INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E

TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

CÂMPUS GUARULHOS

PEDRO FONSECA RAVAGNANI DISPERATI

Sistema para monitoramento cardíaco utilizando as plataformas Android e Arduino

GUARULHOS

2021

PEDRO FONSECA RAVAGNANI DISPERATI

**Sistema para monitoramento cardíaco utilizando as plataformas Android e Arduino**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Guarulhos.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Lourenso

GUARULHOS

2021

PEDRO FONSECA RAVAGNANI DISPERATI

**Sistema para monitoramento cardíaco utilizando as plataformas Android e Arduino**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Guarulhos.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Lourenso

Aprovado pela banca examinadora em 02 de Fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Esp. xxxxxxxxxxxxxxxxx

IFSP Câmpus Guarulhos

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Me. xxxxxxxxxxxxxxxxx

IFSP Câmpus Guarulhos

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Dr. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

IFSP Câmpus Guarulhos

DEDICATÓRIA

**AGRADECIMENTOS**

EPÍGRAFE

**RESUMO**

**Palavras-chave**: ZZZZZ. Xzzzzz.

**ABSTRACT**

**Keywords**: ZZZZZ. Xzzzzz.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE SIGLAS**

**SUMÁRIO**

# 1 INTRODUÇÃO

O Padrão de batimentos cardíacos pode ser utilizado para a monitoração e detecção preventiva de diversos problemas, deficiências e doenças relacionadas aos órgãos e o corpo de modo geral, de tal modo que a identificação de batimentos irregulares ou com velocidades diferenciadas pode ser utilizada como detecção preventiva de problemas (fonte).

De acordo com a *World Health Organization*, doenças cardiovasculares são a causa número um de mortes globais. Em 2016 aproximadamente 17.9 milhões de mortes foram registradas por doenças cardíacas, representando 31% do total de mortes do planeta. Destas, 85% foram atribuídas a ataques cardíacos e derrames (GBD 2019).

Fazer um parágrafo sobre a expansão global dos smartphones e seu barateamento (não esquecer das referências). “Smartphones são dispositivos blablabla e, nos últimos X anos, tem se popularizado mundialmente. No Brasil, Y% da população tem acesso a smartphones. Destes, Z% são Android. O mercado de apps e taltal movimenta X bilhões anualmente. Desta forma, levando-se em consideração o amplo acesso e disponibilidade dos smartphones, é viável o desenvolvimento de aplicativo para auxilio no monitoramento cardíaco com acesso via loja de aplicativos.”

Globalmente, é extremamente complicado ter uma ideia do total de número de usuários únicos de smartphones, porém estima-se que 71,83% dos dispositivos globais utilizam o S.O Android (Stat Counter, 2021). Com a centralização de apps na Play Store, estima-se que o lucro com aplicativos tenha alcançado 10,4 bilhões de dólares, métrica que vem crescendo desde 2016(Business of apps, 2021).

Com o crescimento do mercado de smartphones, suas respectivas lojas e o aumento constante da base de usuários, Cerca de 79,3% da população brasileira acima de 10 anos de idade possui acesso a um disposto celular, segundo dados do IBGE (2018). Esta popularização oriunda da portabilidade dos dispositivos e seu custo constantemente abaixando, possibilitando a existência de dispositivos de entrada de baixo valor monetário resulta em um fenômeno em que boa parte da população de países desenvolvidos e em desenvolvimento possuam acesso aos mesmos.

A rápida diminuição de custos de produção não afeta somente o mercado de Smartphones, a popularização de Microcontroladores e sensores (Necessita Fonte) também é algo que tem ocorrido nos últimos anos, aumentando massivamente a acessibilidade destes dispositivos.

Com isto em mente, procura-se investigar e desenvolver um sistema de baixo custo relativo utilizando estas partes que tiveram seu custo reduzido e são de fácil acesso a boa parte da população.

Com tal cenário em mente e levando-se em consideração a ampla disponibilidade de smartphones, é possível perceber o potencial de um relógio inteligente (*Smartwatch*) ou de sensores cardíacos de tira de peito (*Heart rate sensor chest strap*), pareados com um dispositivo Android contando com uma interface para análise de batimentos, podendo informar batimentos irregulares ao usuário de modo que este possa, preventivamente, buscar auxílio médico.

Visa-se, assim, desenvolver um sistema Android que tem como função processar e tratar dados recebidos de sensores com objetivo de informar o usuário sobre o desenvolvimento de padrões de batimentos cardíacos irregulares que podem, ao ser consultados um médico cardiologista, identificar problemas que, caso não sejam tratados, podem ser fatais.

# 2 OBJETIVOS

Como um dispositivo de apoio tanto para usuários em domicílio como hospitais, o sistema a ser desenvolvido procura guardar, analisar e tratar dados referentes aos Batimentos por Minuto (BPM) do usuário, podendo identificar altas e baixas frequências, podendo separar um aumento constante que pode ser observado em exercícios e separar essa ascensão constante de um súbito aumento, também identificando e avisando sobre uma frequência elevada por um período estendido de tempo.

**2.1 OBJETIVO GERAL**

De tal modo, procura-se a utilização de sensores que tenham garantia de confiabilidade e serviço para a monitoração, procurando ter a menor margem de erro possível para uma medição constante.

Considerando esta necessidade e a aplicação deste aplicativo, foi decidido que a utilização de um micro controlador como a primeira etapa, devido a sua acessibilidade, é a chave da proposta. Com estas necessidades em mente, um sistema confiável e acessível, o foco se torna em procurar a alternativa mais barata, simples, como exibir e guardar as informações para uso posterior.

**2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Colocar os principais requisitos funcionais aqui

# 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Através da análise de dados providos pela OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde, e WHO, foi descoberto que problemas cardíacos são uma das causas mais frequentes para falecimento. Assim, embora ocorram casos que não são detectados prematuramente no momento, um aumento em monitoramento e frequência do mesmo pode trazer à tona tais problemas antes de seu estado fatal, desconsiderando situações como, por exemplo, infartos fulminantes.

Em posse de tais dados, bem como analisando a metodologia de diagnósticos preventivos, simples informações sobre uma pessoa como seu pulso e temperatura podem ser de grande valia para auxiliar em indicativo de princípio de um problema. Desta forma, pode-se recomendar uma visita médica logo que notada irregularidade persistente.

Exemplificando, uma pessoa com febre tem sua temperatura subindo até o momento em que uma doença pode ser identificada sem qualquer instrumento de medição. Uma febre pode ser diagnosticada se a temperatura de uma pessoa estiver superior a 38.0ºC, embora seus efeitos possam ser sentidos em uma pessoa com 37.5ºC, desta forma, analisando esta temperatura por um período e percebendo este aumento na temperatura, é possível identificar o principio de um problema, como um resfriado comum, mantendo em mente quem um resfriado comum pode ser letal para pessoas acima de 60 anos.

Da mesma forma com a temperatura, batimentos cardíacos também podem ser observados por um período de tempo, porém a identificação de problemas através do pulso se apresenta um pouco mais complicada, pois o pulso possui variações normais e aumentos devido a exercícios físicos ou estado mental de uma pessoa, como por exemplo, estresse. Além disso, certas substâncias consumíveis, como o tabaco, apresentam um efeito adverso ao pulso.

Apesar destas possibilidades, ainda é possível utilizar os dados de batimentos cardíacos para a identificação de potenciais problemas.

A tabela abaixo mostra uma faixa de pulso considerada normal por faixa etária e nível de atividade física (fazer tabela com pulso vs faixa etária e sexo – disponível em: https://conteudo.omronbrasil.com/batimentos-cardiacos-normais-por-idade/)

Assim, pulso acima de 90 BPM pode ser considerado elevado, e com uma análise contínua dos dados de determinado indivíduo é possível notar uma tendência de aumento no pulso. Ademais, a aquisição contínua dos dados nos permite analisar os momentos em que uma pessoa está repousando para considerar na análise, desta forma evitando comparar de forma indiscriminada todos os dados adquiridos.

Para tal caso de uso a computação ubíqua, em particular os dispositivos *wearables*, assume papel importante para tal desenvolvimento. Computação ubíqua, ou pervasiva, é um termo cunhado por Mark Weiser, em 1991, usado para descrever a onipresença da informática na vida cotidiana (Weiser, 1991) encontrar o link e colocar nas referências bibliográficas.

Um dilema comum ainda neste momento, entretanto, é o custo destes dispositivos... Dissertar aqui sobre o avanço dos dispositivos móveis. Falar sobre computação ubíqua focando nos *wearables* tais como Apple Watch e Galaxy Watch. Falar sobre a funcionalidade de monitoramento de pulso, mas destacar ainda a questão do elevado custo destes dispositivos dado o salário médio brasileiro

Falar sobre o sensor que será usado. Dissertar sobre suas características baseado no Datasheet. Falar sobre o aplicação para monitoramento cardíaco com eletrodos logo abaixo do peito (disponível no datashet). Colocar também alguns gráficos que mostrem a capacidade de aquisição do sinal elétrico adquirido, mostrando ser possível captar os batimentos cardíacos (pedir ajuda pro lando paara selecionar o mais relevante do datasheet). Após colocar o gráfico, obviamente é importante explica-lo também.

Falar sobre a integração possível do sensor com o Android através do ESP32. Dissertar sobre o ESP32 e sobre a conexão bluetooth.

**5 METODOLOGIA DE PESQUISA**

A metodologia de pesquisa se dará com base no público em que se procura obter informações relevantes para o desenvolvimento do projeto: profissionais da área de medicina que desejam manter um monitoramento mais informativo sobre o estado cardíaco de um paciente (conversou com alguém de verdade? Se não conversou e não tem entrevista, muda a metodologia para observação de aplicativos já disponíveis no mercado). Pelo fato de exames tradicionais necessitarem que irregularidades se manifestem durante o momento daquele exame, a observação com um sensor pessoal pode ser feita constantemente enquanto se utiliza o mesmo (exame HOLTER é literalmente assim – comparar o proposto com o exame).

Com esta base, procura-se levar a apresentação conceitual da utilização dos sensores para profissionais da área, explorando o feedback dos mesmos para a aplicação dos conceitos e o que poderá ser revisado. Tal levantamento de dados se dará através questionários, procurando-se encontrar quais são os métodos aplicados para monitoração frequente ou constante, a viabilidade dessa implementação na visão de profissionais e o que os mesmos procuram como funcionalidade.

A utilização de uma entrevista também é considerada para uma descrição sobre as situações em que tal sistema seria benéfico, para demonstração dos sistemas em utilização atualmente, caso haja algum, e, também, para aprendizagem sobre os métodos de diagnósticos através do eletrocardiograma.

Também se visa a realização de uma etnografia, procurando conhecer melhor os ambientes e condições nas quais tal monitoramento pode ser realizado e no que estes podem limitar o desenvolvimento do software proposto (esse aqui pode tirar).

# 6 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do software será utilizado um processo do tipo cascata. Tal escolha justifica-se por dois motivos:

1) a elicitação de requisitos do sistema é fixa, tendo em vista o escopo proposto ser de um protótipo de leitura e monitoramento de dados cardíacos e não de um sistema de gestão de saúde;

2) desta forma, a modelagem do sistema pode ser definida em função desta elicitação antes da programação ter sido iniciada – uma vez que, independente de mudanças de Hardware, as interfaces de comunicação com o Software não serão alteradas.

Um padrão de projeto do tipo **Adapter** (está usando mesmo?) será adotado para evitar retrabalho nas classes de regra de negócio do software.

O sistema, assim, é considerado com duas partes distintas: o desenvolvimento do software como uma e a integração do hardware como outra. Uma possibilidade de inclusão do aplicativo Android é considerado a prioridade de cada etapa, sendo estas as etapas mais importantes e com maior foco no desenvolvimento. Já a etapa de integração do microcontrolador e o envio de informações e o recebimento de informações no computador. (tentei reescrever mas não entendi nada do que você quis falar aqui. Deixar mais claro este parágrafo)

Quanto às tecnologias, serão adotadas a linguagem Java e a plataforma Android Studio para o desenvolvimento do software. Estas são as tecnologias oficialmente suportadas para desenvolvimento de aplicações Android nativas. O banco de dados sqlite será utilizado para armazenamento de informações. Além da aplicação em si, será desenvolvida uma plataforma para monitoramento externo dos dados do paciente. Para a construção deste sistema de monitoramento externo será utilizada a linguagem PHP com framework Laravel, além de banco de dados mysql. Esta escolha justifica-se pela familiaridade com a ferramenta. (explicar mais sobre as tecnologias, falando inclusive sobre a plataforma ESP32 e sobre o Sensor. Tirar fotos da protoboard e colocar aqui)

**7** **FUNCIONALIDADES**

# Tendo em mente os 2 tipos de requisitos, funcionais e não funcionais, dados como

# Requisitos Funcionais: são declarações de serviços que o sistema deve prover, descrevendo o que o sistema deve fazer (SOMMERVILLE, 2007). Um requisito funcional descreve uma interação entre o sistema e o seu ambiente (PFLEEGER, 2004), podendo descrever, ainda, como o sistema deve reagir a entradas específicas, como o sistema deve se comportar em situações específicas e o que o sistema não deve fazer (SOMMERVILLE, 2007). Requisitos Não Funcionais: descrevem restrições sobre os serviços ou funções oferecidos pelo sistema (SOMMERVILLE, 2007), as quais limitam as opções para criar uma solução para o problema (PFLEEGER, 2004). Neste sentido, os requisitos não funcionais são muito importantes para a fase de projeto (design). (FALBO, 2017, P. 5)

# Podemos definir certas especificações funcionais de qual o aplicativo necessita cobrir:

# Checar os sensores existentes no dispositivo externo;

# Permitir a monitoração remota através de um webservice capaz de receber as atualizações dos dados aquisitados;

# Elaborar um sistema de login para monitoração externa;

# Montagem de gráficos exibindo a variação por tempo de BPM;

# Avisos sobre batimentos muito rápidos/lentos;

# Sistema de aviso de emergência para níveis extremos de BPM;

(Escrever os casos de uso destes requisitos funcionais)

# 7 RESULTADOS

Inicialmente foi considerado o uso de smartbands e smartwatches para o desenvolvimento do projeto.

Entretanto, posteriormente fora observado que tais dispositivos não possuem confiabilidade o suficiente para utilização com este propósito. Isto se deve a utilização do Bluetooth *low-energy* em tais dispositivos, transformando sua conexão com os dispositivos apenas momentâneas e violando o conceito da confiabilidade dos dados. Desta forma, o alto custo e baixa confiabilidade mostraram que estas não seriam opções adequadas.

Desta ocorrência, o próximo candidato se encontra nos dispositivos e sensores para microcontroladores como o Arduino e derivados.

No presente momento, o projeto se encontra em um estado de protótipo, com um sensor de temperatura externa sendo utilizado para demonstração do envio de informações do micro controlador para o web site onde será utilizado caseiramente ou profissionalmente, com o aplicativo para dispositivos Android sendo totalmente retrabalhado do que foi anteriormente feito, visto que a utilização dos sensores comercialmente disponíveis se tornou inviável devido as suas especificações, e seu foco em tempo de bateria e não na qualidade e frequência de sua medição, assim sendo, foi optado pelo micro controlador Arduino Uno e o sensor de pulso ECG AD8232, a ser conectado ao micro controlador.

Também está sendo desenvolvido o módulo para conexão do dispositivo com a rede, no momento utilizando sua entrada cabeada com um computador, para a visualização dos dados recebidos pelo computador pelo sensor.

Na atual situação, pela demora do envio do sensor de pulso, foi desenvolvido estas partes utilizando um sensor de temperatura ambiental DHT11, este sendo utilizado para testes no módulo de recebimento das informações pela web.

Desta parte, está sendo desenvolvido este módulo de apoio com o framework Laravel 5.8 em conjunto com a linguagem PHP para a conexão e recepção dos dados, e o framework para a proteção de rotas, renderização das páginas e, em geral, controle do front-end. (vamos mexer nessa parte por último, inclusive colocando as fotos do sistema)

Considerando as possibilidades, os maiores riscos apresentados se deram em atrasos do cronograma e dificuldades com as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento e a plataforma Android e sua compatibilidade com diferentes microcontroladores.

Como tal, para amenizar qualquer falha com o cronograma, será focado em primeiro lugar o Núcleo do programa (Coleta de dados, exibição e avisos) e depois prototipado as funções adicionais, de tal modo que o trabalho possa ser continuado facilmente posteriormente por outras pessoas, devido a sua natureza e foco em saúde.

Como foi dito, os sensores para consumo como o de um Smartwatch não apresenta confiabilidade para este caso de uso, como tal é necessário considerar dificuldades apresentadas pelo limite de memória do Arduino escolhido, sua disponibilidade e compatibilidade com outros sensores.

Outro ponto a ser notado é a prioridade na realização das funções principais, podendo faltar tempo para outros pontos, como o desenvolvimento do aplicativo Android e a sua conexão com o microcontrolador.

# 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

# REFERÊNCIAS

SOMMERVILLE, I., Engenharia de Software, 8ª Edição. São Paulo: Pearson – Addison Wesley, 2007.

PFLEEGER, S.L., Engenharia de Software: Teoria e Prática, São Paulo: Prentice Hall, 2ª edição, 2004.

*Digital Health: Tracking Physiomes and Activity Using Wearable Biosensors Reveals Useful Health-Related Information.* Disponível em: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2001402>. Acesso em: 4 abr. 2019.

*USA Death Rates for 2016* Disponível em: <https://www.cdc.gov/nchs/fastats/leading-causes-of-death.html>. Acesso em: 4 abr. 2019.

*Cardiovascular diseases (CVDs)* Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)>. Acesso em: 4 abr. 2019.

# 

**APÊNDICE A – DIAGRAMA DE CASO DE USO E DESCRIÇÃO TEXTUAL**

**APÊNDICE B – DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA DO SISTEMA**