um dos tubetes. A Tabela 2 lista os testes que foram feitos e o resultado esperado.

Tabela 2. Lista de testes operacionais da Caixa de Medicamentos e seus Tubetes

Teste Operacional	Resultado Esperado
Acomodação dos tubetes na caixa de medicamentos	O resultado esperado é que todos os tubetes possam ser inseridos na caixa de medicamentos sem possíveis atritos que impeçam sua acomodação na caixa. É esperado ainda que ao inserir o tubete a chave naquela abertura seja acionada.
Acomodação de comprimidos e cápsulas nos tubetes.	É esperado que os tubetes consigam comportar uma quantidade significativa de comprimidos e cápsulas.

Fonte: (Autor, 2019)

4.1.1.1. Resultados da Primeira Parte

Como é possível ver na Figura 21, todos os tubetes ficam bem comportados na caixa de medicamento. Eles podem ser inseridos com facilidade. É possível ainda escutar o som de clique que as chaves fazem ao inserir o tubete, confirmando que ela está sendo pressionada ao inseri-lo.

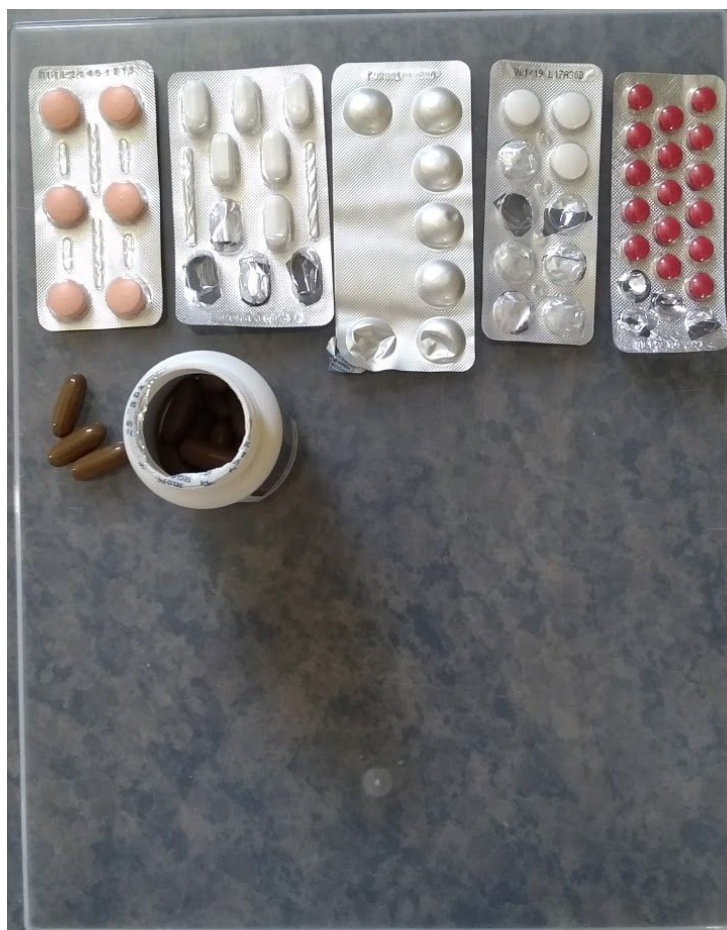
Figura 21. Caixa de medicamento com todos os tubetes inseridos.



Fonte: (Autor, 2019)

Para o segundo teste, foi selecionado comprimidos de formatos e tamanhos diversos, além de cartelas diversas. Também foi selecionado um medicamento de cápsulas tamanho 0 (em torno de 2cm de largura). A Figura 22 mostra a seleção de medicamentos feita.

Figura 22. Bandeja com alguns comprimidos e cápsulas a serem utilizados para o teste de acomodação de medicamentos nos tubetes



Fonte: (Autor, 2019)

A próxima etapa foi o recorte das cartelas em unidades de comprimidos. No caso das cápsulas, por já terem um invólucro de proteção, não foi necessário nenhum trabalho extra, apenas colocar o máximo possível dentro dos tubetes. A Figura 23 mostra o resultado final da acomodação dos comprimidos e das cápsulas nos tubetes. Os comprimidos, mesmo recortados e com saliências puderam ser inseridos em sua totalidade dentro dos frascos. Mas isso foi por conta de algumas cartelas contavam com um número menos de comprimidos, no caso das cápsulas só foi possível inserir 10 unidades no tubete.

Figura 23. Comprimidos e Cápsulas armazenadas dentro dos tubetes.



Fonte: (Autor, 2019)

A partir desse resultado algumas coisas podem ser observadas. O modelo de tubetes pode ser melhorado caso a caixa de medicamento seja mais alta e permita tubetes mais compridos, dessa forma seria possível armazenar cartelas de medicamentos completas independente do tamanho. Mas uma possível solução para o problema é sempre recompor os tubetes com mais unidades recortadas após utilizar mais de 50% da quantidade de medicamentos que podem ser armazenados no recipiente. Outra coisa importante é recortar o trecho da cartela que traz a data de validade do produto e colocá-lo dentro do tubete, visto que não existe campo de cadastro de data de validade no formulário de cadastro de rotinas medicamentosas da Interface Gráfica do Usuário.

4.1.2. Segunda parte dos Testes Operacionais - O Cadastro e Rotinas e Configuração do Ambiente

Os testes da segunda parte são todos voltados para a interface gráfica do usuário. A parte relativa a geração de relatório foi deixado para o fim, visto que necessita de dados que são colhidos a partir do Serviço de Notificação,

A Tabela 3 lista todos os testes operacionais a serem efetuados na interface gráfica do usuário.

Tabela 3. Lista de testes operacionais da interface gráfica do usuário

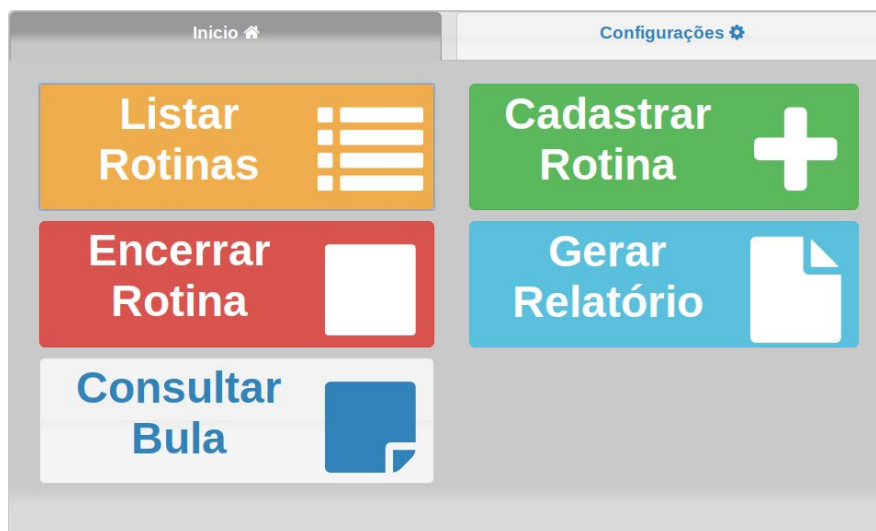
Teste Operacional	Resultado Esperado
Cadastro de rotina medicamentosa	Durante o processo de cadastro de rotina medicamentosa é esperado que se possa definir todos os parâmetros necessários para a que o serviço de monitoramento possa fazer os alertas corretamente. Também é esperado que apresente a lista de efeitos colaterais que o medicamento pode causar.
Cadastro de rotina medicamentosa de medicamento com interação perigosa com outro já cadastrado.	É esperado que o sistema emita um alerta quando o usuário selecionar um medicamento que tem interação perigosa com outro já cadastrado em uma rotina ativa.
Configuração do ambiente	É esperado que o usuário possa configurar todos os parâmetros de ambiente; horário de funcionamento do alarme sonoro, e-mail a qual os alertas e relatórios devem ser encaminhados e os parâmetros do e-mail que será utilizado para envio. Esses dados devem ser persistentes, mesmo que o aparelho seja reiniciado ou removido da tomada.
Consultar bula do medicamento	O usuário deve ser capaz de consultar a bula de determinado medicamento. Deve ser possível acessar diretamente pela interface gráfica do usuário, ou por um arquivo do tipo PDF.

Fonte: (Autor, 2019)

4.1.2.1. Resultados da Segunda Parte

O primeiro teste feito foi o de cadastro de rotina medicamentosa. A tela inicial da interface gráfica do usuário pode ser vista na Figura 24. Partindo da tela inicial, a Tela Sensível ao Toque foi utilizada para pressionar sobre o botão de cadastrar rotina.

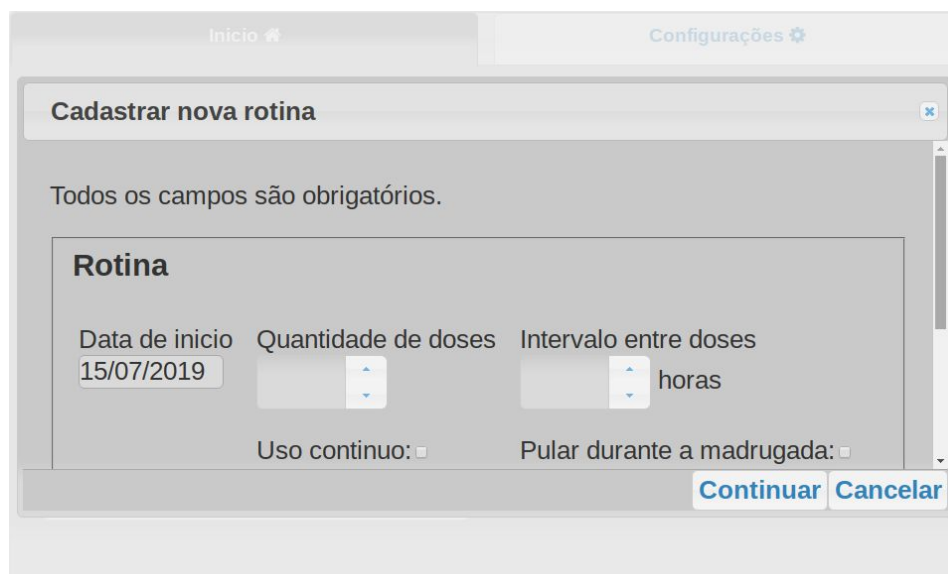
Figura 24. Tela principal da aplicação web.



Fonte: (Autor, 2019)

Ao clicar na opção de cadastrar rotina uma nova tela foi apresentada com o formulário de cadastro da rotina medicamentosa. As Figuras 25 e 26 mostra esse formulário por completo.

Figura 25. Primeira parte do formulário de cadastro de rotina medicamentosa

A imagem mostra a primeira parte do formulário de cadastro de rotina medicamentosa. O formulário é dividido em duas abas: "Início" e "Configurações". A aba "Configurações" está selecionada. O formulário é dividido em duas colunas. A coluna da esquerda contém: "Data de início" (campo de texto com o valor "15/07/2019"), "Quantidade de doses" (campo de texto com um botão de seta para cima e um botão de seta para baixo) e "Intervalo entre doses" (campo de texto com um botão de seta para cima e um botão de seta para baixo). A coluna da direita contém: "horas" (campo de texto) e "Pular durante a madrugada" (campo de texto). No topo do formulário, há uma barra de navegação com "Início" e "Configurações". No topo do formulário, há uma barra de navegação com "Início" e "Configurações". No topo do formulário, há uma barra de navegação com "Início" e "Configurações".

Fonte: (Autor, 2019)

Figura 26. Segunda parte do formulário de cadastro de rotina medicamentosa

Fonte: (Autor, 2019)

O campo de pesquisa do medicamento da rotina conta com um seletor manual, que pode ser utilizado para selecionar um medicamento sem utilizar o teclado, apenas com movimentos e toques na tela do dispositivo. A Figura 27 apresenta a tela do seletor interno. Na tela do seletor existe uma caixa de seleção com todas as letras do alfabeto, ao selecionar uma letra todos os medicamentos são filtrados por aquela determinada inicial.

Figura 27. Seletor manual de medicamentos.

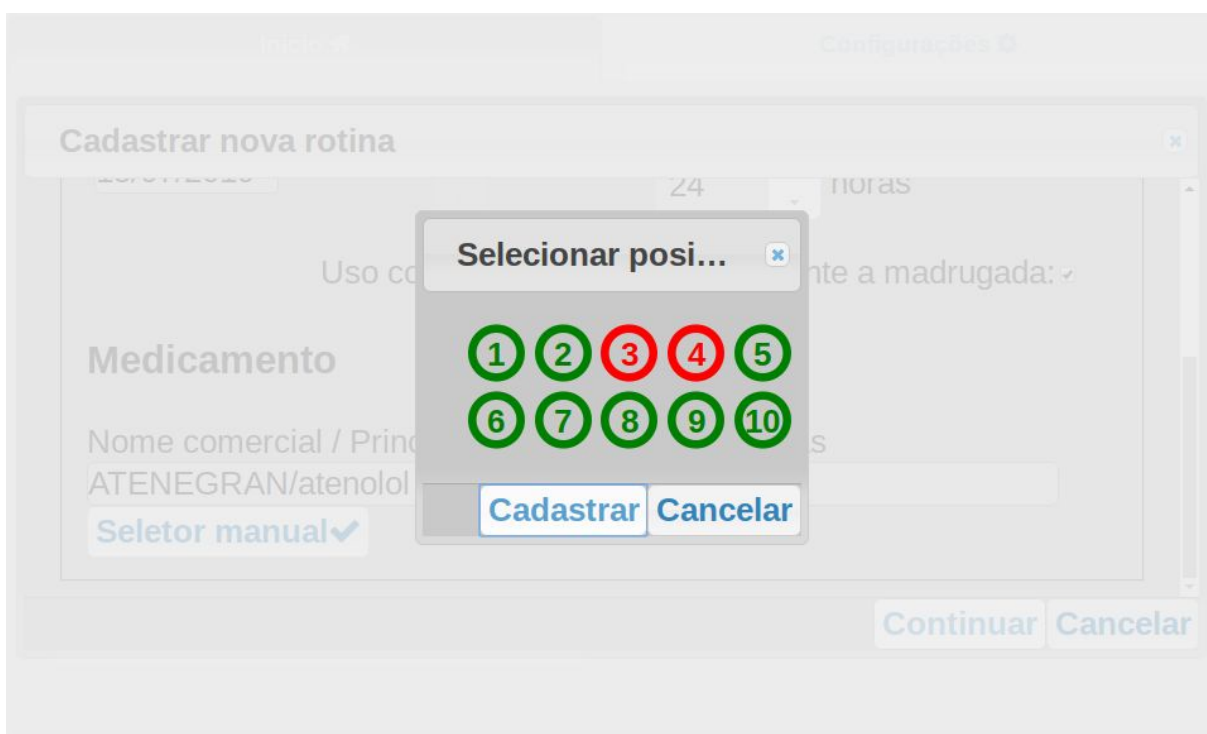
Selecionar	Nome Comercial / Princípio Ativo
<input type="radio"/>	ACTIVELLE / estradiol;acetato de noretisterona
<input type="radio"/>	AKINETON / biperideno
<input type="radio"/>	ALDOMET / metildopa

Fonte: (Autor, 2019)

Além do seletor Manual, esse campo de entrada também funciona como *auto complete*, basta digitar as duas primeiras letras do nome de um medicamento que ele lista todos os medicamentos cadastrados no sistema que inicial com essas duas letras.

Após selecionar o medicamento e preencher os outros parâmetros relacionados a quantidade de doses e intervalo entre cada dose, prosseguindo com o cadastro, o sistema solicita em um diálogo que selecione um dos orifícios (*slots*) vagos da caixa de medicamentos. A Figura 28 se trata do diálogo de seleção de *slot*. É com essa informação que a eletrônica envolvida na caixa de medicamentos vai poder monitorar corretamente a rotina do usuário.

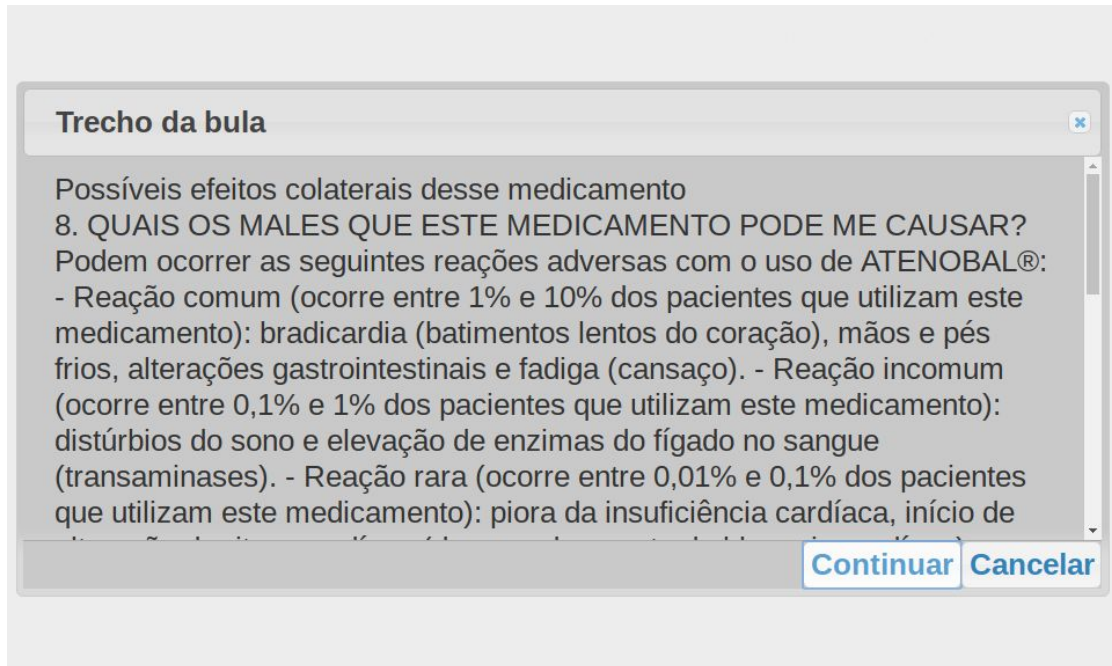
Figura 28. Diálogo de seleção de *slot*



Fonte: (Autor, 2019)

Após a seleção de slot, o sistema apresenta a lista de efeitos colaterais que o remédio pode causar. Essa lista foi extraída de um dos capítulos da bula do remédio. A Figura 29 mostra a tela com as informações sobre efeito colateral.

Figura 29. Trecho bula que fala sobre os possíveis malefícios do remédio.



Fonte: (Autor, 2019)

Após esses passos, a rotina já está cadastrada. Para garantir que os dados foram salvos, é possível utilizar a opção “Listar Rotinas”, que apresenta uma tela onde todas as rotinas ativas são listadas em branco e todas as rotinas que já foram concluídas ou encerradas em vermelho, essa tela será apresentada neste trabalho a partir da Figura 30.

Figura 30. Lista de rotinas medicamentosas do usuário.

Rotinas cadastradas

3 resultados por página

Medicamento / Princípio Ativo	Data de início	Intervalo (Horas)	Qtd.Doses
ATENOBAL / atenolol	15/07/2019	24	Uso continuo
QUEBRA-PEDRA / NC/NI	27/02/2019	1	1
CIPROFLOXACINA / cloridrato de ciprofloxacino monoidratado	01/01/2018	6	8

Fechar

Fonte: (Autor, 2019)

O segundo teste operacional ainda faz parte do cadastro de rotinas, mas dessa vez será feita a tentativa de cadastro da rotina medicamentosa de um medicamento que tem interação medicamentosa com outro já cadastrado. No teste anterior o medicamento cadastrado foi o Atenolol, e consta na bula dele algumas interações que podem influenciar em sua performance, uma delas é o Ibuprofeno. Então para esse teste, seguimos para a tela de cadastro de rotina medicamentosa e selecionamos o medicamento Ibuprofeno. Como é possível observar na Figura 31, um alerta é emitido indicando que existirá problemas de interação medicamentosa se a pessoa optar por utilizar os dois medicamentos.

Figura 31. Alerta indicando interação entre medicamentos

Cadastrar nova rotina

Uso contínuo: ☐ Pular durante a madrugada: ☐

Medicamento

Nome comercial / Princípio ativo / Código de barras
IBUPROFENO / ibuprofeno

ALERTA! INTERAÇÃO MEDICAMENTOSA! O medicamento selecionado, ibuprofeno, tem interação com o medicamento: atenolol.

Seletor manual ✓

Continuar Cancelar

Fonte: (Autor, 2019)

O terceiro teste operacional é o de configurações do ambiente. Os campos que precisavam ser preenchidos eram só os de definição de horário de funcionamento do alarme sonoro e as configurações de envio e encaminhamento de e-mails. As configurações de envio de e-mail podem ser testadas com o envio de um e-mail de teste. A Figura 32 apresenta a tela de configuração de ambiente do sistema, e a Figura 33 o e-mail que foi recebido após utilizar o botão de “Testar” da ferramenta.

Figura 32. Tela de configuração do ambiente

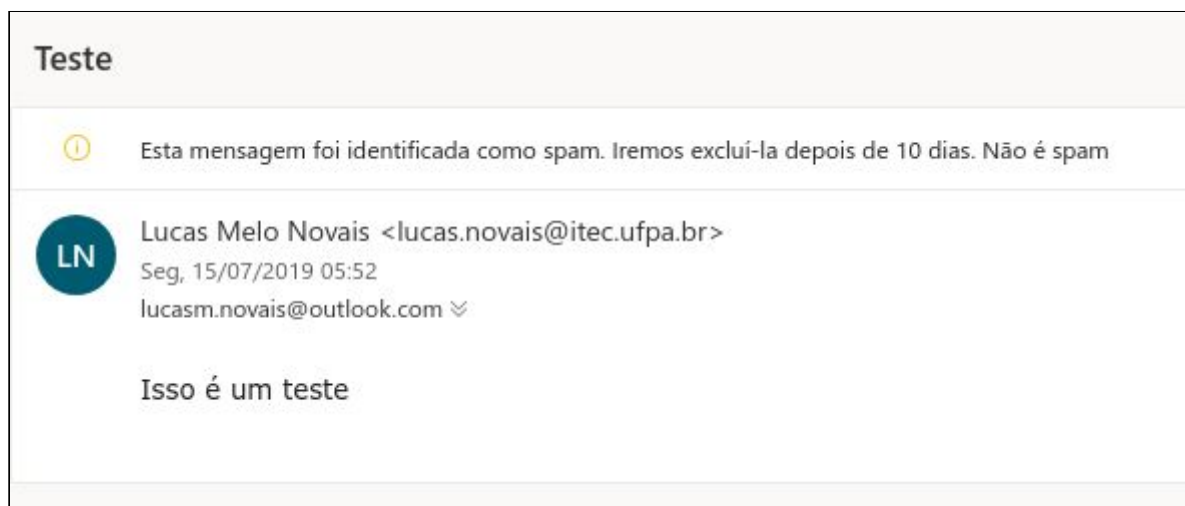
The screenshot shows a web interface with two tabs: 'Início' (selected) and 'Configurações'. The 'Configurações' tab is active, displaying the following settings:

- Horário de funcionamento do alarme:** das 06:00 até as 22:30.
- E-mail para encaminhamento de relatórios e alertas:** lucasm.novais@outlook.com
- Configuração de E-Mail de Envio:**
 - Conta: lucas.novais@itec
 - Senha:
 - Servidor SMTP: mail2.ufpa.br
 - Porta: 465

At the bottom right, there are two buttons: 'Testar envio' and 'Salvar'.

Fonte: (Autor, 2019)

Figura 33. E-mail recebido pelo teste do sistema

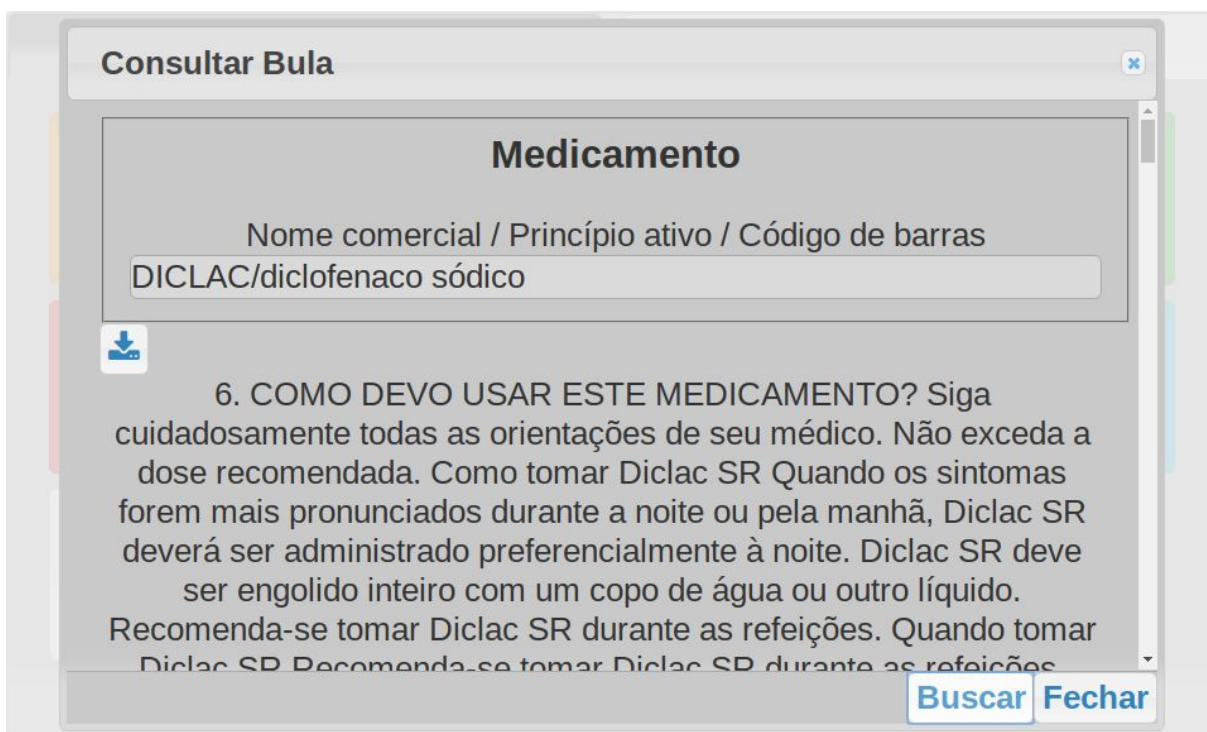


Fonte: (Autor, 2019)

O último teste operacional desta segunda parte é a consulta de bulas de medicamentos. Na tela inicial da interface gráfica do usuário, representada pela Figura 24, existe a opção “Consultar Bula”. Ao clicar nessa opção nos é apresentada um diálogo contendo um campo com auto completável e um espaço em branco, ao selecionar um medicamento no campo auto completável e clicar no botão “Buscar”, as informações da bula que estão armazenadas no

banco do sistema são apresentadas no espaço em branco, e um botão de *download* é surge no canto superior esquerdo da tela que antes estava em branco. A Figura 34 mostra a tela do sistema com o diálogo de busca de bulas já preenchido com as informações da bula de um medicamento.

Figura 34. Diálogo de consulta de bulas.



Fonte: (Autor, 2019)

Alguns medicamentos que tiveram a bula baixada, mesmo passando pelo processo de segmentação dos parágrafos, não estão com as informações cadastradas. Como o número de bulas é muito grande, verificar caso a caso seria muito custoso, mas muito provavelmente estes casos onde a bula do medicamento não pôde ser processada corretamente podem ser resultados da não padronização do documento por parte de algumas empresas, como já mencionado anteriormente, ou bulas cadastradas no Bulário da ANVISA em formato de imagem ao invés de texto. Para esses casos a opção de fazer download da bula é fundamental.

Porém, é importante ressaltar que para abrir o arquivo baixado, extensão do tipo PDF, é necessário o uso de aplicações de terceiro. A leitura de arquivos extensão PDF não é contemplada pela aplicação.

4.1.3. Terceira parte dos Testes Operacionais - O Serviço de Monitoramento

A terceira etapa de testes envolve o módulo mais importante do sistema, o Serviço de Monitoramento. Ele é responsável por identificar quando um medicamento é retirado ou inserido, por sinalizar visual e sonoramente o usuário o horário correto de tomar a medicação e de identificar desvios de conduta na rotina medicamentosa.

Alguns cenários foram propostos para testar seu funcionamento. A Tabela 4 lista todos os testes que foram selecionados para avaliar esse módulo.

Tabela 4. Lista de testes operacionais do Serviço de Monitoramento\

Teste Operacional	Resultado Esperado
Reconhecimento de inserção/remoção dos tubetes	O sistema deve ser capaz de reconhecer que o medicamento foi removido ou inserido na caixa de medicamentos e persistir essa informação em algum local.
Reconhecer repetição de doses	O serviço deve ser capaz de identificar quando o usuário tenta tomar duas vezes o mesmo medicamento em horário impróprio e alertá-lo sobre isso.
Alarme sonoro e visual	É esperado que o sistema emita sinais sonoros e visuais quando der a hora indicada para o usuário utilizar o medicamento. Sempre respeitando a opção “Pular durante a madrugada” disponível no formulário de cadastro da rotina medicamentosa e as definições de ambiente configuradas pelo usuário de intervalo de funcionamento do alarme.
Reconhecer atraso na medicação	Quando o usuário não tomar o medicamento uma notificação deve ser gerada no terminal contendo as recomendações do capítulo destinado a “O que devo fazer se me esquecer de tomar este medicamento” da bula.

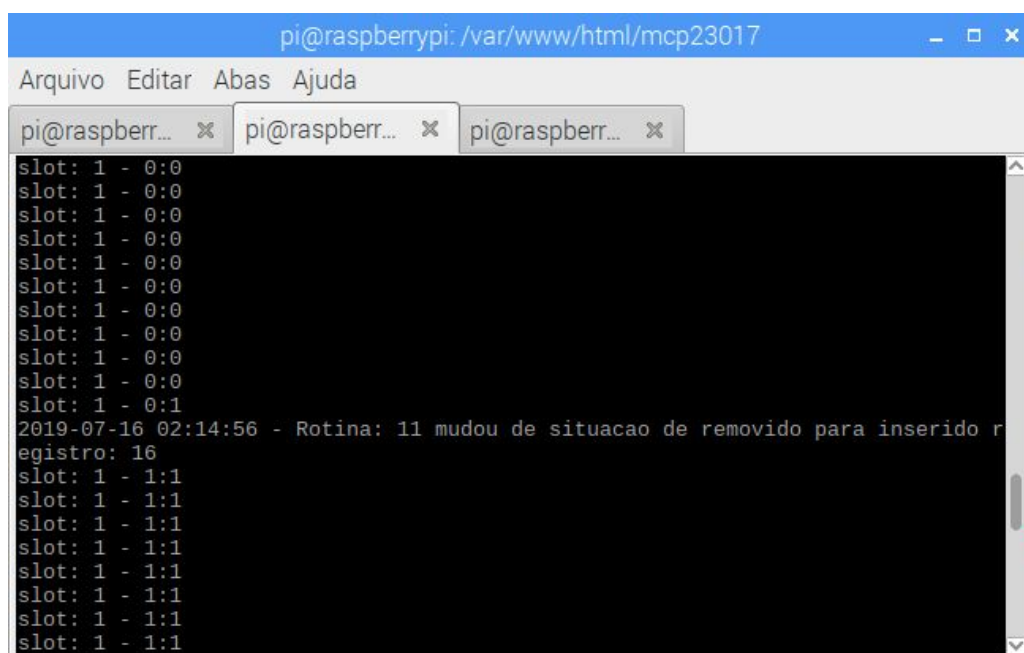
Fonte: (Autor, 2019)

4.1.3.1. Resultados da Terceira Parte

Para efetuar os testes uma rotina medicamentosa foi registrada com intervalo entre doses de 6 horas, permitindo alarme durante a madrugada e outra rotina com intervalo entre doses de 8 horas, mas sem a possibilidade de alarme durante a madrugada.

No caso do primeiro teste, é possível perceber que o Serviço de Monitoramento está conseguindo identificar quando um medicamento é removido ou inserido, isso pode ser indicado pelo seu registro de alterações de estados dos *slots* presente em uma tabela do banco de dados. Ao cadastrar uma rotina medicamentosa ele insere um registro inicial com situação “0” indicando que a rotina acabara de ser registrada, a partir desse momento o Serviço de Monitoramento começa a registrar tudo que acontece com o slot selecionado para aquele medicamento. Para praticidade da demonstração foi incorporado ao Serviço de monitoramento comandos de saída de texto para indicar seu funcionamento quando necessário depurá-lo. A Figura 35 apresenta a saída de texto para o momento em que há a troca de situações. Há o texto “Rotina X mudou de situação de ... para ...”, que indica o exato momento da ocorrência. Logo antes do texto existe a linha indicando a situação anterior e a nova “0:1”, e logo em seguida é possível ver que a situação não muda, anterior 1, nova 1.

Figura 35. Saída de texto do Serviço de Monitoramento.

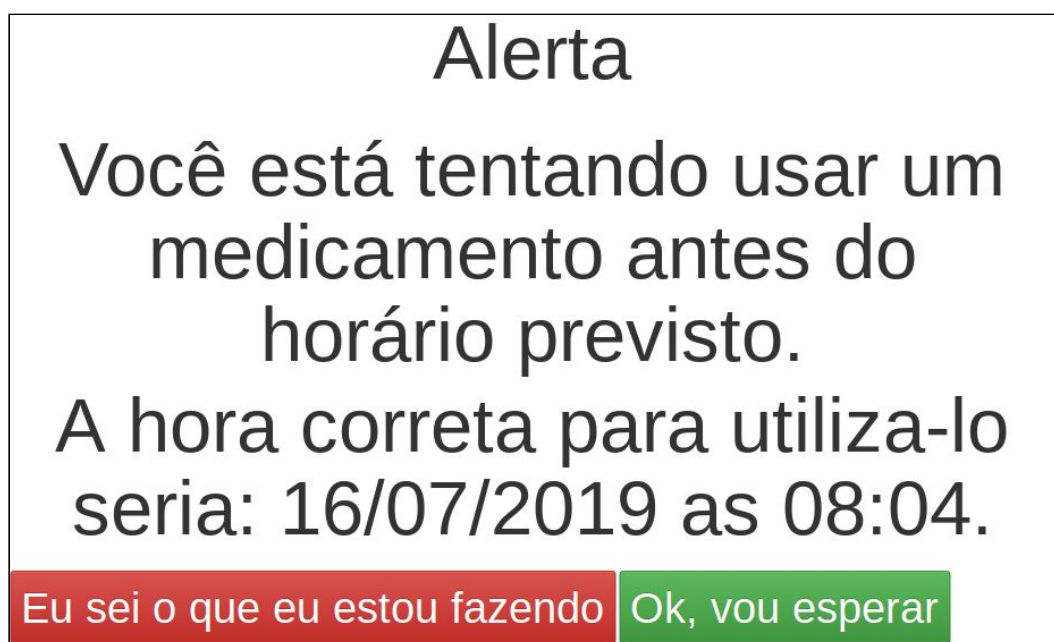


```
pi@raspberrypi: /var/www/html/mcp23017
Arquivo Editar Abas Ajuda
pi@raspberr... x pi@raspberr... x pi@raspberr... x
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:0
slot: 1 - 0:1
2019-07-16 02:14:56 - Rotina: 11 mudou de situacao de removido para inserido r
registro: 16
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
slot: 1 - 1:1
```

Fonte: (Autor, 2019)

Esse medicamento havia sido cadastrado às 02:04, com intervalo de uso de 6 horas entre as doses, logo só deveria ser indicado para uso às 08:04. Para verificar se o reconhecimento de repetição está funcionando, o tubete foi removido antes do tempo previsto. Alguns instantes após sua remoção o usuário é encaminhado para a notificação de alerta representada pela Figura 36. Neste alerta temos duas opções, a de esperar até a hora correta, que fecha o diálogo, e o de “Eu sei o que eu estou fazendo”, que ao ser pressionado registra que o medicamento foi, de fato, retirado para consumo. Caso o usuário selecione “Ok, vou esperar” e coloque o frasco de volta à caixa de medicamentos não será gerado logo que identifique consumo do medicamento.

Figura 36. Alerta emitido quando o usuário tenta tomar dois medicamentos iguais seguidos.



Fonte: (Autor, 2019)

O teste foi repetido faltando alguns poucos minutos antes do tempo estimado para tomar o medicamento e não houve alerta.

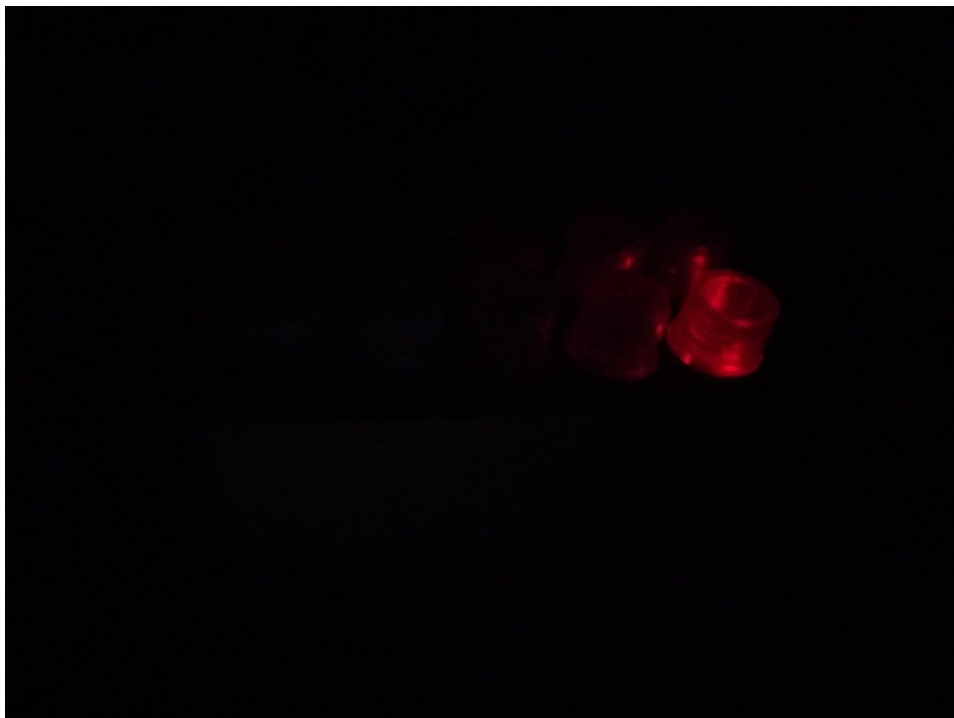
O outro teste foi o de alarme. Para que fosse testado o registro de uma interação com o medicamento foi alterado, tanto no medicamento que prevê alarmes durante a madrugada quanto o que não permite. Os horários de funcionamento foram configurados para das 06:30 às 22:00. Durante os testes, quando chegou ao horário correto, o terminal de uso emitiu um som de alarme e ligou a LED ao lado do frasco com o medicamento. As Figuras 37 e 38 mostram o LED ligado em ambiente com luz e em ambiente escuro.

Figura 37. Caixa de medicamentos em ambiente claro com LED indicando medicamento que deve ser tomado.



Fonte: (Autor, 2019)

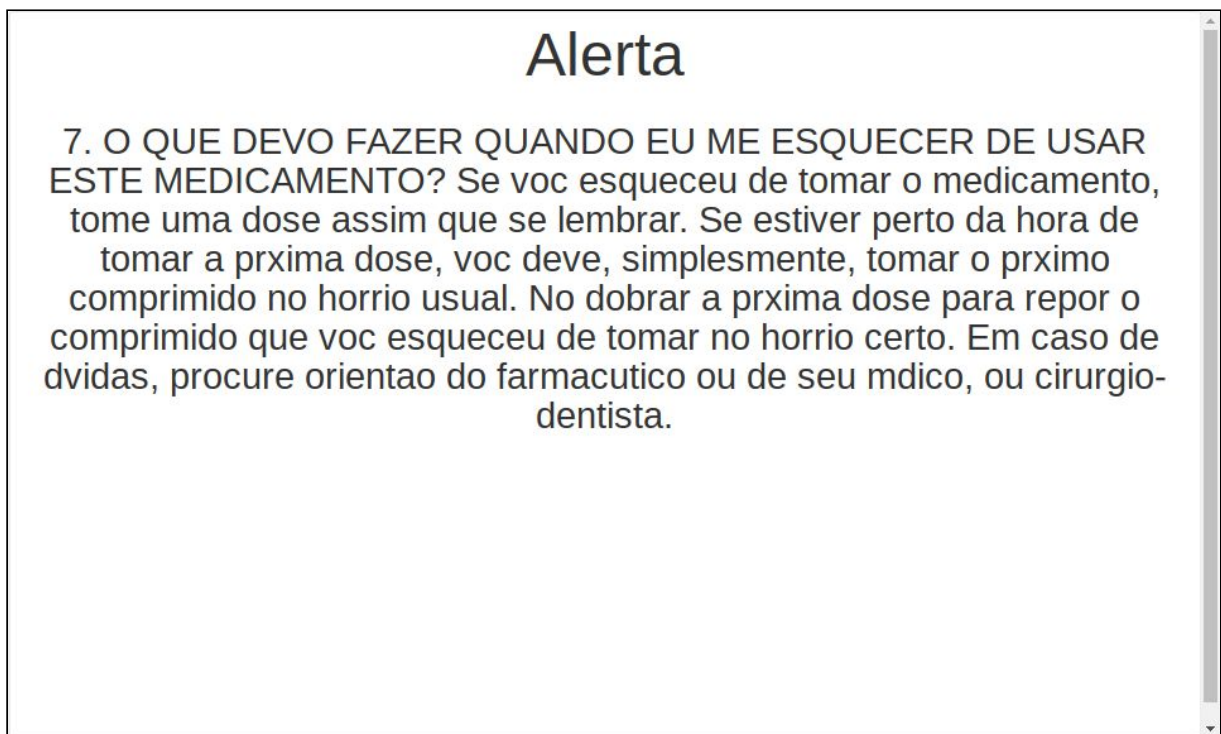
Figura 38. Caixa de medicamentos em ambiente escuro com LED indicando medicamento que deve ser tomado.



Fonte: (Autor, 2019)

O último teste do serviço de monitoramento foi o de atraso severo no uso da medicação. Para que o teste fosse feito o registro de uma das rotinas foi alterado de forma que ela estivesse com sua dose atrasada em algumas horas. Assim que o Serviço de Monitoramento começou a funcionar foi exposto a tela representada na Figura 39.

Figura 39. Alerta indicando como proceder caso esqueça de tomar uma dose do medicamento



Fonte: (Autor, 2019)

4.1.4. Quarta Parte dos Testes Operacionais - Geração de Relatórios

A quarta e última parte diz respeito aos relatórios que podem ser gerados pelo sistema. Essa parte foi deixada por último pois necessita de dados que são inseridos tanto pelo usuário na Interface Gráfica do usuário, quanto do Serviço de Monitoramento.

O teste operacional nesse caso é apenas um, gerar o relatório com base em tudo aquilo que foi construído anteriormente.

4.1.5. Relatório gerado

Na tela principal do sistema existe a opção de gerar relatório, ao clicar nessa opção já é retornada uma lista do histórico de medicamentos que foram ingeridos desde o princípio do

sistema. Mas há também num campo onde é possível seleccionar um intervalo de datas para geração de relatório. A Figura 40 mostra a tela de geração de relatórios e a figura 41 mostra um arquivo PDF gerado a partir da tabela no sistema.

Figura 40. Tela de geração de relatórios.

Relatório de ingestão de substâncias.

PDF Print Filtrar resultados de 01/06/2019 a 15/07/2019

Data/Hora	Medicamento / Princípio Ativo	Dose
01/07/2019 22:12:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	2ª dose de 7 doses
02/07/2019 06:14:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	3ª dose de 7 doses
02/07/2019 14:33:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	4ª dose de 7 doses

Mostrando de 1 até 3 de 5 registros Anterior 1 2 Próximo

Fechar

Fonte: (Autor, 2016)

Figura 41. Relatório salvo como PDF

pdf (4).pdf 1 / 1

Exported data

Data/Hora	Medicamento / Princípio Ativo	Dose
01/07/2019 22:12:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	2ª dose de 7 doses
02/07/2019 06:14:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	3ª dose de 7 doses
02/07/2019 14:33:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	4ª dose de 7 doses
02/07/2019 22:30:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	5ª dose de 7 doses
03/07/2019 06:29:00	IBUPROFAN / ibuprofeno	6ª dose de 7 doses

pdf (4).pdf Exibir todos

Fonte: (Autor, 2019)

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho buscou trabalhar alguns problemas existentes e outros vindouros. Primeiramente é importante ter em mente que o problema da não-adesão ao tratamento medicamentoso não é algo novo, e não faz parte apenas de uma classe de pessoas, como as da terceira idade. Como visto no decorrer do trabalho, o problema da não-adesão medicamentosa está associado a vários fatores que muitas vezes não podem ser solucionados com a tecnologia, mas sim com iniciativas sociais e educativas.

A proposta principal deste trabalho foi a de criar um equipamento que pudesse ser utilizado para diminuir os casos da não-adesão medicamentosa, com foco no âmbito residencial com auxílio de um cuidador ou para pessoas que morem sozinhas mas tenham capacidade de operar sozinhos o equipamento. E essa proposta foi atendida com a implementação de soluções tecnológicas que não se limitam apenas à lembrar o usuário de tomar o medicamento mas também busca controlar os eventuais danos de um desvio da rotina e informar perigos que muitas vezes passam despercebidos até por profissionais da saúde.

A solução proposta neste trabalho incluiu conhecimentos de várias áreas da ciência e tecnologia. E isto faz parte do cenário comum do Interfaceamento de sistemas. A linguagem de programação PHP foi utilizada vastamente para a mesclagem de processamento de informações e capacidade de entregar uma Interface Gráfica do Usuário amigável com auxílio do HTML5 e JavaScript. O da plataforma Raspberry foi o que possibilitou o uso de tais tecnologias interagindo com o expensor de portas de entrada e saída MCP23017, que teve uma atuação fundamental para o funcionamento e a possibilidade de escalabilidade do projeto.

E enquanto a escalabilidade do projeto, há a discussão de trabalhos futuros. A partir do modelo proposto existem vários caminhos que podem ser seguidos para aprimorar o modelo e aumentá-lo de escala e número. Primeiramente as tecnologias utilizadas para hospedagem de serviço e armazenamento de dados; *Apache Server* e *MariaDB* ambos podem ser utilizados em um servidor centralizado, onde os terminais responsáveis por executar o serviço de

monitoramento só fariam o papel de acessar. O uso de PHP também favorece um grande número de serviços de comunicação que utilizam API (Interface de programação de aplicações) preparada para funcionar com essa linguagem, aumentando assim as formas de comunicação com o usuário, cuidador ou profissional da saúde. O uso do CI MCP23017 também possibilita que um grande número de medicamentos seja armazenado, abrindo a possibilidade de aplicação do método em centros de atendimento com vasta quantidade de pacientes por sala.

Durante a etapa de Testes Operacionais alguns problemas no modelo ficaram evidentes. A forma de armazenamento dos medicamentos anula qualquer possibilidade de utilizar o sistema com medicamentos que não sejam de apresentação de Comprimido ou Cápsula. Uma das possíveis melhorias para trabalhos futuros é a alteração da forma de armazenamento, de frascos para gavetas.

Com tudo isso que foi exposto nos últimos capítulos, é certo afirmar que a proposta inicial do produto foi atendida. A possibilidade de auxiliar pessoas na adesão ao tratamento medicamentoso, ou ao cuidado e profissional de saúde no acompanhamento da rotina do paciente pôde ser alcançada como demonstrado no capítulo de testes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, Monica e PERRIN, Andrew. Technology use among seniors | Pew Research Center, 2017. Disponível em: <<https://www.pewinternet.org/2017/05/17/technology-use-among-seniors/>>. Acesso em: 13 jun. 2019.
2. BVS – BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. Descritores em Ciências da Saúde. Disponível na internet por http em:: <<http://decs.bvs.br/>>. Acesso em 17 abril. 2018.
3. CMI – Coherent Market Insights. Global Elderly and Disabled Assistive Devices Market, By End User, By Device Type, and By Geography - Trends and Forecast 2014 - 2024. 2017, Disponível em: <<https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/elderly-and-disabled-assistive-devices-market-82>>. Acesso em: 07 abr. 2019.
4. CRAMER, Joyce A. et al. Medication compliance and persistence: terminology and definitions. Value in health, v. 11, n. 1, p. 44-47, 2008.
5. COSTA, Daniel, Terceira idade é o grupo que mais cresce em rede social - Jornal O Globo, 2018. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/terceira-idade-o-grupo-que-mais-cresce-em-rede-social-23208824>>. Acesso em: 13 jun. 2019.
6. DA SILVA, Cláudio Henrique; SPINILLO, Carla Galvão. Dificuldades e estratégias no uso de múltiplos medicamentos por idosos no contexto do design da informação. **Estudos em Design**, v. 24, n. 3, 2016.
7. DICKIE, Robert G.; PROKOPCHUK, Walter. **Electronic pill box and medication reminder and compliance system incorporating same**. U.S. Patent n. 9,311,452, 12 abr. 2016.
8. **e-pill Medication Reminders: Pill Dispenser, Pill Box Timer, Pill Organizer & Vibrating Alarm Watch**. Disponível em: <<https://www.epill.com/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.
9. GIRVETZ, Nina. Portable pill box with alarm. U.S. Patent n. 5,915,558, 29 jun. 1999.
10. Gonçalves, S. D. A., Melo, G. D., Tokarski, M. H. L., & Barbosa-Branco, A. (2002). Bulas de medicamentos como instrumento de informação técnico-científica. Revista de Saúde Pública, 36(1), 33-39.
11. HAYES, Tamara L. et al. An electronic pillbox for continuous monitoring of medication adherence. In: 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 2006. p. 6400-6403.
12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. População, 2016.

13. KOCUREK, Barbara. Promoting medication adherence in older adults... and the rest of us. **Diabetes Spectrum**, v. 22, n. 2, p. 80-84, 2009.
14. LEE, Simon. **Electronic pillbox for administering a multiple-drug therapy**. U.S. Patent n. 5,990,782, 23 nov. 1999.
15. ME – MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Plano de Dados Abertos (PDA) — Planejamento, Desenvolvimento e Gestão**. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/tema/governo-aberto/plano-de-dados-abertos-pda>>. Acesso em: 26 jun. 2019.
16. MOURA, Cristiano S.; RIBEIRO, Andréia Q.; STARLING, S. M. Avaliação de interações medicamentosas potenciais em prescrições médicas do Hospital das clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais. **Latin american journal of pharmacy**, v. 26, n. 4, p. 596-601, 2007.
17. MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE. Cartilha para a promoção do uso racional de medicamentos. 2015, Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cartilha_promocao_uso_racional_medicamentos.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2019.
18. NIELSEN, Jakob. 10 usability heuristics for user interface design. Nielsen Norman Group, v. 1, n. 1, 1995.
19. PAIVA, Fernando, Pesquisa revela hábitos dos idosos brasileiros com smartphones - Mobile Time, 2016. Disponível em: <<https://www.mobiletime.com.br/noticias/05/05/2016/pesquisa-revela-habitos-dos-idosos-brasileiros-com-smartphones/>>. Acesso em: 13 jun. 2019.
20. PETERSEN, Maya L. et al. Pillbox organizers are associated with improved adherence to HIV antiretroviral therapy and viral suppression: a marginal structural model analysis. **Clinical Infectious Diseases**, v. 45, n. 7, p. 908-915, 2007.
21. RAZA, Ali et al. A review of low cost and power efficient development boards for IoT applications. In: 2016 Future Technologies Conference (FTC). IEEE, 2016. p. 786-790.
22. REMONDI, Felipe Assan; CABRERA, Marcos Aparecido Sarria; SOUZA, Regina Kazue Tanno de. Não adesão ao tratamento medicamentoso contínuo: prevalência e determinantes em adultos de 40 anos e mais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 126-136, 2014.
23. Secoli, S. R. (2010). Polifarmácia: interações e reações adversas no uso de medicamentos por idosos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 63(1), 136-140.
24. SEHN, Rossano et al. Interações medicamentosas potenciais em prescrições de pacientes hospitalizados. **Infarma**, v. 15, n. 9-10, p. 77-81, 2003.
25. TAVARES, Marília Matias Kesterling; DE SOUZA, Samara Tomé Correa. Os idosos e as barreiras de acesso às novas tecnologias da informação e comunicação. **RENOTE**, v. 10, n. 1, 2012.

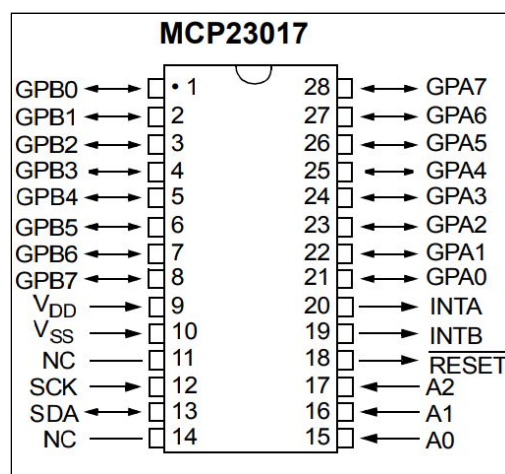
26. TAVARES, Noemia Urruth Leao et al. Fatores associados à baixa adesão ao tratamento medicamentoso em idosos. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, n. 6, p. 1092-1101, 2013.
27. Teixeira, J. J. V., & Lefèvre, F. (2001). A prescrição medicamentosa sob a ótica do paciente idoso. *Revista de Saúde Pública*, , 35, 207-213.
28. VAUR, Laurent et al. Use of electronic pill boxes to assess risk of poor treatment compliance: results of a large-scale trial. **American Journal of Hypertension**, v. 12, n. 4, p. 374-380, 1999.

APÊNDICE A - Controle e monitoramento

utilizando o MCP23017

O CI (Circuito Integrado) MCP23017 trata-se de um expensor de portas IO bidirecionais com interface serial I2C. Na Figura A-1 é possível ver que se trata de um CI com 32 portas, algumas delas são de maior relevância no trabalho e serão exploradas a seguir.

Figura A-1. MCP23017 como representado em sua folha de dados.



Fonte: MICROCHIP¹⁶

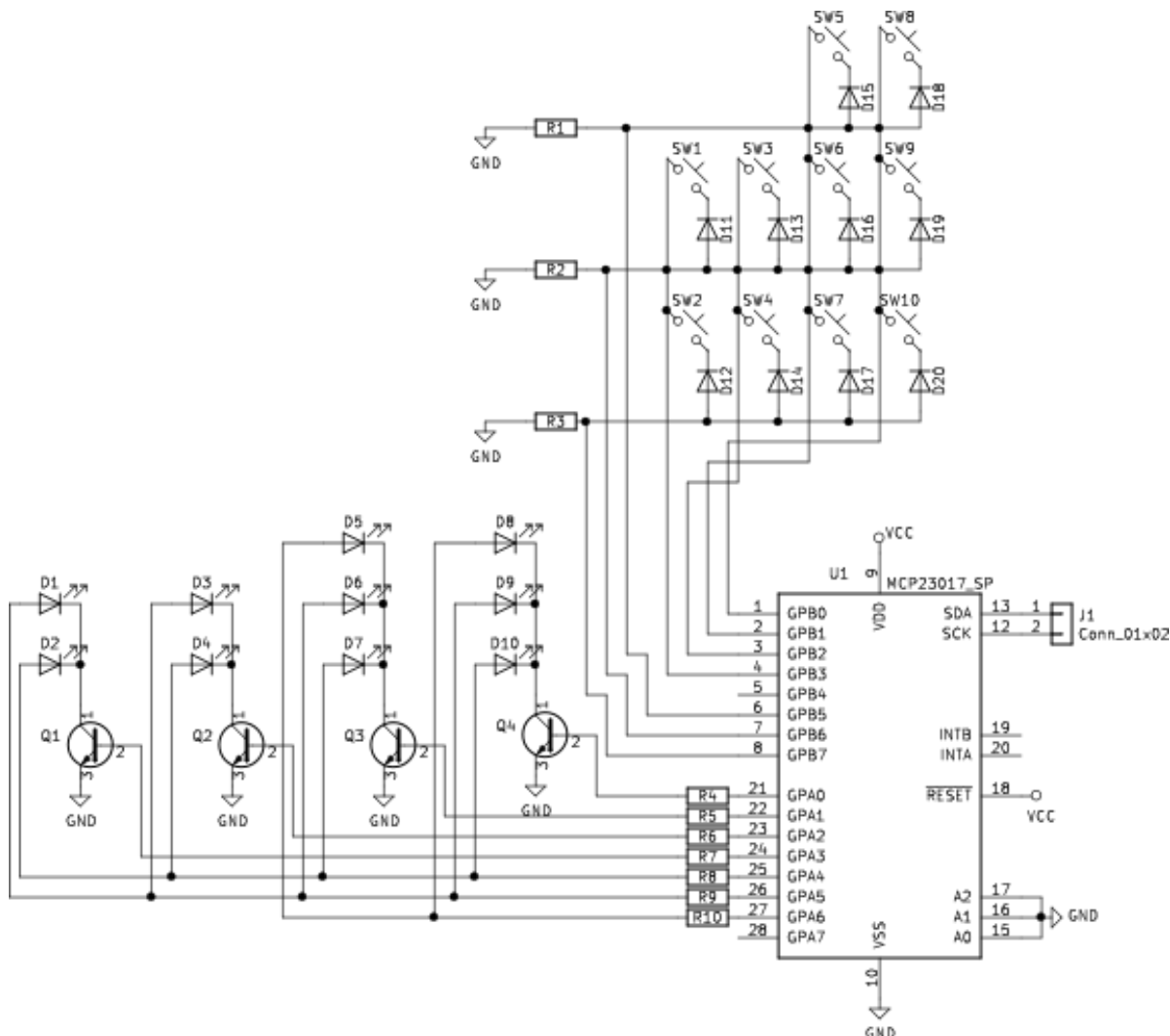
Os pinos de número 15, 16 e 17, nomeados de A0, A1 e A2 respectivamente, são utilizados para endereçamento do CI no barramento I2C, este endereço é utilizado quando o controlador envia comandos para a interface I2C. O MCP23017 pode ser endereçado utilizando níveis lógicos alto e baixo nas portas de endereçamento. Considera-se nível lógico baixo quando a porta está diretamente conectada ao terra e alto quando recebe qualquer valor de tensão superior a 0 volts. Sendo assim, é possível endereçar até 8 (oito) dispositivos MCP23017 no barramento I2C, com combinações de valores lógicos variando de 000 a 111. Neste trabalho utilizaremos apenas um CI MCP23017, que será endereçado com todas as portas de endereço conectadas à nível lógico baixo, como podemos ver na Figura A-2.

O CI tem um total de 16 portas bidirecionais que podem ser programadas individualmente para atuar de diversas formas, dentre elas: Entrada, Saída, Interrupção e/ou Resistor pull-up. Elas são dispostas em dois conjuntos, A e B, que são numerados de 0 a 7, tratados individualmente e dispostos em lados opostos do CI. Além disso ele conta com

¹⁶ Disponível em: <<http://microchip.com/downloads/en/devicedoc/20001952c.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

diversos registradores que servem para configurar suas portas, escrever sinais de saída e ler estados, estes registradores podem ser configurados enviando comandos pela interface I2C.

Figura A-2. Esquemático do circuito de controle do MCP23017, Chaves e LEDs



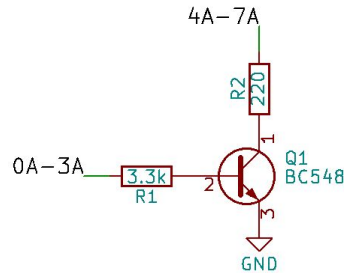
Fonte: (Autor, 2019)

Neste trabalho todas as 16 portas são usadas, 8 portas para controlar os LEDs e 8 portas para monitorar as chaves. A conexão das portas com os dispositivos I/O (chaves e LEDs) é disposta em forma de matriz, como pode ser observado na Figura A-2. Sendo assim, é possível utilizar um número de até 16 LEDs e 16 Chaves, porém, estaremos utilizando apenas 10 neste trabalho. Convenientemente os LEDs foram dispostos no conjunto de portas A e as Chaves no conjunto de portas B.

Cada LED pode ser acionado individualmente alterando o estado lógico de uma combinação de portas do lado A, como mostrado na Figura A-2. A Figura A-3 mostra quais

são as portas que enviam sinal para cada uma das extremidades do transistor responsável por acionar os LEDs.

Figura A-3. Extremidades dos transistores e quais portas enviam sinal



Fonte: (Autor, 2019)

As portas numeradas de 0 a 3 são responsáveis por aplicar tensão na base do transistor, enquanto que as portas numeradas de 4 a 7 são responsáveis por fornecer tensão para o LED. Os LEDs utilizados operam com 2V e com uma corrente máxima de 20mA. Neste trabalho será utilizada uma corrente de 10mA no LED, garantindo uma boa luminosidade. De acordo com (datasheet bc548) o valor de tensão entre o coletor e o emissor (VCE) é de 0,2V e de acordo com (datasheet mcp23017) a tensão de referência da saída de todas as portas GPIO do CI é de 4.5V, sendo assim podemos calcular a corrente do coletor (IC) utilizando as seguintes equações;

$$V_{out} = R_L * I_C + V_{led} + V_{CE} \quad (A-1)$$

$$4.5v = 220\Omega * I_C + 2v + 0,2v \quad (A-2)$$

$$I_C = \frac{2,3v}{220\Omega} \quad (A-3)$$

$$I_C \approx 10.45mA \quad (A-4)$$

Dessa forma, temos 4 pinos responsáveis por comutar o transistor e 4 pinos responsáveis por energizar os LEDs, então podemos conectar até 16 LEDs ao para funcionar como alerta visual no trabalho porém, estaremos utilizando apenas 10. A Tabela A-1 apresenta a combinação de pinos em estado lógico alto e quais LEDs são acionados pela combinação.

Tabela A-1. Combinação de sinais de pinos e seus resultados.

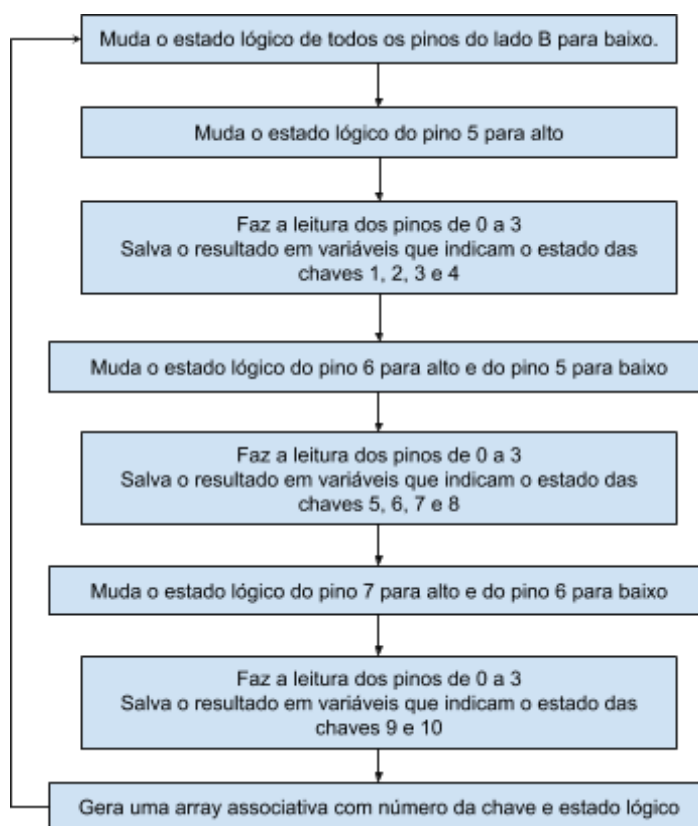
	PINO 0	PINO 1	PINO 2	PINO 3
PINO 4	LED1	LED2	LED3	LED4
PINO 5	LED5	LED6	LED7	LED8

PINO 6	LED9	LED10	N/A	N/A
PINO 7	N/A	N/A	N/A	N/A

Fonte: (Autor, 2019)

Como estabelecido anteriormente, o conjunto de portas B é o responsável pelas chaves do circuito. As portas numeradas de 0 a 3 são responsáveis pela leitura de estado das chaves, enquanto que as portas de 5 a 7 são responsáveis por energizar a trilha comum entre cada conjunto de 4 chaves. A leitura das chaves é feita de forma ordenada, com a comutação de estados das portas 5, 6 e 7. A Figura A-4 representa a seguir representa o fluxograma do processo de leitura dos estados das chaves, e a Tabela A-2 consequente apresenta a combinação de pinos que resulta na leitura de cada chave.

Figura A-4. Fluxograma do processo de leitura do estado lógico das chaves.



Fonte: (Autor, 2019)

Tabela A-2. Combinação de sinais de pinos e seus resultados.

	PINO 0	PINO 1	PINO 2	PINO 3
PINO 4	N/A	N/A	N/A	N/A
PINO 5	CHAVE10	CHAVE9	N/A	N/A

PINO 6	CHAVE8	CHAVE7	CHAVE6	CHAVE5
PINO 7	CHAVE4	CHAVE3	CHAVE2	CHAVE1

Fonte: (Autor, 2019)

Com essa definição de funcionamento do CI é necessário definir algumas regras de funcionamento. Como ocorre uma comutação de estados das portas 5, 6, 7 e, durante sua mudança de estados para nível lógico alto, a leitura das portas 0, 1, 2 e 3, a definição de um intervalo entre a comutação de estados de cada pino é essencial para o funcionamento adequado do monitoramento. Tendo em mente que a mudança de estados das chaves ocorre quando há a introdução ou remoção de um tubete no recipiente da caixa de medicamentos, podemos definir duas ações sequenciais possíveis que geram essa alteração de estados:

- Introduz medicamento na caixa de medicamentos após efetuar cadastro e então remove o medicamento para ingeri-lo no momento indicado.
- Remove o medicamento para ingeri-lo no momento indicado e reintroduz o medicamento na caixa de medicamentos para monitoramento

A primeira ação sequencial do usuário, provavelmente, demoraria horas devido as instruções durante o cadastro do medicamento no sistema que pedem para que o usuário tome uma dose do medicamento antes de cadastrá-lo, ou que informe a data/hora da última dose ingerida. Então é pouco provável que tenhamos problemas quanto ao intervalo de verificação de estados das portas na primeira sequência de ações do usuário. Já o tempo entre as ações da segunda sequência de eventos pode ser bem menor. Este é o caso onde a pessoa retira o recipiente com o medicamento da caixa de medicamentos, abre a tampa do recipiente, pega uma dose do medicamento, fecha a tampa e reintroduz o recipiente na caixa. Este conjunto de eventos sequenciais pode ocorrer em questão de segundos. Por isso, neste trabalho foi definido que a leitura de estados das chaves seja feita em intervalos de 3 em 3 segundos. Dessa forma, para que não haja uma comutação excessiva das portas 5, 6 e 7 foi definido um intervalo de 1 segundo entre a comutação de estados de cada uma das portas. Então no fluxograma apresentado acima por meio da Figura A-4, um atraso de 1 segundo foi inserido manualmente após cada um dos três blocos de leitura das portas 0, 1, 2 e 3, resultando assim em um intervalo aproximado de 3 segundos, desconsiderando o tempo necessário para a operação de leitura, que apenas leva alguns milissegundos.