



## PROJETO DIDÁTICO DE ELETROCARDIÓGRAFO NO CONTEXTO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBIENGE.2025.6325

**Autores:** ALANA OLIVEIRA ALCÂNTARA,ISAAC BARROS SILVA,DANIEL DIAS DOS SANTOS,ISRAEL PEIXOTO MORAES,THAMYRIS DA SILVA EVANGELISTA

**Resumo:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de eletrocardiógrafo didático e funcional, destacando sua relevância técnica e educacional por meio da aplicação de metodologias ativas de ensino, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). O projeto envolveu as etapas de simulação, implementação prática e testes experimentais do sistema, utilizando componentes eletrônicos acessíveis e de baixo custo. Foram projetados filtros ativos específicos (passa-altas, passa-baixas e Notch) para a adequada filtragem dos sinais eletrocardiográficos, os quais foram validados por meio de simulações no software Proteus e testes práticos em protoboard e em placa de circuito impresso. Apesar de limitações técnicas relacionadas à fabricação da PCI, o protótipo demonstrou eficácia na aquisição e no processamento dos sinais cardíacos.

**Palavras-chave:** Eletrocardiógrafo,Metodologias Ativas,Instrumentação Biomédica

## PROJETO DIDÁTICO DE ELETROCARDIÓGRAFO NO CONTEXTO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

### 1 INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares representam um dos principais problemas de saúde pública no Brasil, sendo responsáveis por aproximadamente 30% dos óbitos registrados no país, o que corresponde a cerca de 400 mil mortes anuais (PEREIRA, 2024). Apesar da relevância desses números, um levantamento da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (SOCESP) aponta que aproximadamente 23% da população brasileira jamais consultou um cardiologista. Entre 2017 e 2021, mais de 7 milhões de brasileiros perderam a vida em decorrência de enfermidades relacionadas ao sistema cardiovascular, conforme dados do Instituto Nacional de Cardiologia (VIDA, 2023). Esses indicadores evidenciam a urgência de desenvolver tecnologias de diagnóstico acessíveis, especialmente para populações em regiões remotas ou com infraestrutura limitada.

Neste contexto, o projeto de desenvolvimento de um eletrocardiógrafo surge como uma solução promissora, combinando conceitos fundamentais da engenharia elétrica com aplicações práticas em saúde pública. Além de sua relevância técnica e social, o desenvolvimento desse equipamento oferece a oportunidade de aplicar e investigar metodologias de ensino e aprendizagem. Métodos ativos, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning - PBL) e Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning), favorecem o aprendizado significativo por meio do envolvimento ativo de alunos na resolução de problemas reais, estimulando o pensamento crítico, a criatividade e autonomia na tomada de decisões (RIBEIRO, 2022).

A adoção dessas metodologias permite aos estudantes atuar diretamente nas etapas práticas de desenvolvimento do eletrocardiógrafo, desde o projeto do circuito e a seleção de componentes até a montagem e testes experimentais do protótipo. Para Dewey (1979), a aprendizagem ocorre de forma mais significativa quando os estudantes estão engajados em experiências reais e socialmente relevantes, conectando teoria e prática de modo ativo. Logo, essa abordagem favorece o amadurecimento técnico dos alunos, ao mesmo tempo em que estimula habilidades como resolução de problemas, pensamento sistêmico e adaptação a imprevistos que surgem durante o processo de prototipagem. Além disso, ao lidar com um projeto que possui aplicação na área da saúde, os alunos podem refletir sobre o papel social da engenharia e o impacto das tecnologias no bem-estar coletivo.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo funcional e didático de eletrocardiógrafo, explorando tanto os aspectos técnicos do projeto quanto os benefícios educacionais proporcionados pela sua execução em um contexto de metodologias ativas.

O artigo está estruturado nas seguintes seções: introdução, fundamentação teórica, metodologia adotada no desenvolvimento e testes do dispositivo, apresentação dos resultados obtidos e, por fim, as considerações finais, incluindo sugestões para trabalhos futuros.

### 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 Eletrocardiograma e Triângulo de Einthoven

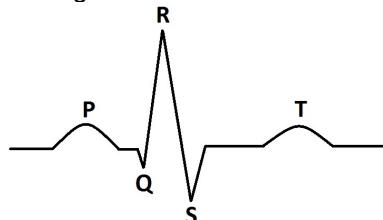
O eletrocardiograma (ECG) é uma técnica diagnóstica não invasiva que registra a atividade elétrica do coração por meio de eletrodos posicionados estratégicamente na

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

superfície da pele (RATHKE, 2008). Essa atividade elétrica é gerada pela propagação de potenciais de ação através do tecido cardíaco, responsável pela contração rítmica e coordenação do músculo cardíaco. O ECG convencional registra essas variações potenciais como um gráfico com características específicas: a onda P representa a despolarização atrial, o complexo QRS representa a rápida despolarização ventricular e a onda T corresponde à repolarização ventricular (REIS et al., 2013).

A onda P representa o início do impulso elétrico gerado no nó sinoatrial (SA) que causa a contração dos átrios. O complexo QRS corresponde à propagação rápida do impulso elétrico pelos ventrículos, resultando em sua contração. Devido à grande massa ventricular, o complexo QRS possui maior amplitude e menor duração em relação às outras ondas. Por fim, a onda T reflete o processo de recuperação elétrica ou repolarização dos ventrículos, preparando-os para o próximo ciclo cardíaco. As características de cada onda, como duração, amplitude e morfologia, são analisadas na identificação de condições patológicas cardíacas (WINDMAIERS et al., 2006). Na Figura 1 é ilustrada a imagem das ondas P, QRS e T do eletrocardiograma.

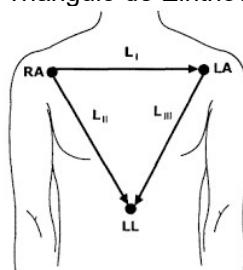
Figura 1 – Sinal de ECG.



Fonte: MALTA, 2025.

Para a captação desses sinais, utiliza-se um sistema de derivações padronizado. O modelo clássico baseia-se no Triângulo de Einthoven, uma representação teórica que considera três eletrodos colocados nos braços direito (RA), esquerdo (LA) e na perna esquerda (LL) do paciente como apresentado na Figura 2. Esses três pontos formam um triângulo equilátero ao redor do coração e permitem a obtenção de três derivações bipolares:  $L_I$  (entre RA e LA),  $L_{II}$  (entre RA e LL) e  $L_{III}$  (entre LA e LL) (CALIL, 2002). Essa configuração permite a análise do vetor elétrico cardíaco sob diferentes ângulos, contribuindo para uma interpretação completa do funcionamento do coração.

Figura 2 – Triângulo de Einthoven.



Fonte: Calil, 2002.

## 2.2 Amplificador de instrumentação

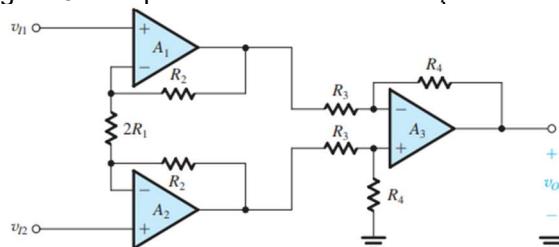
Segundo Horowitz e Hill (2015), o amplificador de instrumentação é um circuito amplificador diferencial especialmente projetado para captar e amplificar sinais elétricos muito pequenos. Esses amplificadores destacam-se por oferecerem alta impedância de entrada, minimizando a carga no sistema biológico e prevenindo distorções do sinal original. Além disso, apresentam alto ganho diferencial, baixo nível de ruído interno e excepcional capacidade de rejeição de interferências em modo comum (CMRR - Common Mode Rejection

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

Ratio), essencial para minimizar sinais externos indesejáveis, tais como ruídos elétricos provenientes da rede ou interferências eletromagnéticas (SEDRA & SMITH, 2014).

Funcionalmente, o amplificador de instrumentação utiliza três amplificadores operacionais, como ilustrado na Figura 3, configurados de forma que dois amplificadores atuam inicialmente em cada entrada diferencial, amplificando o sinal de entrada e rejeitando sinais comuns às duas entradas. O terceiro amplificador operacional atua como um amplificador diferencial, reforçando a diferença entre os dois sinais amplificados anteriormente, proporcionando assim um sinal de saída limpo e com ganho ajustável facilmente por um resistor externo único (SEDRA & SMITH, 2014).

Figura 3 – Amplificador de Instrumentação.



Fonte: Sedra & Smith, 2014.

### 2.3 Filtros

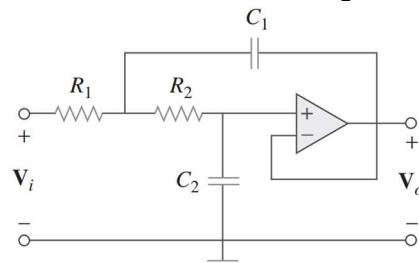
Filtros são circuitos utilizados para atenuar ou eliminar determinadas faixas de frequência em um sinal elétrico. Eles podem ser classificados em passivos ou ativos, de acordo com os componentes utilizados e o desempenho desejado (SADIKU & ALEXANDER, 2013). Filtros passivos são compostos apenas por componentes passivos, como resistores, capacitores e indutores. Esses filtros não requerem alimentação externa e apresentam boa estabilidade, porém possuem limitações quanto ao ganho e à capacidade de operar com sinais de baixa amplitude. Por outro lado, filtros ativos utilizam, além dos componentes passivos, dispositivos ativos como amplificadores operacionais (amp-ops). Esses filtros permitem maior controle sobre os parâmetros do circuito, como frequência de corte e fator de qualidade, além de oferecerem ganho de sinal, impedância de entrada elevada e maior flexibilidade no projeto (SADIKU & ALEXANDER, 2013).

#### A) Filtro passa-baixa ativo

O filtro passa-baixa permite a passagem apenas das frequências abaixo de um determinado ponto de corte, atenuando significativamente as frequências mais elevadas. Ele funciona por meio de componentes eletrônicos, como resistores, capacitores e amplificadores como apresentado na Figura 4, que estabelecem uma frequência de corte específica, acima da qual as frequências são progressivamente atenuadas (SADIKU & ALEXANDER, 2013). No contexto do ECG, utiliza-se comumente um filtro passa-baixa com frequência de corte ao redor de 150 Hz, assegurando que as componentes fundamentais do sinal cardíaco permaneçam intactas enquanto se eliminam interferências de alta frequência, tais como ruídos elétricos e interferências eletromagnéticas (SCHWARZ, 2007).

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

Figura 4 – Filtro Passa-Baixa de segunda ordem.

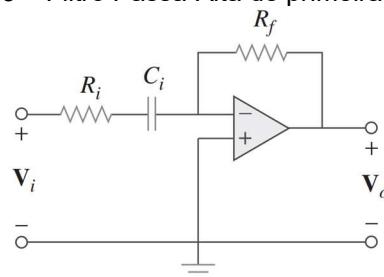


Fonte: Sadiku &amp; Alexander, 2013.

### B) Filtro passa-alta ativo

O filtro passa-alta é projetado para atenuar as frequências abaixo de um certo ponto de corte, eliminando ruídos de baixa frequência como variações lentas da linha de base devido a movimentos respiratórios ou movimentos corporais do paciente. Esse filtro utiliza uma configuração inversa ao filtro passa-baixa, permitindo apenas frequências acima do ponto de corte pré-determinado (SADIKU & ALEXANDER, 2013). No ECG, utiliza-se uma frequência de corte entre 0,05 Hz e 0,5 Hz para estabilizar a linha de base do traçado, facilitando a interpretação precisa das ondas cardíacas (SCHWARZ, 2007). Na Figura 5 é ilustrado um filtro passa-alta ativo de primeira ordem.

Figura 5 – Filtro Passa-Alta de primeira ordem.

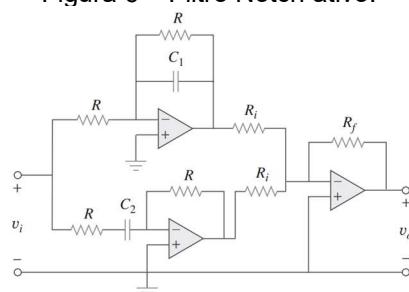


Fonte: Sadiku &amp; Alexander, 2013.

### C) Filtro Notch ativo

O filtro Notch, também conhecido como filtro rejeita-faixa, é implementado para eliminar interferências específicas em frequências bem definidas, especialmente o ruído da rede elétrica, que varia entre 50 ou 60 Hz dependendo da localidade. Ele funciona através de uma configuração que atenua fortemente uma frequência específica, preservando as frequências adjacentes. Este tipo de filtro é especialmente crítico no ECG, pois o ruído da rede elétrica pode interferir significativamente na qualidade do traçado, mascarando informações clínicas essenciais. Assim, o filtro Notch garante um traçado ECG claro, preciso e clinicamente útil (RIBEIRO, 2020). A Figura 6 apresenta uma configuração de filtro Notch ativo.

Figura 6 – Filtro Notch ativo.



Fonte: Sadiku &amp; Alexander, 2013.

### 3 METODOLOGIA

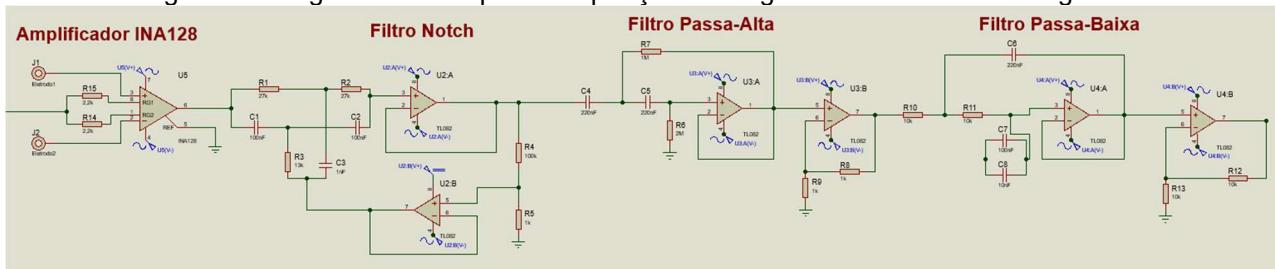
A proposta apresentada neste trabalho é fundamentada no desenvolvimento de um protótipo funcional de eletrocardiógrafo, com foco na aquisição, amplificação e filtragem de sinais eletrocardiográficos. O objetivo principal foi implementar um sistema de condicionamento de sinal, utilizando componentes acessíveis e de baixo custo, sem comprometer o desempenho do sistema.

Foram projetados três filtros: um filtro passa-alta de segunda ordem com frequência de corte de 0,5 Hz, destinado a eliminar componentes de baixa frequência como o desvio de linha de base; um filtro passa-baixa de segunda ordem com frequência de corte de 100 Hz, para atenuar ruídos de alta frequência; e um filtro Notch com frequência central de 60 Hz, voltado para a eliminação do ruído da rede elétrica.

Com os valores definidos, os circuitos dos filtros foram simulados no software Proteus Design Suite (versão estudantil), utilizando o amplificador operacional TL082. Esse software é amplamente utilizado para criação e desenvolvimento de projetos eletrônicos, contando com uma vasta biblioteca de componentes adequados à construção de diferentes tipos de circuitos (LABCENTER ELECTRONICS, 2025). A etapa de simulação teve como finalidade a análise da resposta em frequência de cada filtro antes da implementação prática.

A sequência de montagem do primeiro estágio do sistema consiste em: amplificação inicial com o amplificador de instrumentação INA128, seguida da aplicação do filtro Notch, do filtro passa-altas e, por fim, do filtro passa-baixas — estes dois últimos compõem um filtro passa-faixas. A Figura 7 apresenta a representação esquemática das etapas de implementação.

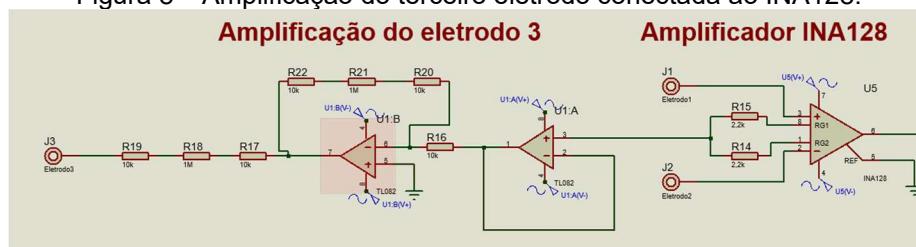
Figura 7 – Diagrama das etapas de aquisição e filtragem do sinal eletrocardiográfico.



Fonte: Autores, 2025.

A fim de melhorar a estabilidade do sinal, foi inserido um estágio adicional de amplificação em uma das entradas do amplificador INA128, contribuindo para a adequada aquisição do sinal, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Amplificação do terceiro eletrodo conectada ao INA128.



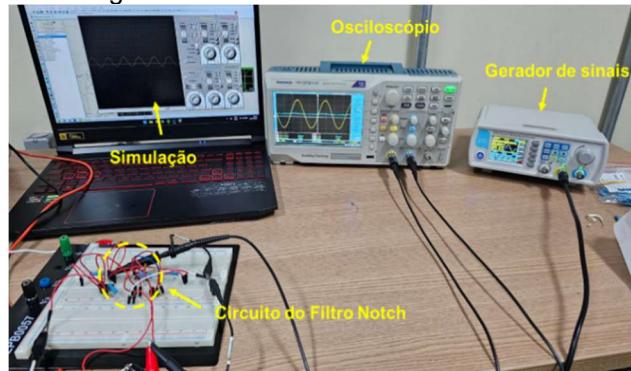
Fonte: Autores, 2025.

Após a verificação da resposta simulada, os circuitos foram montados em protoboard e testados separadamente com o uso de uma fonte de bancada e um gerador de sinais. A análise dos sinais de saída foi realizada por meio de um osciloscópio disponível no laboratório,

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

confirmando a coerência entre os resultados experimentais e os obtidos na simulação. A Figura 9 ilustra a montagem do filtro Notch em protoboard.

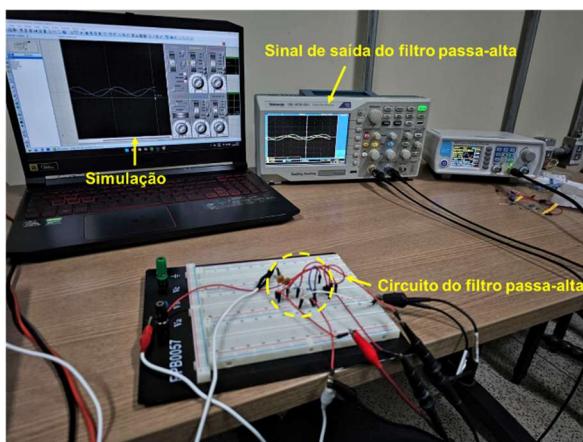
Figura 9 – Sinal de saída do filtro Notch.



Fonte: Autores, 2025.

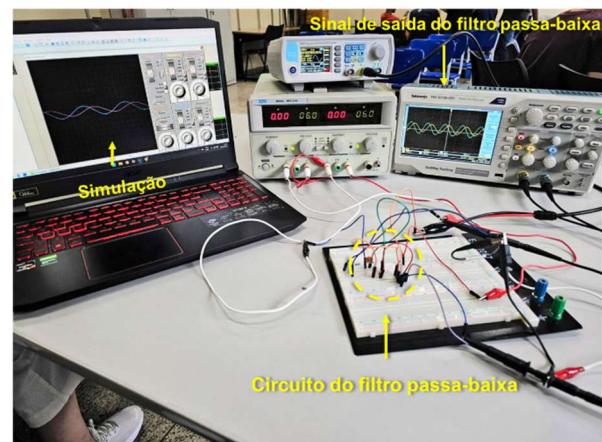
O segundo filtro a ser testado em protoboard foi o passa-altas. Após a obtenção dos resultados esperados, prosseguiu-se com os testes do filtro passa-baixas. As Figuras 10(a) e 10(b) apresentam, respectivamente, as montagens dos filtros passa-altas e passa-baixas.

Figura 10 – Filtros testados na protoboard.



(a) Sinal de saída do filtro passa-alta.

Fonte: Autores, 2025.

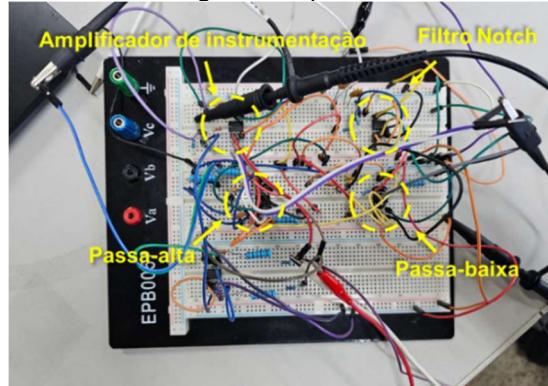


(b) Sinal de saída do filtro passa-baixa.

Com os filtros validados, procedeu-se à montagem completa do circuito do eletrocardiógrafo em protoboard. A Figura 11 apresenta o circuito completo montado, com as diferentes etapas destacadas por círculos amarelos para facilitar a identificação. O primeiro círculo indica o estágio de amplificação com o amplificador de instrumentação INA128; o segundo, o filtro Notch; o terceiro, o filtro passa-altas; e o quarto, o filtro passa-baixas.

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

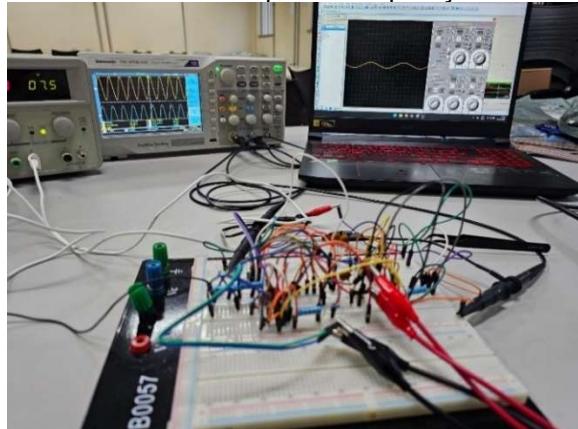
Figura 11 – Circuito completo do eletrocardiógrafo em protoboard com as etapas funcionais destacadas.



Fonte: Autores, 2025.

Na Figura 12, apresenta-se o teste do circuito completo, comparando o sinal obtido na simulação com aquele gerado pela montagem em protoboard. Em ambos os casos, aplicou-se uma frequência de 100 Hz, com o objetivo de verificar se o comportamento do circuito físico corresponderia ao previsto em simulação, cuja resposta esperada é uma onda senoidal. Observa-se que o sinal de saída, exibido em amarelo tanto no osciloscópio do laboratório quanto no osciloscópio virtual do Proteus, preserva a forma senoidal, evidenciando a fidelidade da montagem em relação ao modelo simulado.

Figura 12 – Sinal senoidal de saída do circuito completo: comparação entre simulação e montagem prática.



Fonte: Autores, 2025.

#### 4 RESULTADOS

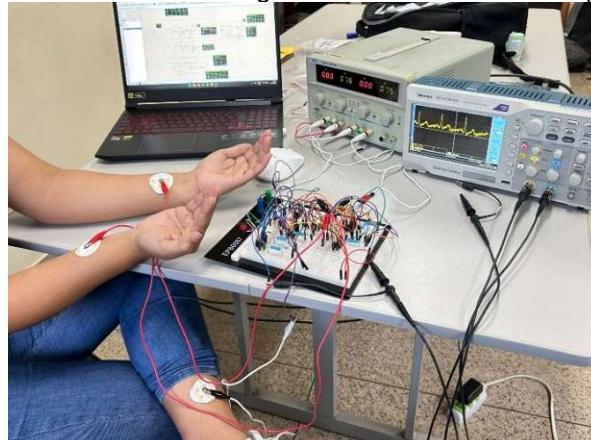
Após a validação da simulação do circuito completo e a confirmação de que os sinais obtidos estavam de acordo com o esperado, iniciou-se a etapa de testes práticos. Para a aquisição do sinal eletrocardiográfico, os eletrodos foram posicionados nos membros conforme o triângulo de Einthoven: braço direito (RA), braço esquerdo (LA) e perna esquerda (LL).

Cabe destacar que o amplificador de instrumentação INA128, utilizado na implementação prática do eletrocardiógrafo, não está disponível na biblioteca da plataforma de simulação Proteus. Dessa forma, o ganho do circuito foi calculado com base na equação fornecida pelo datasheet do componente, apresentada na Equação (1). Para obter um ganho de 46, foram utilizados dois resistores de 2,2 kΩ conectados em paralelo entre os pinos 1 e 8 do amplificador.

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G} \quad (1)$$

Com os eletrodos posicionados corretamente e o circuito montado em protoboard, iniciaram-se os testes em um voluntário, o que permitiu a obtenção de um sinal de ECG satisfatório, conforme apresentado na Figura 13. Na configuração adotada, o eletrodo do braço esquerdo (LA) foi conectado ao pino 3 do amplificador INA128, enquanto o eletrodo do braço direito (RA) foi ligado ao pino 2. O terceiro eletrodo, correspondente à perna esquerda (LL), foi conectado a um circuito de referência aterrado, contribuindo para a estabilidade do sinal e a redução de interferências eletromagnéticas.

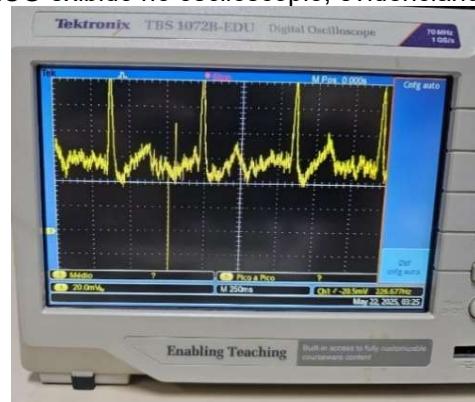
Figura 13 – Teste prático do eletrocardiógrafo com sinal de ECG adquirido em voluntário.



Fonte: Autores, 2025.

A forma de onda característica, composta pelas ondas P, QRS e T, pode ser visualizada no osciloscópio nas Figura 14, indicando que o sistema de aquisição, amplificação e filtragem estava operando corretamente.

Figura 14 – Sinal de ECG exibido no osciloscópio, evidenciando as ondas P, QRS e T.



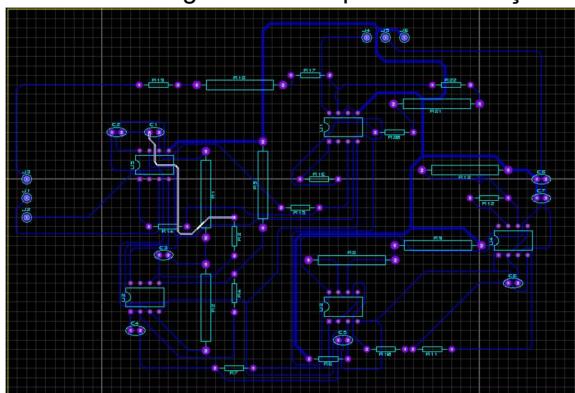
Fonte: Autores, 2025.

Com o objetivo de melhorar a estabilidade do sinal e minimizar ainda mais os ruídos, iniciou-se a confecção de uma placa de circuito impresso (PCI). O layout da placa foi inicialmente desenvolvido no software Proteus, conforme mostrado na Figura 15(a).

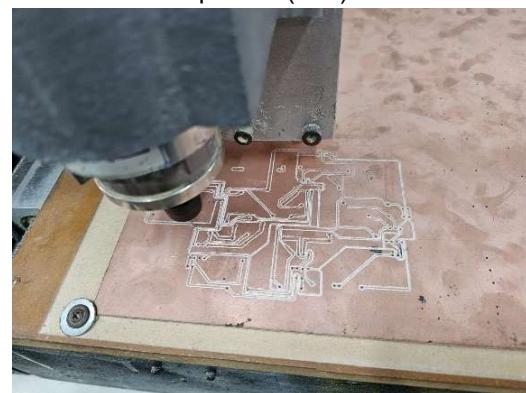
Na etapa seguinte, o layout foi transferido para uma placa de cobre com o auxílio de uma máquina CNC, responsável pela furação dos pontos de inserção dos componentes e pela definição das trilhas do circuito, como ilustrado na Figura 15(b).

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

Figura 15 – Etapas de confecção da placa de circuito impresso (PCI).



(a) Layout do circuito no software Proteus.

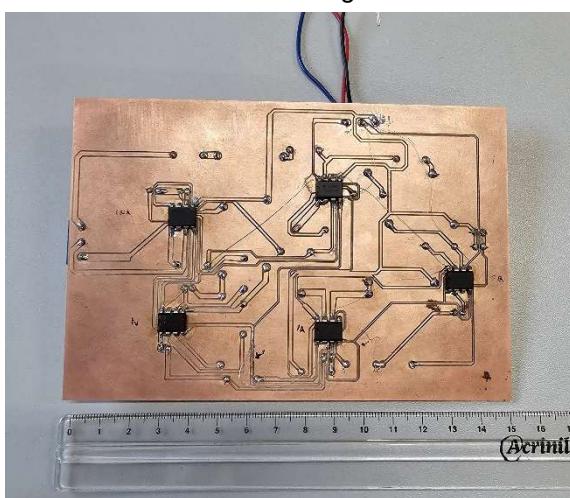


(b) PCI usinada em placa de cobre com auxílio máquina CNC.

Fonte: Autores, 2025.

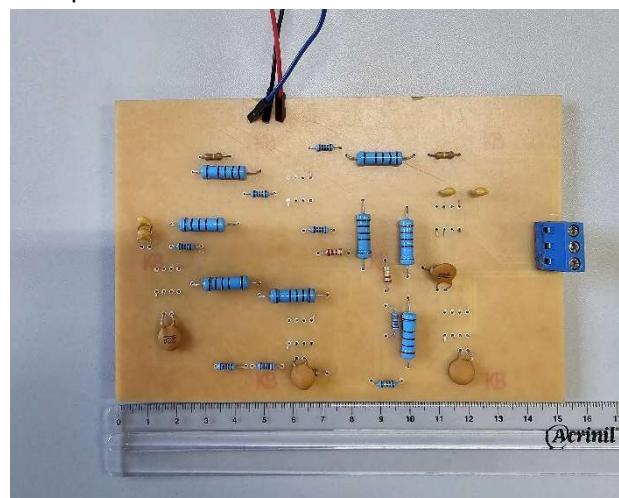
Concluída essa etapa, procedeu-se à soldagem dos componentes, finalizando a montagem do protótipo. As Figuras 16(a) e 16(b) apresentam a placa montada, com os componentes devidamente soldados.

Figura 16 – Placa de circuito impresso finalizada.



(a) Parte inferior da placa.

Fonte: Autores, 2025.



(b) Parte superior da placa.

Devido à presença de trilhas muito finas e próximas entre si, o processo de usinagem realizado pela máquina CNC acabou danificando algumas dessas conexões. Para contornar esse problema, foram realizadas reconexões manuais com fios de cobre, restabelecendo a continuidade elétrica do circuito.

Com a placa de circuito impresso finalizada, foi realizado um novo teste de aquisição do sinal de ECG, a fim de verificar o desempenho final do sistema, conforme ilustrado na Figura 17.

**15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025**  
**CAMPINAS - SP**

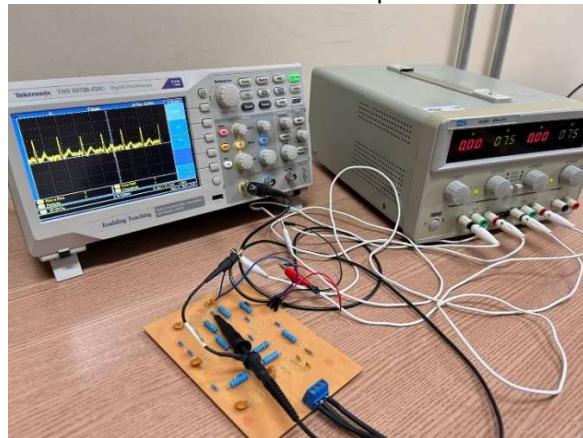
Figura 17 – Aquisição do sinal de ECG utilizando a placa de circuito impresso em teste com voluntário.



Fonte: Autores, 2025.

Apesar da melhoria significativa em relação à montagem anterior em protoboard, o sinal ainda apresentou certa presença de ruído como apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Sinal de ECG obtido com a placa de circuito impresso.



Fonte: Autores, 2025.

Acredita-se que esse ruído residual esteja associado às trilhas danificadas durante o processo de usinagem da placa, as quais precisaram ser reparadas manualmente com fios de cobre. Ainda assim, o resultado obtido representa um avanço importante na qualidade do sinal, confirmando a eficácia dos estágios de amplificação e filtragem implementados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento completo de um eletrocardiógrafo didático e funcional, destacando sua relevância técnica e educacional. A abordagem metodológica adotada — combinando fundamentos teóricos, simulações computacionais e validações experimentais — possibilitou a aquisição eficaz de sinais eletrocardiográficos com qualidade satisfatória, atendendo aos objetivos propostos.

Ao longo do processo, os alunos enfrentaram desafios práticos que exigiram não apenas domínio técnico, mas também a capacidade de propor soluções, adaptar estratégias e trabalhar de forma colaborativa. Questões como interferências no sinal e falhas na usinagem da placa foram tratadas com raciocínio crítico e iniciativa, o que contribuiu significativamente para o desenvolvimento de competências essenciais à formação em engenharia.

Além disso, o projeto promoveu uma vivência de aprendizado concreta, na qual os estudantes puderam aplicar os conhecimentos adquiridos em situações reais, conectando

teoria e prática de maneira eficaz. Essa experiência também ampliou a compreensão dos alunos sobre o impacto das tecnologias desenvolvidas na sociedade, especialmente em áreas sensíveis como a saúde.

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações foram identificadas, como a presença de ruídos residuais no sinal obtido na placa de circuito impresso. Esses ruídos são atribuídos, em parte, a danos nas trilhas durante o processo de usinagem CNC, posteriormente reparados de forma manual. Tais questões apontam oportunidades de melhoria para versões futuras do projeto.

Como continuidade do trabalho, recomenda-se aprimorar o layout da placa, implementar o circuito em módulos separados para facilitar ajustes e manutenção, e explorar recursos complementares, como técnicas de filtragem digital e exibição do sinal em displays OLED. Essas melhorias podem tornar o protótipo ainda mais robusto e ampliar seu potencial de uso em contextos educacionais e laboratoriais.

Conclui-se, portanto, que o projeto atingiu seus objetivos, demonstrando a viabilidade da proposta tanto do ponto de vista técnico quanto didático. A experiência proporcionou ganhos relevantes no processo formativo dos alunos, ao estimular a aplicação prática do conhecimento, o trabalho em equipe e a resolução de problemas reais. A experiência está alinhada aos princípios defendidos por Felder e Brent (2003), que ressaltam a importância de projetos práticos no desenvolvimento de competências essenciais à formação em engenharia, como solução de problemas, comunicação e trabalho em equipe.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e ao Instituto Federal do Pará (IFPA) pelo suporte técnico.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew NO. **Fundamentos de circuitos elétricos.** AMGH Editora, 2013.

CALIL, Saide Jorge et al. Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção. **Ministério da Saúde. Brasília**, p. 340, 2002.

DEWEY, J. **Democracia e educação:** uma introdução à filosofia da educação. São Paulo: Nacional, 1979.

FELDER, R. M.; BRENT, R. **Aprendendo na prática.** Educação em Engenharia Química, v. 37, n. 4, p. 282–283, 2003.

HOROWITZ, Paul; HILL, Winfield; ROBINSON, Ian. **The art of electronics.** Cambridge: Cambridge university press, 2015.

LABCENTER ELECTRONICS. **Proteus Design Suite – Software de projeto e simulação de circuitos e PCBs.** Disponível em: <https://www.labcenter.com/>. Acesso em: 10 de maio de 2025.

MALTA, F. L. **Como ler um eletrocardiograma em 10 passos.** Disponível em: <<https://easymedicina.com/como-ler-um-eletrocardiograma-em-10-passos/>>. Acesso em: 19 de abril de 2025.

RATHKE, Juliano Elesbão et al. **Sistema de processamento de sinais biomédicos: módulos didáticos de aquisição de ECG, EMG, EOG e conversão analógico-digital de biosinais.** 2008.

REIS, Helder José Lima, et al. **ECG: Manual Prático de Eletrocardiograma.** São Paulo: Editora Atheneu, 2013.

RIBEIRO, Ricardo Bonatto. **Desenvolvimento de um eletrocardiógrafo portátil de três canais para aquisição e transmissão de sinais de ECG via aplicativo móvel.** 2020.

SEDRA A.; SMITH K. **Microelectronic Circuits.** 7th edition. New York: Oxford University Press, 2014.

SCHWARZ, Leandro. **Proposta de um sistema telemétrico para aquisição de sinais fisiológicos.** Florianópolis, UFSC, 2007. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

DE CAMARGO RIBEIRO, Luis Roberto. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior.** EdUFSCar, 2022.

PEREIRA, Karina Toledo. **Doenças cardiovasculares: Conhecimento acumulado sobre os mecanismos das doenças cardíacas orienta estratégias terapêuticas.** Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, n. 336, p. 44–45, fev. 2024. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2024/02/044-045\\_cardiovasculares\\_336.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2024/02/044-045_cardiovasculares_336.pdf). Acesso em: 21 maio 2025.

VIDA. **Doenças do coração matam quase um terço dos brasileiros; estilo de vida é um dos fatores de risco.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/saude/noticia/2023/08/28/doencas-do-coracao-matam-quase-um-terco-dos-brasileiros-estilo-de-vida-e-um-dos-fatores-de-risco.ghtml>>. Acesso em: 23 maio 2025.

## DIDACTIC ELECTROCARDIOGRAPH PROJECT IN THE CONTEXT OF PROJECT-BASED LEARNING

**Abstract:** This work presents the development of a didactic and functional electrocardiograph prototype, highlighting its technical and educational relevance through the application of active teaching methodologies, such as Project-Based Learning (PBL) and Problem-Based Learning (PBL). The project included the stages of simulation, practical implementation, and experimental testing of the system, using accessible and low-cost electronic components. Specific active filters (high-pass, low-pass, and Notch) were designed for the proper filtering of electrocardiographic signals, which were validated through simulations in Proteus software and practical tests with breadboard and printed circuit board. Despite technical limitations related to the manufacture of the PCB, the prototype demonstrated effectiveness in acquiring and processing cardiac signals.

**Keywords:** *Electrocardiograph, Active Methodologies, Biomedical Instrumentation.*

