

INTERATIVO CURSO E COLÉGIO

**SOLUÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO DE BATIMENTOS
CARDÍACOS, USANDO SENSOR E ARDUINO NANO**

São Carlos, SP

2024



Gabrielly Victoria Broggio
Ana Clara Broggio Caciola

Maressa Pomaro Casali Pereira

SOLUÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO DE BATIMENTOS CARDÍACOS, USANDO SENSOR E ARDUINO NANO

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Profa. Maressa Pomaro Casali
Pereira

São Carlos, SP

2024



RESUMO

A espécie humana tem uma expectativa de vida superior à de outros animais e, com o avanço da Medicina, uma maior longevidade. No entanto, as informações que temos sobre a frequência cardíaca podem estar relacionadas à eventos variáveis e descontínuos. Por isso, o desenvolvimento de aplicativos e protótipos seria útil no monitoramento de eventos associados às cardiopatias. Doenças como hipertensão, acidente vascular cerebral, infarto agudo no miocárdio, ansiedade e endocardite acometem boa parte da população brasileira, sendo a causa número um de mortes no Brasil. A doença arterial coronariana foi a principal causa de morte no país, seguida pelo acidente vascular cerebral. Em vista disso, o presente trabalho teve como objetivo construir um protótipo baseado na tecnologia Arduino para promover o monitoramento cardíaco de pessoas e associá-lo à possíveis quadros de tratamento ou de pós operatório. A partir do desenvolvimento de um protótipo Arduino Nano acoplado à um sensor de batimento cardíaco, pode-se aferir a frequência cardíaca das pessoas, a fim de utilizá-lo em futuros monitoramentos de cardiopatias e em pessoas com condições de risco. Foram desenvolvidos vários experimentos-teste até alcançar um projeto mais avançado, sendo utilizados os componentes: Arduino Nano V3, protoboard, pulse sensor, display LCD, potenciômetro, bateria de 9V e jumpers. Foram obtidos os seguintes resultados: implementação do protótipo para aferir batimentos cardíacos, testes com os componentes, utilização de dispositivo padrão para averiguar a eficácia do protótipo durante os testes de validação. Foram feitas análises das variações dos batimentos cardíacos considerando diferentes fatores: sexo biológico, faixa etária, atividade física, repouso, nível de ansiedade e presença de cardiopatias. Portanto, este trabalho representa uma possibilidade de melhoria na qualidade de vida das pessoas portadoras de cardiopatias e também para indivíduos com limitações pela idade avançada.

Palavras-chave: Arduino, Cardiopatias, Monitoramento



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	6
3 OBJETIVO GERAL	7
4 METODOLOGIA	7
5 RESULTADOS OBTIDOS	9
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS	10
REFERÊNCIAS	11



1 INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares ou cardiopatias são a causa principal de mortes no Brasil e no mundo (BRASIL, 2022). Só em 2022 morreram cerca de 400 mil pessoas de problemas cardiovasculares (BVS, 2024).

Algumas cardiopatias podem ser descobertas logo nos primeiros anos de vida, ou surgir ao longo da vida e podem afetar o coração e os vasos sanguíneos, como a doença arterial coronariana, que envolve dor no peito e infarto agudo do miocárdio, sendo está a maior causa de morbimortalidade no mundo (BRASIL, 2022).

Dentre as cardiopatias, destacam-se a hipertensão, o AVC, o infarto agudo do miocárdio, as disfunções da tireoide e a endocardite, que alteram os batimentos cardíacos, afetando a qualidade de vida de seus portadores (CÉSAR, 2007).

A endocardite é uma condição cardiovascular complexa e grave, caracterizada pela inflamação do endocárdio, a camada interna do coração, desencadeada pela presença de microrganismos, como bactérias ou fungos, que invadem a superfície cardíaca. Os sintomas incluem: febre, fadiga, dificuldade na respiração, alterações na auscultação cardíaca e batimentos cardíacos elevados (LIMA et al., 2024; ARMSTRONG, 2024.).

Essa condição pode ser similar a outras doenças e, por isso, são necessários testes mais precisos que incluem análises ao sangue, ecocardiografia, eletrocardiograma, ressonância magnética, entre outros exames. O tratamento consiste em uso de antibióticos, por via endovenosa, durante 4 a 6 semanas. Caso as válvulas cardíacas tenham sido muito afetadas, poderá ser necessária cirurgia (LIMA et al., 2024).

Atualmente no Brasil, 15,3% das pessoas com 60 anos ou mais moram sozinhas (NEGRINI, 2018). Até 2030, representará 4% da população idosa do Brasil (CAMARGO et al., 2024). Por isso, o monitoramento contínuo de sinais vitais, como a frequência cardíaca, é uma atividade de grande importância na vigilância clínica de pacientes em pós operatório e idosos (BENTO e SILVA, 2022). Assim, o desenvolvimento de aplicativos e protótipos seria útil no monitoramento de eventos associados às cardiopatias e limitações pela idade avançada.



O protótipo do sensor de batimentos cardíacos atua de forma não invasiva, fazendo uso dos sinais adquiridos através de um sensor óptico implementado com um LED, os quais podem ser interpretados e tratados por um microcontrolador. A forma de aquisição do sinal e o modo de funcionamento são similares aos utilizados em instrumentos médicos encontrados comercialmente (MARTINS, 2010).

2 JUSTIFICATIVA

Diversos acidentes, não só domésticos, podem ocorrer devido a idade, sendo um dos principais acidentes as quedas, que podem ocorrer na própria residência do usuário, na rua ao sair para realizar compras, dentre outros lugares. Cerca de 5% das quedas resultam em lesões graves e ocasionam mais de 200 mil hospitalizações por fratura de quadril (MESSIAS e NEVES, 2019). A idade também tem sido relacionada às elevadas taxas de prevalência da cardiopatia como arritmia, pressão arterial, parada cardíaca, insuficiência cardíaca, entre outras (DINIZ e TAVARES, 2013). Por isso, um dispositivo com sensores torna possível averiguar irregularidades nos batimentos cardíacos e também monitorar o bem-estar do idoso ou pacientes em pós operatório.

O desenvolvimento de um protótipo com princípios semelhantes ao funcionamento de uma pulseira *SmartBand* permite monitorar pessoas, acometidas por cardiopatias, em situação de pós operatório, incluindo idosos. O projeto consiste em um sistema capaz de aferir batimentos cardíacos de forma expressa, proporcionando rapidamente a visualização da frequência cardíaca do usuário.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Diante disso, o trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo, a partir da plataforma Arduino, tendo como possível aplicação em um contexto de pós tratamento de pacientes acometidos por cardiopatias, como a endocardite.

3.2 Objetivos específicos

- Como objetivo específico, almejou-se associar o protótipo à um sensor de batimento cardíaco e testá-lo em variadas condições.
- O desenvolvimento de um protótipo capaz de aferir a frequência cardíaca permite monitorar pessoas, acometidas por cardiopatias, em situação de pós operatório, incluindo idosos.
- O projeto consiste em um sistema que captura os batimentos cardíacos do usuário enviando-os para um display LCD.

4 METODOLOGIA

O protótipo foi construído com o auxílio de uma plataforma de prototipagem eletrônica Arduino Nano V3 e um sensor (Pulse Sensor), no qual a frequência cardíaca é exibida em um display LCD em termos de batimentos por minuto (BPM). Para o desenvolvimento do protótipo foram utilizados os seguintes componentes (Figuras 1 e 2):

Figura 1: Esquema de montagem do protótipo.

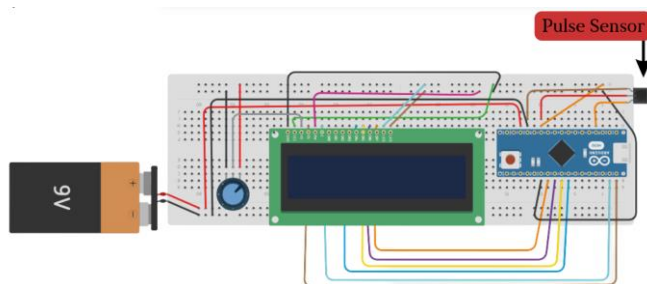
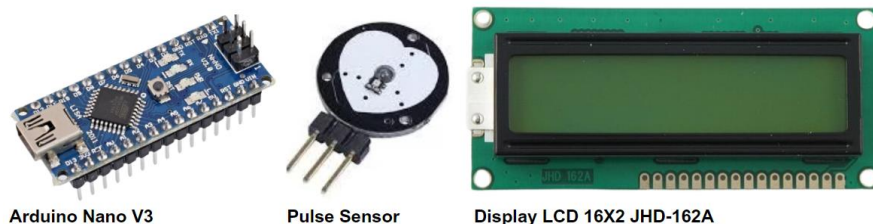




Figura 2: Principais componentes utilizados na construção do protótipo.



- Pulse Sensor: Componente usado para medir a frequência cardíaca, que funciona emitindo luz (led verde) que penetra na pele. O sensor detecta a luz refletida, que varia com o fluxo sanguíneo, e envia um sinal analógico ao Arduino. O Arduino processa esse sinal, detecta os picos e calcula a frequência cardíaca em batimentos por minuto (BPM).
- Arduino Nano V3: Atua como o componente central no projeto, agindo como o “cérebro” do protótipo. Ele é responsável por ler os sinais analógicos, processar os dados para identificar os batimentos cardíacos, calcular a frequência cardíaca e enviá-la ao display.
- Além dos componentes citados, foram usados jumpers, potenciômetro, protoboard e bateria 9V.

Para testar a adequação e eficiência do protótipo, foram aferidas diversas medidas de batimento cardíaco de pessoas em diferentes condições (sexo biológico, faixa etária, atividade física, repouso, nível de ansiedade e presença de cardiopatias), utilizando três réplicas por pessoa/condição, no modo monitoramento às cegas e monitorado pela pessoa.



5 RESULTADOS OBTIDOS

A tabela a seguir apresenta dados de frequência cardíaca coletados de diferentes pessoas por meio do protótipo. Os dados foram registrados em diferentes condições, permitindo uma análise das variações nos batimentos cardíacos em resposta a fatores como sexo, faixa etária, atividade física, repouso, nível de ansiedade e presença de cardiopatias.

Tabela 1: Dados de frequência dos batimentos cardíacos aferidos pelo protótipo. Condição e réplicas.

Coleta de Dados - Frequência Cardíaca									
Classificação	Sexo Biológico		Faixa Etária			Repouso	Pós-Treino	Vestibulando	Cardiopatia
	Feminino	Masculino	Criança	Jovem	Idoso				
Variáveis	16 anos	16 anos	Idade: 11 Gênero: Feminino	Idade: 19 Gênero: Feminino	Idade: 78 Gênero: Masculino	Idade: 27 Gênero: Masculino	Idade: 12 Gênero: Masculino	Idade: 18 Gênero: Feminino	Idade: 68 Gênero: Feminino
Monitoramento "às cegas"	1º 73 2º 72 3º 73 Média: 73	1º 79 2º 80 3º 78 Média: 79	1º 96 2º 92 3º 91 Média: 93	1º 77 2º 76 3º 78 Média: 77	1º 54 2º 53 3º 55 Média: 54	1º 77 2º 76 3º 78 Média: 77	1º 110 2º 109 3º 116 Média: 112	1º 90 2º 88 3º 91 Média: 89	1º 72 2º 75 3º 81 Média: 76
Monitorado pela pessoa	1º 105 2º 97 3º 93 Média: 98	1º 73 2º 74 3º 75 Média: 74	1º 92 99 2º 86 100 3º 97 98 Média: 95	1º 81 2º 84 3º 88 Média: 84	1º 55 2º 54 3º 54 Média: 54	1º 82 2º 81 3º 83 Média: 82	1º 116 2º 105 3º 113 Média: 111	1º 97 2º 96 3º 94 Média: 96	1º 71 2º 72 3º 74 Média: 72

Fonte: próprio autor.

Tabela 2: Dados de frequência dos batimentos cardíacos aferidos pelo protótipo. Médias das réplicas.

Coleta de Dados - Frequência Cardíaca				
Categorias		Variáveis	Monitoramento "às cegas"	Monitorado pela pessoa
Sexo Biológico	Feminino	Idade: 16	73 BPM	98 BPM
	Masculino	Idade: 16	79 BPM	74 BPM
Faixa Etária	Criança	Idade: 11 Gênero: Feminino	93 BPM	95 BPM
	Jovem	Idade: 19 Gênero: Feminino	77 BPM	84 BPM
	Idoso	Idade: 78 Gênero: Masculino	54 BPM	54 BPM
Repouso		Idade: 27 Gênero: Masculino	77 BPM	82 BPM
Pós-Treino		Idade: 12 Gênero: Masculino	112 BPM	111 BPM
Vestibulando		Idade: 18 Gênero: Feminino	89 BPM	96 BPM
Cardiopatia		Idade: 68 Gênero: Feminino	76 BPM	72 BPM



6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema desenvolvido para a aferição dos batimentos cardíacos demonstrou eficácia, apresentando resultados consistentes em comparação com dispositivos padrão.

Com componentes acessíveis como Arduino Nano e Pulse Sensor, o protótipo oferece uma solução de baixo custo, aumentando a acessibilidade à tecnologia.

Além disso, destaca-se como um projeto multidisciplinar, abrangendo áreas como eletrônica, programação, robótica e biologia, e contribuindo para a compreensão de cardiopatias e sua relação com a saúde cardiovascular.

Visando às etapas futuras, espera-se implementar o protótipo, considerando que há potencial para expandi-lo, incluindo funcionalidades como monitoramento em tempo real via aplicativo e integração com outros sensores.



REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, Guy P. Endocardite infecciosa. Disponível em:

<<https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/distúrbios-do-coração-e-dos-vasos-sanguíneos/endocardite/endocardite-infecciosa>> Acesso em: 15 de set. de 2024.

BENTO, Pedro Henrique Caetano; SILVA, Ricardo Magalhães Cruz Alves.

Desenvolvimento de gráfico de controle de frequências com dados simulados de batimentos cardíacos com sinais senoidais usando Python. 2022. Disponível em:

<<https://www2.inatel.br/biblioteca/todo-docman/pos-seminarios/seceb/2015-5/10009-sensor-de-batimentos-cardiacos/file>> Acesso em: 15 de set. de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Doenças cardiovasculares: principal causa de morte no mundo pode ser prevenida. [Brasília]: Ministério da Saúde, 28 set. 2022. Disponível em:

<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022./julho/janssen-saiba-qual-e-o-esquema-vacinal-recomendado-para-o-imunizante>> Acesso em: 28 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Doenças cardiovasculares: principal causa de morte no mundo pode ser prevenida. 3. ed. Brasília: Ed. Ministério da Saúde, 2022. 28 p. (Série E. Legislação de Saúde). Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2022/09/doencas-cardiovasculares-principal-cao-de-morte-no-mundo-pode-ser-prevenida>> Acesso em: 15 de set. de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Doenças cardiovasculares: principal causa de morte no mundo pode ser prevenida. 3. ed. Brasília: Ed. Ministério da Saúde, 2022. 28 p. (Série E. Legislação de Saúde). Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2022/09/doencas-cardiovasculares-principal-cao-de-morte-no-mundo-pode-ser-prevenida>> Acesso em: 15 de set. de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Doenças cardiovasculares: principal causa de morte no mundo pode ser prevenida. 3. ed. Brasília: Ed. Ministério da Saúde, 2022. 28 p. (Série E. Legislação de Saúde). Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2022/09/doencas-cardiovasculares-principal-cao-de-morte-no-mundo-pode-ser-prevenida>> Acesso em: 15 de set. de 2024.

CAMARGO, Felipe Franco de; TAKASHI, William Tetsuya. Pulseira sensorial IOT. 2021.

Disponível em: < <https://adelpa-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/0df17be1-c42b-4109-854c-c8cb6e847b6b/content> > Acesso em: 6 de set. 2024.

CÉSAR, Luiz Antonio Machado. Frequência cardíaca e risco cardiovascular. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 53, p. 456-459, 2007. Disponível em:



<<https://www.scielo.br/j/ramb/a/nyjsLXxsZPqQMvByn6rqCP/?format=pdf>> Acesso em:
15 de set. de 2024.

DINIZ, Marina Aleixo; TAVARES, Darlene Mara dos Santos. Fatores de risco para
doenças cardiovasculares em idosos de um município do interior de Minas Gerais. **Texto &
Contexto-Enfermagem**, v. 22, p. 885-892, 2013. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/tce/a/pY5gQLH6sKjC7B3QwMmSp3s/?lang=pt&format=pdf>>
Acesso em: 7 de out. de 2024.

LIMA, Maria Alessamia Nunes et al. Endocardite Infecciosa: Mecanismos, Diagnóstico e
Tratamento. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 1, p. 1737-
1754, 2024. Disponível em: <<https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/1330>>.
Acesso em: 7 out. 2024.

MAKIYAMA, Marcio. O que é Arduino, para que serve, benefícios e projetos. **Available
in: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Access in: November**, v. 2, p.
2023, 2023. Disponível em: <<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>> Acesso
em: 13 de set. de 2024.

MARTINS, R.M.S. Desenvolvimento de um Sensor de Fotopletismografia para
Monitorização Cardíaca para aplicação no Pulso, Coimbra, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2010.

MESSIAS, Manuela Gomes; NEVES², Robson da Fonseca. A influência de fatores
comportamentais e ambientais domésticos nas quedas em idosos. **Revista brasileira de
geriatria e gerontologia**, v. 12, n. 2, p. 275-282, 2009. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/rbgg/a/jtMQpmksbVMCWVYsnLNJXdL/?lang=pt&format=pdf>>
Acesso em: 7 de out. de 2024.



NEGRINI, Etienne Larissa Duim et al. Quem são e como vivem os idosos que moram sozinhos no Brasil. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 21, p. 523-531, 2018.