



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA

Paola Hansen Coelho Alves

**AVALIAÇÃO MOTIVACIONAL DE CURSO PRÁTICO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PARA ALUNOS DA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA**

Florianópolis
2023

Paola Hansen Coelho Alves

**AVALIAÇÃO MOTIVACIONAL DE CURSO PRÁTICO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PARA ALUNOS DA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.
Orientador: Profa. Daniela Ota Hisayasu Suzuki, Dra.

Florianópolis
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Alves, Paola Hansen Coelho
valiação motivacional de curso prático de engenharia
biomédica para alunos da graduação de engenharia elétrica e
eletrônica / Paola Hansen Coelho Alves ; orientador,
Daniela Ota Hisayasu Suzuki, 2023.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Eletrônica, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Eletrônica. 2. Engenharia Biomédica. 3.
Engenharia Elétrica e Eletrônica. 4. Curso de montagem de
circuitos eletrônicos. 5. Satisfação do aluno. I. Suzuki,
Daniela Ota Hisayasu. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia Eletrônica. III. Título.

Paola Hansen Coelho Alves

Avaliação motivacional de curso prático de engenharia biomédica para alunos da graduação de engenharia elétrica e eletrônica

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Eletrônica.

Prof. Fernando Rangel de Sousa, Ph.D
Coordenador do Programa

Banca examinadora:

Profa. Daniela Ota Hisayasu Suzuki, Dra.
Orientador

Prof. Cesar Ramos Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Guilherme Brasil Pintarelli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Lucas Bertinetti Lopes

Florianópolis, 13 de dezembro de 2023.

Este trabalho é dedicado à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre guiar a minha vida da melhor forma possível, por ter me proporcionado essa experiência que é a graduação.

Ao meu marido Arthur por ter me ensinado tanto e ser meu companheiro nesses anos de graduação e agora para o resto da vida.

Aos meus pais, que me incentivaram e apoiaram desde pequena a estudar e dar o meu melhor e são os meus maiores professores.

A minha família de forma geral, irmãos, avós, sogros e cunhadas, por serem minha referência em muitos aspectos da vida e por darem força quando eu precisava. Sou muito grata à professora Daniela por todos os ensinamentos durante a graduação e por ter sonhado e executado junto comigo esse TCC.

E por último, aos meus amigos, os que já havia antes, mas também aos que conheci durante a graduação, com eles ao lado muitas coisas se tornaram mais fáceis e felizes.

*“Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas; se não houver folhas, valeu a intenção da semente”
(Henfil)*

RESUMO

Devido a grande evasão de alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Eletrônica da UFSC no ciclo básico, novas propostas pedagógicas têm sido consideradas para diminuir estes índices e melhorar o desempenho dos alunos nestes cursos. Uma destas propostas são cursos práticos de laboratório como forma de motivação ao aprendizado dos alunos. A área de Engenharia Biomédica, reconhecida dentro da área de Engenharia Elétrica e Eletrônica, possui projetos pedagógicos onde o aluno pode fazer a ligação entre a Área de Ciências Exatas e a Área de Ciências Biológicas e da Saúde. Sendo assim, a aplicação de minicursos na Área de Engenharia Biomédica, pode ser um importante estudo para verificação da satisfação no aprendizado pelo aluno. Portanto, pretende-se aplicar curso de montagem de circuitos eletrônicos na área de Engenharia Biomédica para alunos da primeira à quinta fase de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Estes cursos práticos serão aplicados no laboratório de eletrônica (LABEX) do Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina. A satisfação de aprendizado foi avaliada por um questionário de 16 itens por 29 estudantes, de ambos os programas de graduação, das primeiras 5 fases (76%) e das últimas 5 (24%) o questionário avalia conteúdo, interface com usuários, facilidade de uso, motivação e entusiasmo e utiliza a escala Likert (varia de 'discordo fortemente' a 'concordo fortemente'). O questionamento dos materiais, bancadas, ferramenta, recursos, tempo para a montagem eletrônica serem adequados para os experimentos e aprendizado tiveram respostas de concordância intensa e moderada entre 72 a 93%. Verificou-se que a facilidade do experimento a ser realizado entre concordância intensa a leve foram de 55%. 65% das respostas concordaram (intensa e moderado) que o experimento é apropriado para a fase da graduação. A metodologia adotada para ministrar o curso colaborou para que alunos de fases iniciais completasse o circuito eletrônico, pois parte desses alunos não possuem conhecimento teórico para desenvolverem por si só o projeto.

Palavras-chave: Engenharia Biomédica. Engenharia Elétrica e Eletrônica. Curso de montagem de circuitos eletrônicos. Satisfação do aluno.

ABSTRACT

Due to the high dropout rate of students from UFSC's Electrical and Electronic Engineering courses in the basic cycle, new pedagogical proposals have been considered to reduce these rates and improve student performance in these courses. One of these proposals is practical laboratory courses as a way of motivating students to learn. The Biomedical Engineering area, recognized within the Electrical and Electronic Engineering area, has pedagogical projects where students can make the connection between the Exact Sciences Area and the Biological and Health Sciences Area. Therefore, the application of mini-courses in the Biomedical Engineering area could be an important study for verifying student learning satisfaction. Therefore, the aim is to apply a course in assembling electronic circuits in the area of Biomedical Engineering for students in the first to fifth phases of Electrical and Electronic Engineering. These practical courses will be held in the electronics laboratory (LABEX) of the Department of Electrical and Electronic Engineering at the Federal University of Santa Catarina. Learning satisfaction was assessed using a 16-item questionnaire by 29 students from both degree programs, from the first 5 phases (76%) and the last 5 (24%). The questionnaire assesses content, user interface, ease of use, motivation and enthusiasm and uses a Likert scale (ranging from 'strongly disagree' to 'strongly agree'). The question of whether the materials, workbenches, tools, resources and time for electronic assembly were suitable for the experiments and learning had responses of strong and moderate agreement between 72 and 93%. The ease of the experiment to be carried out was found to be between 55% and 55%. 65% of the responses agreed (strongly and moderately) that the experiment is appropriate for the undergraduate stage. The methodology adopted to teach the course helped students in the early stages to complete the electronic circuit, as some of these students do not have the theoretical knowledge to develop the project on their own.

Keywords: Biomedical Engineering. Eletrical and Eletronic Engineering. Eletronic circuit assembly course. Student satisfaction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Exemplo de sinal do sinal Eletrocardiograma.	20
Figura 2	– Amplificador de instrumentação.	21
Figura 3	– Circuito elétrico do amplificador de instrumentação com três amplificadores.	21
Figura 4	– Circuito do amplificador de instrumentação.	23
Figura 5	– Circuito do Filtro Notch.	24
Figura 6	– Circuito do Filtro Passa-alta.	25
Figura 7	– Circuito do Filtro Passa-baixa.	25
Figura 8	– Isolador.	26
Figura 9	– Diagrama de blocos do Circuito completo.	27
Figura 10	– Montagem do circuito completo na protoboard.	27
Figura 11	– Sinal de ECG no osciloscópio.	28
Figura 12	– Participantes do curso prático com sinal de ECG através de eletrodos.	32
Figura 13	– Sinal do ECG através de eletrodos.	33
Figura 14	– Fases da graduação dos alunos que participaram do curso.	36
Figura 15	– Gráfico referente a afirmativa 3 do questionário. As concordâncias intensas e moderadas são de 93%.	38
Figura 16	– Gráfico referente a afirmativa 12 do questionário. As concordâncias intensas e moderadas são de 79%.	39
Figura 17	– Gráfico referente a afirmativa 11 do questionário. Concordância intensa a moderada deste critério foi de 72%.	40
Figura 18	– Gráfico referente a afirmativa 6 do questionário. Concordância intensa a moderada deste critério foi de 86%.	41
Figura 19	– Gráfico referente a afirmativa 9 do questionário.	42
Figura 20	– Gráfico referente a afirmativa 13 do questionário. Concordância intensa e moderada deste critério foi de 76%.	43
Figura 21	– Gráficos referente as afirmativas 7 e 8 do questionário. Concordância intensa a moderada foram de 97% para ambos critérios avaliados.	45
Figura 22	– Gráfico referente a afirmativa 10 do questionário.	46
Figura 23	– Gráficos referente a afirmativa 14 questionário, concordância intensa e moderada foram de 93%.	47
Figura 24	– Gráficos referente a afirmativa 15 questionário, concordância intensa e moderada foram de 90% para ambos critérios avaliados.	48
Figura 25	– Gráficos referente a afirmativa 16 questionário, concordância intensa e moderada foram de 100% para ambos critérios avaliados.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Previsão de gastos.	18
Tabela 2	–	Cronograma de atividades.	18
Tabela 3	–	Análise de facilidade de realizar o experimento. Para as respostas de "não concorda e não discorda", discordância leve e moderada, de 45% do total das respostas.	43
Tabela 4	–	Análise de fase da graduação ser apropriada para realizar o experimento. Concordância intensa a moderada foram de 65% para ambos critérios avaliados.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPSH	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
CMRR	Relação de Rejeição em Modo Comum
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CTC	Centro Tecnológico
EB	Engenharia Biomédica
ECG	Eletrocardiograma
LABEX	Laboratório de Ensino de Experimentação em Eletrônica
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

	Sumário	12
1	INTRODUÇÃO	14
1.1	HIPÓTESE	15
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	METODOLOGIA	16
1.3.1	Metodologia de Tradução, Adaptação e Validação do Questio- nário	16
1.3.2	Amostra e Critérios de Seleção	16
1.4	ASPECTOS TÉCNICOS	16
1.5	PROCEDIMENTOS	17
1.6	VIABILIDADE DA PESQUISA	17
1.6.1	Previsão de Riscos	17
1.6.2	Benefícios	17
1.6.3	Recursos Materiais e Humanos	17
1.6.4	Previsão Orçamentária	17
1.6.4.1	Pesquisa	17
1.6.4.2	Material	17
1.7	LOCAL DE EXECUÇÃO	18
1.8	CRONOGRAMA	18
2	REVISÃO TEÓRICA	20
2.1	ELETROCARDIOGRAMA	20
2.2	AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO	20
2.3	FILTRO FLIEGE NOTCH	24
2.4	FILTRO PASSA-ALTA	24
2.5	FILTRO PASSA-BAIXA	25
2.6	ISOLADOR	25
3	DESENVOLVIMENTO	27
3.1	CIRCUITO COMPLETO	27
3.2	CURSO PRÁTICO	28
3.2.1	Preparação	28
3.2.1.1	Construção e montagem do circuito	28
3.2.1.2	Roteiro	29
3.2.1.3	Divulgação do Curso	30

3.2.1.4	Análise e escolha dos participantes	30
3.2.2	Curso	31
3.2.2.1	Primeiro dia de curso	31
3.2.2.2	Segundo dia de curso	32
3.2.2.3	Terceiro dia de curso	33
3.3	QUESTIONÁRIO	34
4	RESULTADOS	36
4.1	MATERIAIS	37
4.2	EXPERIMENTO	40
4.3	APRENDIZADO	44
4.4	MOTIVAÇÃO	47
5	DISCUSSÃO	50
5.1	ALUNOS	50
5.2	MATERIAIS	50
5.3	EXPERIMENTO	51
5.4	APRENDIZADO	51
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
	ANEXO A – TCLE	56
	ANEXO B – ROTEIRO	58
	ANEXO C – QUESTIONÁRIO	64

1 INTRODUÇÃO

Nos cursos de engenharia, o ciclo básico tem sido um obstáculo para os alunos. A desmotivação dos alunos em relação ao conteúdo lecionado no ciclo básico e a aplicabilidade também podem ser consideradas um indicador da retenção (RIOS; SANTOS; NASCIMENTO, 2001) e evasão (SOARES, 2006) dos cursos. O ciclo básico é uma etapa importante para os alunos adquirirem as bases teóricas para desenvolverem e aplicarem os conhecimentos obtidos em projetos práticos da área. No entanto, os alunos relatam uma frustração por não terem contato com aplicações da sua área.

Neste contexto, a satisfação no aprendizado é um importante construto devido ao seu potencial em descobrir as ligações anteriores e posteriores na cadeia causal que são importantes para o aprendizado. De acordo com a Resolução N° 218, de 29 junho de 1973 do CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia), art. 1, dentre as atividades atribuídas aos engenheiros a "Atividade 08 - Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica; extensão;". Sendo esta atividade desmistificada dentro deste trabalho. A avaliação da satisfação é considerada um mediador central do comportamento após o aprendizado, que conecta as crenças de sistemas já conhecidos (preusage) a estruturas cognitivas do novo aprendizado (posusage), comunicação com o aluno, comportamento de reutilização. A satisfação influencia a futura intenção de utilização do conhecimento adquirido. Desta forma, a medição da satisfação no aprendizado é um dos principais indicadores do processo de ensino-aprendizado dentro das salas de aula.

A habilidade de aprender é particularmente importante em cursos de laboratório ou trabalhos práticos (onde as habilidades e destreza do aprendizado devem ser melhoradas), especialmente quando o estudante está envolvido no processo de aprendizado assumindo a responsabilidade. Mesmo no formato tradicional dos laboratórios de eletrônica, onde cada aula começa com uma breve apresentação introdutória efetuada pelo instrutor, os alunos trabalham em pares, montam as experiências e na próxima aula apresentam os resultados e relatórios. Os alunos relatam que os projetos de laboratório são estimulantes, úteis para aprender o conteúdo, fornecendo experiências práticas (PERREULT; LITT; SATERBAK, 2006).

A área de Engenharia Biomédica (EB) é multidisciplinar e aplica métodos das Ciências Exatas e de Engenharia no campo das Ciências Médicas e Biológicas. A importância desta área é ratificada pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia CONFEA que, através da Resolução nº 1.010 de 22 de agosto de 2005, identifica a EB como campo de atuação do Engenheiro da modalidade Elétrica. Todavia menos de 7,5% dos cursos de graduação em Engenharia Elétrica do Brasil possuem pelo menos uma disciplina de EB (CUNHA POSSA *et al.*, 2008), ou possuem disciplinas adicionais (SILVA; COSTA; FILHO, 2022) para seguir esta carreira.

As aulas de laboratório de Engenharia Biomédica fornecem ao aluno os subsí-

dios para aplicar técnicas ensinadas em sala de aula a novos problemas e fornecem informações sobre novas técnicas que devem ser relevantes para estes problemas. Engenharia Biomédica se distingue de outras disciplinas da engenharia elétrica pela necessidade de tornar confiáveis e quantitativas medições de sistemas biológicos sem danificar esses sistemas. Assim, os estudantes devem estar cientes das questões relevantes na interface da tecnologia com sistemas biológicos e que usar essa tecnologia para obter medições confiáveis. Eles devem ser capazes de utilizar estas medições para obter caracterizações quantitativas dos sistemas biológicos e interpretar os resultados no contexto do conhecimento científico.

Este projeto pretende motivar os alunos de primeira a quinta fase da Engenharia Elétrica e Eletrônica na introdução de cursos práticos de montagem de circuitos eletrônicos na área de Engenharia Biomédica, comparando as técnicas laboratoriais através de questionários de satisfação do aprendizado.

1.1 HIPÓTESE

A hipótese que queremos trazer com o decorrer do curso é que: cursos práticos durante a graduação podem motivar os alunos, se considerarem critérios como conteúdo, interface com usuário, facilidade de uso, entusiasmo e motivação. Após o curso prático de engenharia biomédica, será aplicado um questionário, onde algumas perguntas serão voltadas a esse questionamento de motivação do aluno com a graduação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a melhor abordagem pedagógica para os laboratórios práticos de Engenharia Biomédica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Elaboração dos cursos pelas metodologias tradicionais;
- b) Aplicação dos cursos e questionários utilizando a técnica tradicional de alunos da primeira a quinta fase do curso de engenharia elétrica e eletrônica da UFSC.
- c) Análise e avaliação da satisfação dos alunos.

1.3 METODOLOGIA

1.3.1 Metodologia de Tradução, Adaptação e Validação do Questionário

A tradução do questionário e adaptação para a língua portuguesa foi elaborada e aplicada por (GARCIA; PINTARELLI; SUZUKI, 2017). O questionário original de 10 dimensões e 35 itens sobre satisfação do aluno foi reduzido a um questionário de 4 dimensões e 16 itens, baseado nas principais análises de componentes e validação de pesquisa.

1.3.2 Amostra e Critérios de Seleção

A amostra desejada é de 30 alunos dos cursos de engenharia elétrica e eletrônica da UFSC que participaram dos cursos. Alunos menores de idade serão excluídos da amostra.

Em todos os casos consideraremos as rasuras nas questões, duas marcações na mesma questão como sendo questão errada. Serão retirados da amostra questionários com mais de 30% de questões em branco.

Os indivíduos participantes serão informados da pesquisa e se consentirem em responder o questionário irão assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) no momento do questionário. O documento TCLE pode ser visualizado em anexo.

Esta pesquisa foi aprovada com o número CAAE 71916423.0.0000.0121 pelo Comitê de ética em pesquisa com Seres Humanos (CESPEH) da UFSC, vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). Estes comitês tem a responsabilidade de garantir e fiscalizar que todas as pesquisas científicas com seres humanos obedeçam às normas éticas do país, e que os participantes de pesquisa tenham todos os seus direitos respeitados.

1.4 ASPECTOS TÉCNICOS

O projeto deste trabalho foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, de acordo com a resolução no. 196/96, 251/97 e 292/99, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde e aprovado em 20/09/2023.

Informo que os pesquisadores se comprometem a conduzir o Projeto e zelar pela confidencialidade dos dados e privacidade dos participantes, de acordo com as Resoluções CNS 466/2012 (área biomédica) ou CNS 510/2016 (pesquisas em Ciências Humanas e Sociais), bem como as demais normativas e legislações vigentes e aplicáveis.

Informo que os pesquisadores declaram conhecer e cumprir os requisitos da Lei

Geral de Proteção de Dados (Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018) quanto ao tratamento de dados pessoais e dados pessoais sensíveis que serão utilizados para a execução do presente projeto de pesquisa.

1.5 PROCEDIMENTOS

Para a realização desta pesquisa serão efetuadas as seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica do questionário de satisfação do aprendizado;
2. Aplicação do questionário após o curso ministrado. O questionário será aplicado a alunos que participarem do curso voluntariamente. Estes alunos são do curso de Engenharia Eletrônica e Elétrica da UFSC.

1.6 VIABILIDADE DA PESQUISA

1.6.1 Previsão de Riscos

Os riscos com a aplicação do questionário não são apreciáveis, pois os dados e informações repassadas serão tratadas confidencialmente, não sendo atribuídos nomes ou identificações dos sujeitos.

1.6.2 Benefícios

Os benefícios com a aplicação do curso e questionários são motivar os alunos dos cursos de engenharia elétrica e eletrônica a permanecerem na graduação e se envolverem ainda mais com a área de engenharia biomédica.

1.6.3 Recursos Materiais e Humanos

Todas as atividades previstas no cronograma serão desenvolvidas por alunos voluntários e os pesquisadores. Os recursos materiais necessários para o desenvolvimento da pesquisa serão financiados por recursos próprios, sendo detalhados no item 1.6.4.2.

1.6.4 Previsão Orçamentária

1.6.4.1 Pesquisa

A pesquisa será financiada pela UFSC através das horas cedidas do pesquisador-professor e por financiamento próprio.

1.6.4.2 Material

Para a realização da pesquisa serão necessários os materiais da tabela 1:

Tabela 1 – Previsão de gastos.

Descrição	Status	Custo (R\$)
Componentes eletrônicos	D/A	500
Xerox, impressões e publicações	A	500
Total		1000

Legenda:

D - Disponível no (instituto de engenharia biomédica)

A - Adquirir

1.7 LOCAL DE EXECUÇÃO

Todas as atividades de pesquisa serão desenvolvidas pelos pesquisadores e alunos do CTC/UFSC. As atividades de coleta de informações dos voluntários serão realizadas pelo próprio pesquisador, no CTC/UFSC.

1.8 CRONOGRAMA

Tabela 2 – Cronograma de atividades.

Data	Descrição
28/07/2023	Submissão do projeto para avaliação do Comitê de Ética
20/09/2023	Aprovação do Comitê de Ética
14/11/2023	Divulgação do Curso
19/11/2023	Divulgação dos alunos que farão o curso
20/11/2023	Início do Curso prático de montagem do ECG
23/11/2023	Finalização do Curso prático de montagem do ECG
20-23/11/2023	Aplicação do questionário
24-29/11/2023	Análise de dados

Etapas:

1. Submissão ao Comitê de Ética. **Meta:** Autorização para aplicação do questionário.
2. Aplicação da metodologia tradicional. **Meta:** Cursos e questionários.
3. Análise dos dados.
4. Redação do Trabalho de conclusão de curso.

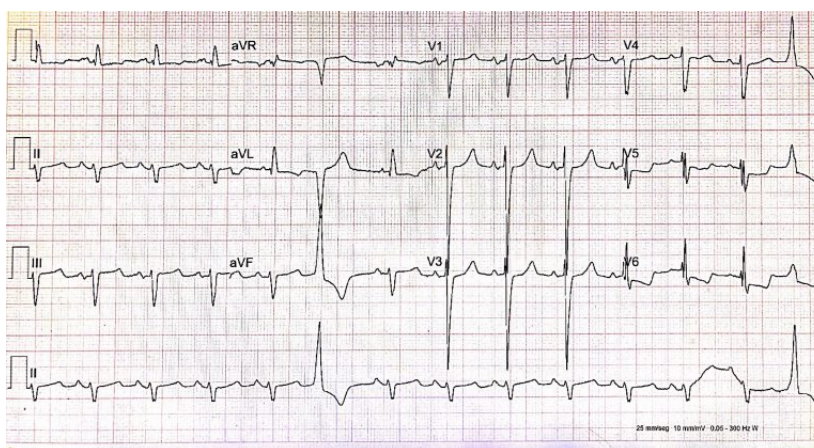
2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 ELETROCARDIOGRAMA

O eletrocardiograma (ECG) é a leitura dos potenciais elétricos, sobre a pele do usuário. Os sinais elétricos refletem as ações que o órgão executa para impulsionar o fluxo sanguíneo pelo organismo. A contração muscular ocorre quando uma corrente elétrica percorre o músculo cardíaco. Nos sistemas biológicos, essas cargas em movimento consistem em íons (sódio, cálcio, potássio, cloro). No contexto cardíaco, a diferença de potencial tem sua origem em células altamente especializadas do nódulo sinoatrial, que se polarizam alternadamente positiva e negativamente para otimizar a ativação dos músculos cardíacos, assegurando assim o eficiente bombeamento sanguíneo (VECHT; PETERS; GATZOULIS, 2009).

O sinal do eletrocardiograma (ECG), conforme visto na Figura 1, é formado por uma série de ondas que refletem diversos eventos elétricos ocorrendo ao longo do ciclo cardíaco. Posicionando eletrodos na pele, é possível capturar uma onda que resulta desses eventos, tornando-se uma ferramenta crucial para diagnosticar e avaliar algumas funções do coração. O sinal abrange um intervalo de frequência de 0,05 a 150 Hz e uma amplitude de 0,5 a 4 mV.

Figura 1 – Exemplo de sinal do sinal Eletrocardiograma.



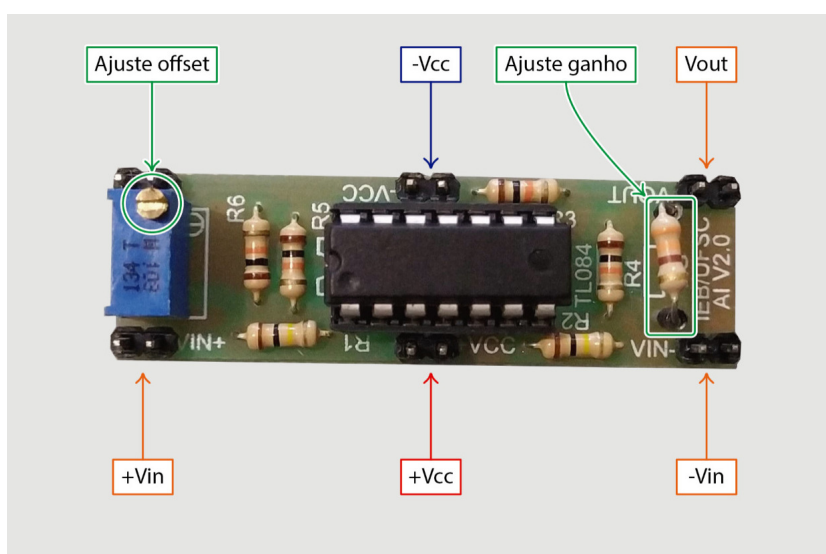
Fonte: Cafezeiro (2018)

2.2 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTAÇÃO

O amplificador de instrumentação (Figura 2) é projetado para amplificar com precisão os sinais diferenciais de baixa amplitude, ou seja, fornece amplificação de forma diferencial. Os eletrodos bipolares geram uma tensão de modo comum em relação à terra, com amplitude superior à do sinal. Apesar de o amplificador de instrumentação

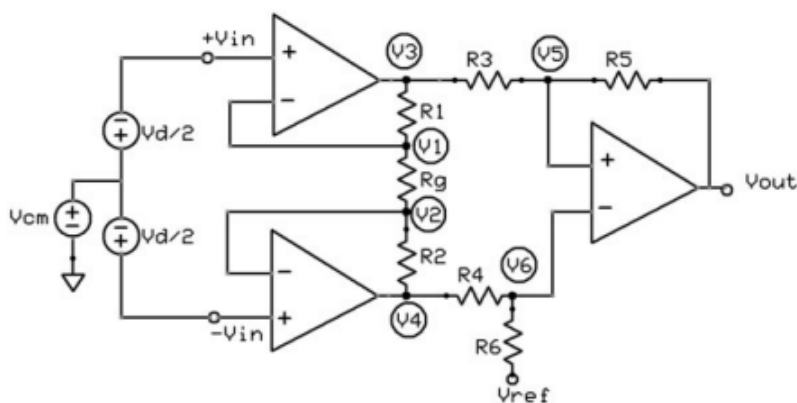
possuir alto CMRR - Relação de Rejeição em Modo Comum e elevada resistência de entrada, a presença de assimetria no circuito, como resistores com tolerância e componentes desequilibrados, resultará em variações no nível de modo comum na saída. Esse sinal aprimorado é essencial para uma análise precisa e para facilitar o processamento subsequente (SUZUKI; TAQUES; MARQUES, 2015). O amplificador de instrumentação tem cerca de 900 de ganho.

Figura 2 – Amplificador de instrumentação.



Conforme (SUZUKI; TAQUES; MARQUES, 2015) a Figura 3 apresenta o circuito elétrico do amplificador de instrumentação com três amplificadores. Assumindo amplificadores operacionais ideais com ganho infinito em malha aberta ($V_5 = V_6$), a corrente através de R_1 , R_2 e R_g é:

Figura 3 – Circuito elétrico do amplificador de instrumentação com três amplificadores.



Fonte: Suzuki, Taques e Marques (2015)

$$\frac{V_2 - V_1}{R_g} = \frac{V_1 - V_3}{R_1} = \frac{V_4 - V_2}{R_2} \quad (1)$$

A corrente através de R_3 e R_5 e da entrada não inversora, V_6 , no diferencial do estágio é:

$$\frac{V_3 - V_5}{R_3} = \frac{V_5 - V_o}{R_5} \quad (2)$$

$$V_6 = \frac{R_4}{R_4 + R_6} V_{ref} + \frac{R_6}{R_4 + R_6} V_4 \quad (3)$$

Utilizando as equações (1) e (3), a tensão de saída:

$$\begin{aligned} V_o = & \left(1 + \frac{R_5}{R_3}\right) \left(\frac{R_4}{R_4 + R_6}\right) V_{ref} + \left(\frac{R_6}{R_4 + R_6}\right) \left(1 + \frac{R_5}{R_3}\right) V_2 - \frac{R_5}{R_3} V_1 \\ & + \left[\frac{R_1 R_5}{R_3 R_g} + \left(\frac{R_6}{R_4 + R_6}\right) \left(\frac{R_3 + R_5}{R_3}\right) \frac{R_2}{R_g}\right] (V_2 - V_1) \end{aligned} \quad (4)$$

Como $V_1 = V_{cm} - \frac{V_d}{2}$ e $V_2 = V_{cm} + \frac{V_d}{2}$

Temos:

$$V_o = A_{ref} \cdot V_{ref} + A_{cm} \cdot V_{cm} + A_d \cdot V_d \quad (5)$$

$$A_{ref} = \frac{R_3 R_4 + R_4 R_5}{R_3 (R_4 + R_6)} \quad (6)$$

$$A_{ref} = \frac{R_3 R_6 + R_4 R_5}{R_3 (R_4 + R_6)} \quad (7)$$

$$A_d = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{R_6}{R_4 + R_6}\right) \left(\frac{R_3 + R_5}{R_3}\right) + \frac{R_5}{R_3} \right] + \frac{R_1 + R_5}{R_3 R_g} + \left(\frac{R_6}{R_4 + R_6}\right) \left(\frac{R_3 + R_5}{R_3}\right) \frac{R_2}{R_g} \quad (8)$$

Suponha que o desequilíbrio de quatro resistores seja $R_5 = R_o \cdot (1 + \delta_o)$, δ_o é a soma de quatro tolerâncias de resistores e $R_3 = R_4 = R_6 = R_o$. $R_1 = R_i \cdot (1 + \delta_i)$, δ_i é a soma de duas tolerâncias de resistores e $R_2 = R_i \cdot V_{ref}$ é nulo. O ganho de modo comum e ganho diferencial com tolerância do resistor das equações (7) e (8) são:

$$A_{cm} \delta = \frac{\delta}{2} \quad (9)$$

$$Ad\delta = G + \frac{3}{4}\delta o \cdot G + \frac{Ri}{Ro}\delta i \cdot \left(1 + \frac{\delta o}{2}\right) \quad (10)$$

Onde $G = 1 + \frac{2Ri}{Rg}$ é o ganho diferencial ideal. Substituindo as equações (9) e (10) na equação $CMRR @ \frac{|Ad\delta|}{|Acm\delta|}$:

$$CMRR = \left(\frac{2}{\delta o} + \frac{3}{2}\right) \cdot G + \frac{2Ri\delta i}{Rg} \left(\frac{1}{\delta o} + \frac{1}{2}\right) \quad (11)$$

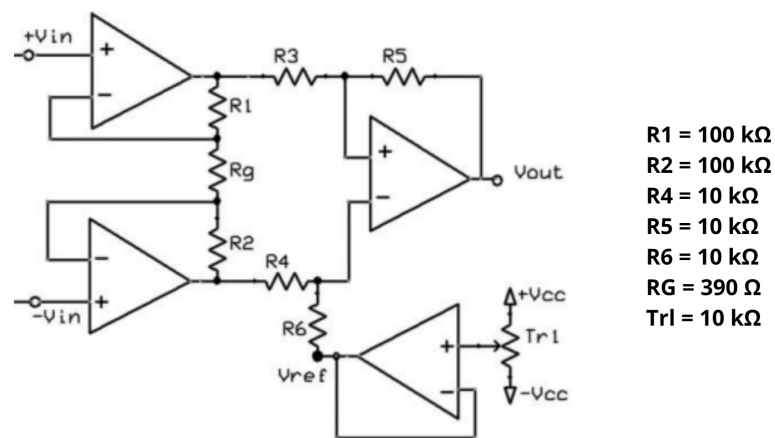
Da equação (5):

$$Vo = Ad \left[\frac{Aref}{Ad} \cdot Vref + Vd \pm \frac{Vcm}{CMRR} \right] \quad (12)$$

A equação (9) mostra que o CMRR é independente de Ro. O CMRR depende da tolerância do resistor (δo e δi) e de Ri/Rg. O efeito do CMRR no circuito de três amplificadores operacionais é representado por uma tensão de deslocamento ($Vcm/CMRR$). O erro de deslocamento de tensão introduzido pelo CMRR é irrelevante.

O erro DC ocorre devido a tolerância de resistência (5%), tensão de deslocamento de entrada, polarização de entrada corrente e corrente de deslocamento de entrada. Para reduzir o erro de compensação de tensão, é preciso alterar o $Vref$ através do potenciômetro (Tr1) de 10k, conforme a equação (12).

Figura 4 – Circuito do amplificador de instrumentação.

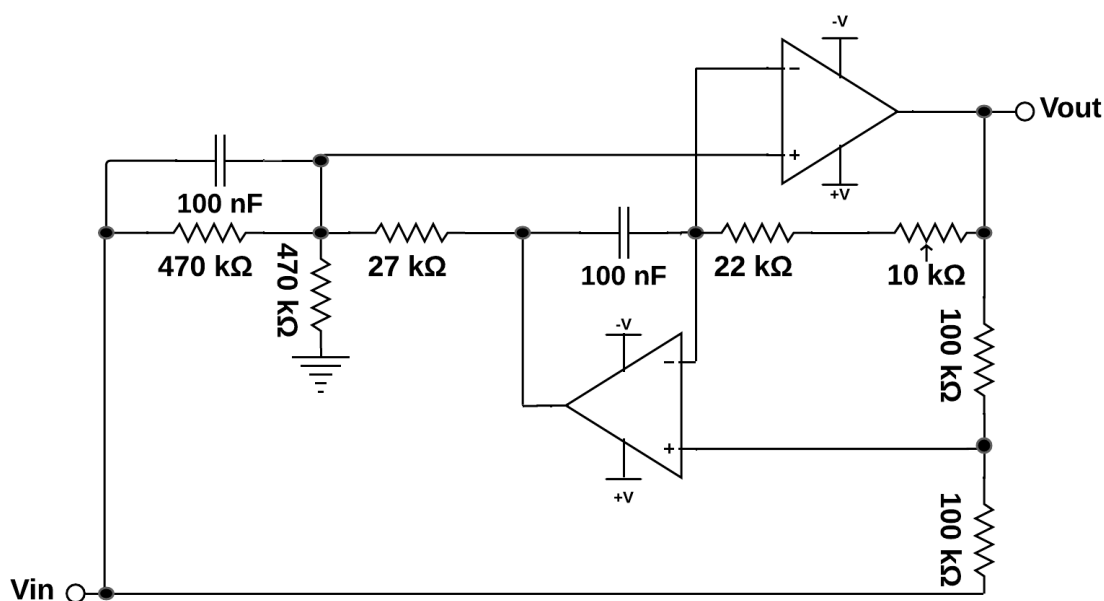


Fonte: Suzuki, Taques e Marques (2015)

2.3 FILTRO FLIEGE NOTCH

É um tipo de filtro ativo utilizado para remover uma frequência específica indesejada de um sinal. Ele é amplamente utilizado no processamento de sinais, especialmente em aplicações de áudio e comunicações. Este circuito (Figura 5) em específico foi projetado para atenuar seletivamente a componente de 60Hz vinda da rede elétrica, enquanto permite que outras frequências passem sem atenuação significativa.

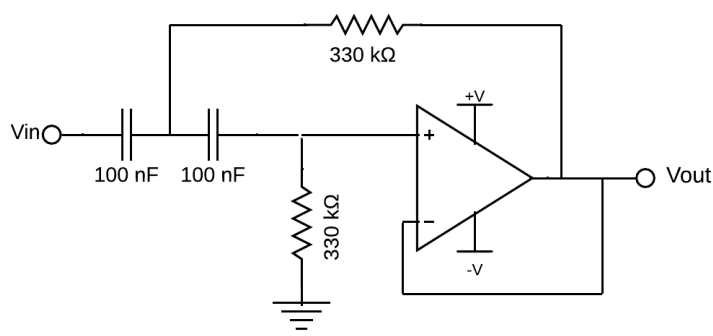
Figura 5 – Circuito do Filtro Notch.



2.4 FILTRO PASSA-ALTA

O filtro passa-alta Butterworth de 2º ordem de ganho unitário na banda passante foi escolhido por conta de sua resposta plana na banda passante e suavidade nas transições entre a banda passante e a banda de rejeição, reduzindo ao máximo distorções do sinal. Este módulo do circuito (Figura 6) garante que sinais de frequência mais baixa e que não são de interesse não se propaguem para os próximos estágios. A frequência de corte foi de 0.5Hz.

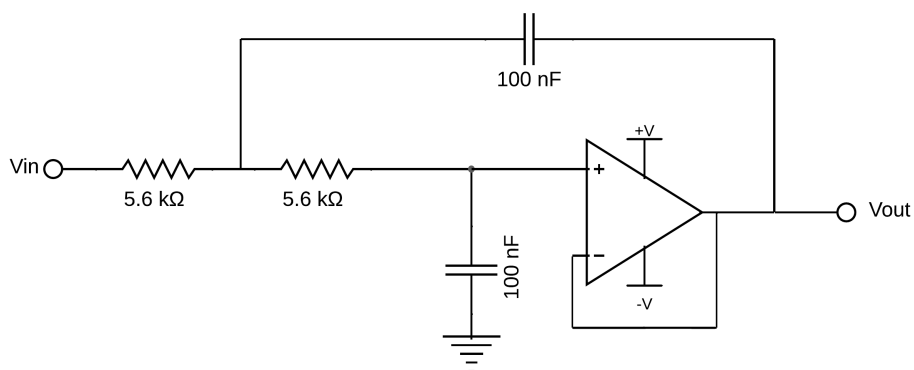
Figura 6 – Circuito do Filtro Passa-alta.



2.5 FILTRO PASSA-BAIXA

A versão passa-baixas do filtro Butterworth de 2º ordem foi escolhida pelas mesmas razões comentadas anteriormente para sua versão passa-alta. A frequência de corte de 250 Hz garante que sinais de maior frequência não se propaguem para o restante do circuito (Figura 7).

Figura 7 – Circuito do Filtro Passa-baixa.

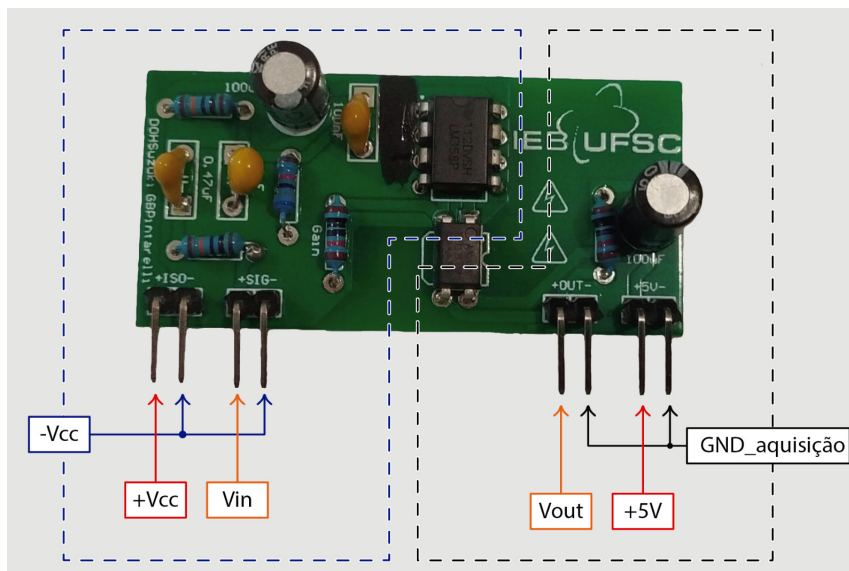


2.6 ISOLADOR

Utilizando um optoacoplador será possível isolar galvanicamente os sinais de entrada e de saída por meio da luz, isolando circuito em contato com o paciente e o circuito de aquisição de dados. Isso é importante para garantir a segurança do paciente e proteger o circuito de possíveis interferências elétricas ou surtos de tensão. O sinal de entrada é aplicado ao LED do optoacoplador, emitindo uma luz que incide sobre o fototransistor e gerando assim um sinal elétrico de saída proporcional ao sinal de

entrada. Abaixo temos uma imagem (Figura 8) do isolador utilizado.

Figura 8 – Isolador.



3 DESENVOLVIMENTO

3.1 CIRCUITO COMPLETO

A Figura 9 apresenta o diagrama de blocos do circuito final utilizado no curso prático de eletrônica para monitorar atividade elétrica do coração (ECG), que foi montado pelos alunos da graduação que participaram do curso. A Figura 10 apresenta o circuito final montado na protoboard e a Figura 11 mostra o sinal de ECG visto na saída do circuito através do osciloscópio.

Figura 9 – Diagrama de blocos do Circuito completo.

Circuito Final

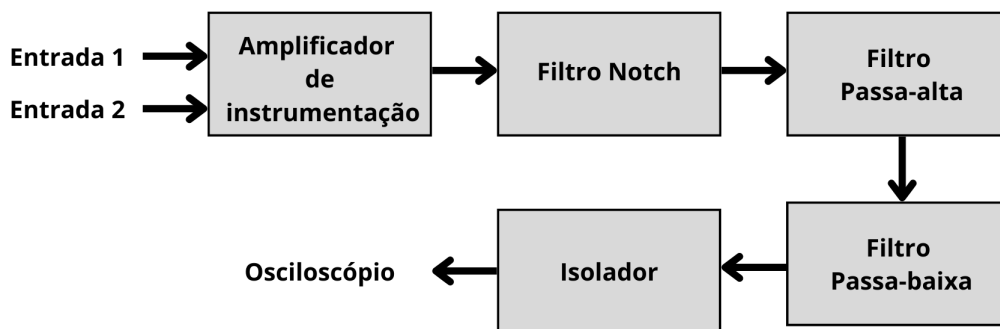


Figura 10 – Montagem do circuito completo na protoboard.

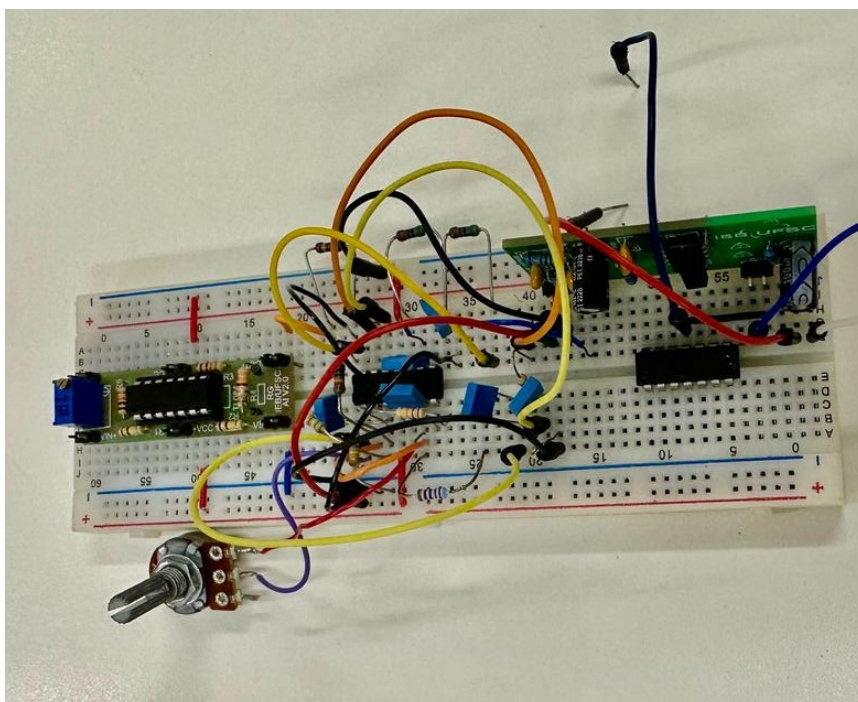
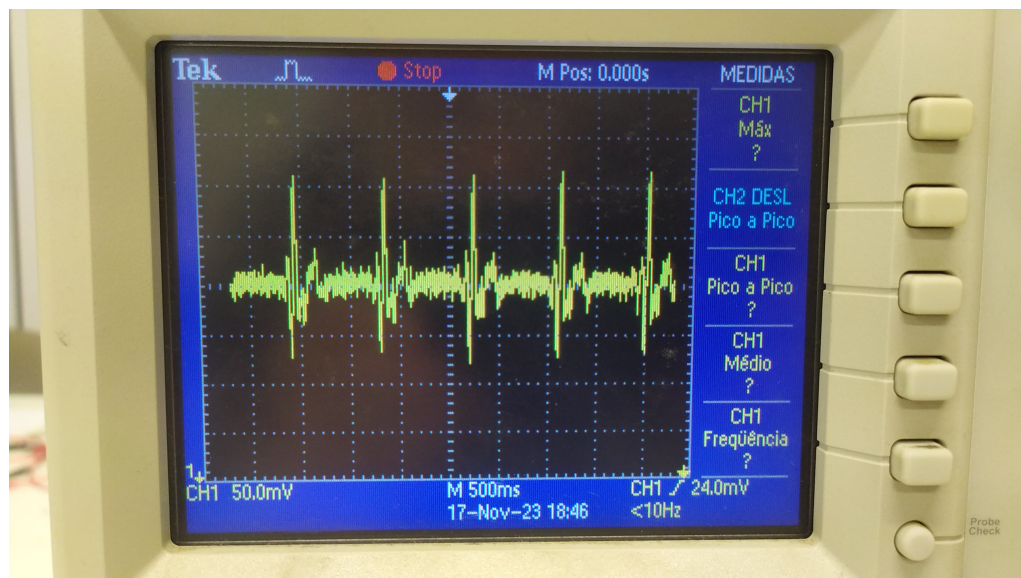


Figura 11 – Sinal de ECG no osciloscópio.



3.2 CURSO PRÁTICO

3.2.1 Preparação

Antes de começar efetivamente a preparação e organização do curso, foi feito o projeto e enviado para avaliação do CEPESH. Após a aprovação do CEPESH, começamos a pensar em toda a estrutura do curso como: construção e montagem do circuito com produção do isolador, preparação do roteiro do curso, banner e formulário para divulgação, análise e escolha dos participantes do curso. Cada parte da estrutura do curso será comentada a seguir.

3.2.1.1 Construção e montagem do circuito

O curso se baseou no artigo (SUZUKI; TAQUES; MARQUES, 2015), por isso foi reutilizado um amplificador de instrumentação já montado em uma placa, mencionado no item 2.2. Após realizar os testes com o amplificador de instrumentação, percebeu-se que era necessário um filtro notch para atenuar a componente de 60Hz vinda da rede elétrica.

Pesquisando e realizando os testes para se obter um filtro *notch*, chegou-se ao circuito final no item 2.3, que utilizou um potenciômetro para ajuste da eliminação da frequência da rede de 60 Hz.

Foram necessários também dois filtros para escolher a largura de banda que seria conveniente para o circuito. Por esse motivo, foram escolhidos os filtros passa-alta e passa-baixa, mencionados no item 2.4 e 2.5 respectivamente, ambos de 2ª ordem e de

topologia Sallen-Key, por causa da sua simplicidade de montagem e de entendimento. A faixa usada foi de 0.5Hz a 250Hz.

Por último, foi utilizado um isolador que foi projetado pelo IEB para garantir segurança aos alunos e para conscientizar alunos sobre a isolação de circuitos ligados no corpo e rede elétrica (osciloscópio).

3.2.1.2 Roteiro

Assim que o circuito foi montado e todos os testes realizados foram positivos, foi preciso escrever um roteiro para que os alunos do curso tivessem como montar o circuito e entenderem o porquê de cada bloco do circuito.

O início do roteiro traz uma introdução ao eletrocardiograma e a cada bloco do circuito, conforme capítulo 2 que traz a revisão teórica. Após a introdução tem-se a parte experimental, que apresenta o diagrama do circuito completo, conforme item 3.1 para que os alunos visualizassem cada parte do circuito e quais seriam as entradas e saídas.

Apresentado o circuito final, o roteiro traz cada bloco separado do circuito que deveria ser montado, juntamente com valores e imagens de teste, possibilitando aos estudantes verificarem se o resultado era o esperado.

Devido ao alto ganho do amplificador de instrumentação, foi adicionado um divisor de tensão na entrada do circuito para evitar a saturação do sinal de entrada, que foi uma onda senoidal de 1Vpp e frequência de 20Hz gerada através do gerador de sinais. A alimentação do amplificador foi de $+V_{cc} = 4.5V$ e $-V_{cc} = -4.5V$. Como o amplificador tem um ganho de 900, a saída esperada era um pouco menor que 1Vpp.

Foram feitos alguns testes diferentes nos filtros. No notch, foi preciso colocar o gerador de sinais em 60Hz e com o potenciômetro ajustar o circuito até atenuar o sinal de entrada. Já nos filtros passa-alta e passa-baixa, foram colocados alguns valores de teste aproximados para que alunos conseguissem confirmar se o circuito montado estava correto.

No passa-alta alguns dos testes foram: entrada de 1Vpp/1Hz a saída teria aproximadamente 25mVpp/1Hz, já na entrada tendo 1Vpp/100Hz a saída teria aproximadamente 1Vpp/100Hz. No passa-baixa alguns dos testes foram: entrada de 1Vpp/10Hz a saída teria aproximadamente 1Vpp/10Hz, já na entrada tendo 1Vpp/300Hz a saída teria aproximadamente 0.5Vpp/300Hz.

Todos os testes foram feitos independentes de outras partes do circuito, como se cada bloco fosse único. Os testes do isolador foram feitos da mesma forma, sendo que a senoide da saída sofreria uma pequena atenuação em relação a senoide da entrada. Os testes do isolador foram feitos utilizando a fonte de tensão variável, mas no circuito final foram utilizadas pilhas para garantir a segurança dos alunos.

Após todos os blocos do circuito serem montados e testados individualmente, o

roteiro informava que eles deveriam ser conectados para formar o circuito final. Assim, deveria ser testado se o circuito final estava funcionando com o gerador de sinais e, caso estivesse, as entradas seriam alteradas para o gerador de ECG e as alimentações $+V_{cc}$ e $-V_{cc}$ para as pilhas. Tendo o resultado esperado com todas as alterações, por último o aluno colocaria o eletrodo no corpo e veria o sinal do seu ECG no osciloscópio.

3.2.1.3 Divulgação do Curso

A divulgação do curso se deu por meio do fórum da graduação da Engenharia Elétrica e Engenharia Eletrônica, faltando quatro semanas para terminar o semestre 2023.2 e uma semana antes do início do curso. Foi preparado um banner com todas as informações do curso, inclusive que haveria sorteio de um kit ESP32 e coffee break em todos os dias de curso, também um texto explicando como funcionaria o curso e o link do formulário de inscrição.

O formulário de inscrição foi feito pelo Google forms e ficou aberto durante quatro dias. Para se inscrever o aluno deveria informar os seguintes dados:

- Nome completo;
- Curso;
- Fase;
- Se o aluno já havia sido aprovado na disciplina de Eletrônica I;
- Qual dia preferia fazer o curso;
- E-mail;
- WhatsApp.

3.2.1.4 Análise e escolha dos participantes

Como no formulário de inscrição o participante escolhia o dia que preferia fazer o curso, muitos escolheram participar no primeiro dia. Por esse motivo a preferência foi de alunos que estivessem perto das fases finais do curso e que já houvessem cursado a disciplina de eletrônica I, por conta da disciplina oferecer experiências diversas com laboratório e embasamento teórico.

A quantidade máxima de participantes por dia era 12 (doze), pois assim haveriam 6 (seis) duplas a cada dia. Após a seleção dos 12 (doze) alunos de fases finais, foi entrado em contato através do WhatsApp com os demais alunos para realocá-los para os outros 2 (dois) dias de curso.

Entrando em contato com os alunos, foi informado o dia que o aluno havia escolhido no formulário ou o dia que seria necessário trocar e se poderia ser confirmada a presença do mesmo.

Das 43 (quarenta e três) inscrições que foram recebidas via formulário, 40 (quarenta) foram dos estudantes de graduação, público alvo deste trabalho. Após entrar em contato com cada um deles, tivemos a confirmação de 36 (trinta e seis) alunos para participar do 3 (três) dias de curso.

3.2.2 Curso

O curso foi aplicado faltando três semanas para terminar o semestre 2023.2. Foram 3 dias de curso no período noturno com duração de 4 horas cada. Foi ministrado no LABEX localizado no EEL - Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica da UFSC. Em todos os dias houveram 3 monitores para tirar as dúvidas dos alunos e ajudar nos problemas enfrentados.

Em todo início de curso era entregues aos alunos o TCLE para que assinassem e concordassem em participar da pesquisa e a autorização de uso de imagem e áudio. Também eram entregues caixinhas com todos os dispositivos que seriam usados para montar o experimento (resistores, capacitores, amplificador, isolador, etc), explicado sobre o objetivo do curso de motivar os alunos e tirar as dúvidas sobre o roteiro, que já havia sido enviado com antecedência aos participantes pelo WhatsApp.

Ao todo participaram 29 alunos, sendo 14 da Engenharia Elétrica e 15 da Engenharia Eletrônica, desde a 1ª até a 10ª fase dos cursos. Na Figura 12 temos dois dos participantes com o circuito completo e tendo o sinal de ECG através de eletrodos, na Figura 13 temos o sinal visto mais de perto.

3.2.2.1 Primeiro dia de curso

No primeiro dia de curso estiveram presentes 10 participantes, entre 1ª e 7ª fase dos curso de graduação de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Dos 10 participantes, 4 já tinham sido aprovados na disciplina de eletrônica I. Foram formadas 5 duplas de forma aleatória, não importando se algum dos dois alunos era de fase inicial ou final da graduação.

Os alunos participaram de forma bem efetiva, sendo que alguns tiveram dúvidas referentes ao Amplificador de Instrumentação e o Isolador. Os que estavam em fase inicial principalmente, não haviam tido contato ainda com a fonte de tensão variável e precisaram de ajuda dos monitores para entender e utilizar para o experimento.

Após as duas primeiras horas do curso, foi realizado um intervalo com *coffee break* que durou em torno de 20 minutos. Nesse dia 4 dos 5 grupos conseguiram terminar o circuito e ver o ECG no osciloscópio com o gerador de ECG na entrada do circuito, porém nenhum grupo conseguiu ver o sinal de ECG com eletrodos no corpo.

Houveram muitos feedbacks de alunos que informaram que gostaram muito do curso e que através dele conseguiram entender melhor o funcionamento dos filtros passa-alta e passa-baixa que estavam vendo na teoria em algumas disciplinas. Nesse

Figura 12 – Participantes do curso prático com sinal de ECG através de eletrodos.



primeiro dia os alunos ficaram uma hora a mais que o horário previsto de término.

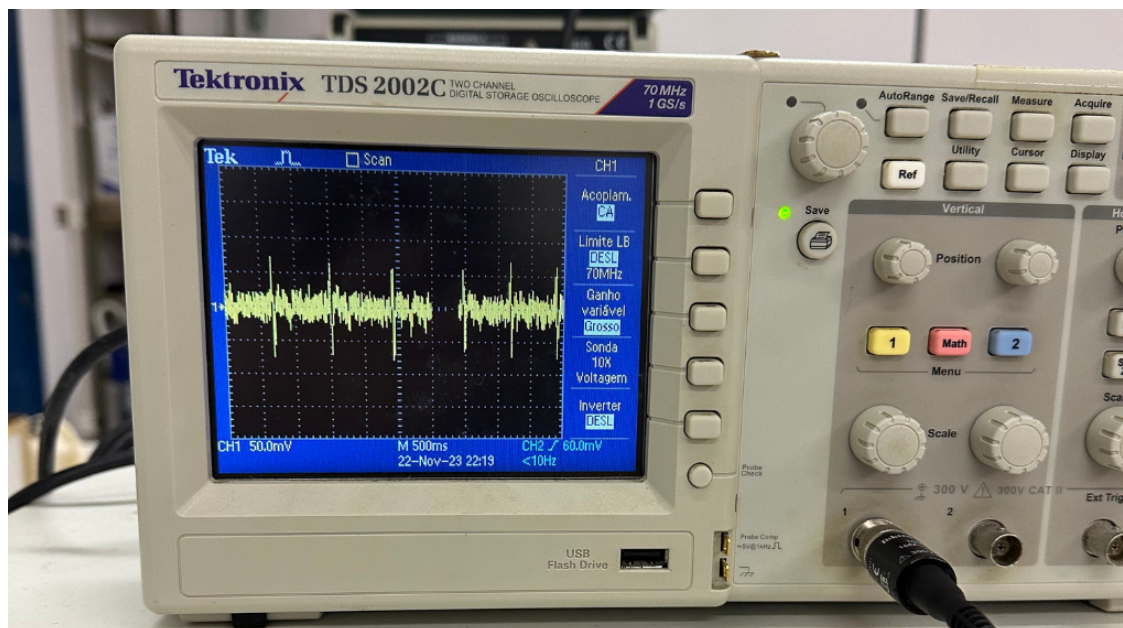
3.2.2.2 Segundo dia de curso

No segundo dia de curso estiveram presentes 11 participantes, entre 1^a e 10^a fase dos curso de graduação de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Dos 11 participantes, 2 já tinham sido aprovados na disciplina de eletrônica I. As duplas foram formadas colocando um aluno de fase avançada com um aluno de fase inicial.

Antes de iniciar o curso, as bancadas foram deixadas arrumadas, com a documentação necessárias, *protoboards*, kits com dispositivos eletrônicos, *jumpers* e a fonte de tensão variável já com os cabos. Houveram menos dúvidas referentes ao Amplificador de Instrumentação e a fonte de tensão variável, porém ainda houveram algumas dúvidas sobre o Isolador.

Após as duas primeiras horas do curso, foi realizado um intervalo com *coffee break* que durou 15 minutos, 5 minutos a menos que no primeiro dia. Nesse dia 2 grupos conseguiram terminar o circuito e ver o ECG no osciloscópio com os eletrodos na entrada do circuito, um grupo que não conseguiu terminar o circuito, pois não conseguiram realizar o filtro notch e os outros 2 grupos conseguiram ver o sinal de ECG com simulador de ECG na entrada. Nesse dia foram levadas lixas finas para passar no corpo e retirar as células mortas, antes da colocação dos eletrodos descartáveis, pois

Figura 13 – Sinal do ECG através de eletrodos.



no primeiro dia nenhum grupo conseguiu visualizar o sinal através de eletrodos.

Os alunos comentaram que a experiência foi bem marcante, principalmente do grupo que conseguiu ver o sinal de ECG através dos eletrodos no corpo. Nesse segundo dia alguns alunos ficaram uma hora a mais que o horário previsto de término.

3.2.2.3 Terceiro dia de curso

No terceiro dia de curso estiveram presentes 8 participantes, entre 1^a e 10^a fase dos curso de graduação de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Dos 8 participantes, 2 já tinham sido aprovados na disciplina de eletrônica I. As duplas foram formadas colocando um aluno de fase mais avançada com um aluno de fase mais inicial, igual foi feito no segundo dia de curso.

Antes de iniciar o curso, as bancadas foram deixadas arrumadas novamente, conforme feito no segundo dia de curso. Houveram menos dúvidas referentes ao Amplificador de Instrumentação, a fonte de tensão variável, e até mesmo do Isolador. Nesse dia foi proposto usarem 2 amplificadores TL084cn, um para o filtro *notch* e o outro para os filtros passa-alta e passa-baixa, pois algumas equipes nos outros dias tiveram problemas com o filtro *notch* e assim seria mais fácil de identificar algum problema.

Após as duas primeiras horas do curso, foi realizado um intervalo com *coffee break* que durou 15 minutos, igual o segundo dia. Nesse dia todos os grupos conseguiram terminar o circuito e ver o ECG no osciloscópio com os eletrodos na entrada do circuito, sendo que uma das duplas que tinha um aluno da 10^a e outro da 2^a fase, conseguiu

terminar tudo com uma hora de antecedência. Nesse dia foram utilizadas novamente lixas finas para passar no corpo e retirar as células mortas, antes da colocação dos eletrodos descartáveis.

Os alunos ficaram muito empolgados, principalmente porque todos os grupos conseguiram ver o sinal de ECG através dos eletrodos no corpo. Nesse terceiro e último dia de curso todas as duplas terminaram o experimento no horário previsto de 4 horas.

3.3 QUESTIONÁRIO

Ao final de cada dia de curso os participantes preenchem um questionário que solicitava as seguintes informações: curso da graduação, fase, idade e sexo. Após preencher essas informações, haviam 16 afirmativas que o aluno deveria informar se concordava, discordava ou nenhum dos dois, podendo encolher uma entre sete opções para assinalar. São elas:

- Concordância intensa;
- Concordância moderada;
- Concordância leve;
- Não concordo, nem discordo;
- Discordância leve;
- Discordância moderada;
- Discordância intensa.

As afirmativas traziam questões dos materiais utilizados no curso, entendimento do aluno, se os objetivos foram alcançados, se o aluno se divertiu fazendo o experimento, entre outras. Abaixo estão listadas todas as afirmativas em que os alunos deveriam expor se concordavam, discordavam ou nenhuma das opções. No próximo capítulo serão apresentadas as respostas dadas nos questionários. Em seguida, as análises e discussões dos resultados.

1. Os materiais fornecidos para utilizar os equipamentos do laboratório são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.
2. Os materiais necessários para o trabalho de laboratório são seguros e suficientes.
3. Os materiais entregues para o trabalho prático são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.

4. Meu entendimento após o experimento prático é bom.
5. O experimento é baseado em exemplos reais.
6. As ferramentas e recursos para a montagem do trabalho prático são apropriados para o sucesso do experimento prático.
7. Os objetivos de aprendizado são alcançados com o experimento.
8. O aprendizado é melhor por causa da diversidade de materiais e equipamentos utilizados durante o experimento.
9. O experimento é fácil de ser realizado.
10. O conhecimento para executar o experimento é apropriado para minha fase da graduação.
11. O material necessário para a montagem prática é confiável e adequado.
12. Os equipamentos e bancadas do laboratório são práticas e fáceis de utilizar.
13. O tempo para realizar o ensaio experimental foi adequado.
14. A proposta feita pelo professor para aprender sobre o assunto é motivadora.
15. Eu me diverti durante a montagem prática.
16. A realização do experimento prático é uma experiência motivadora.

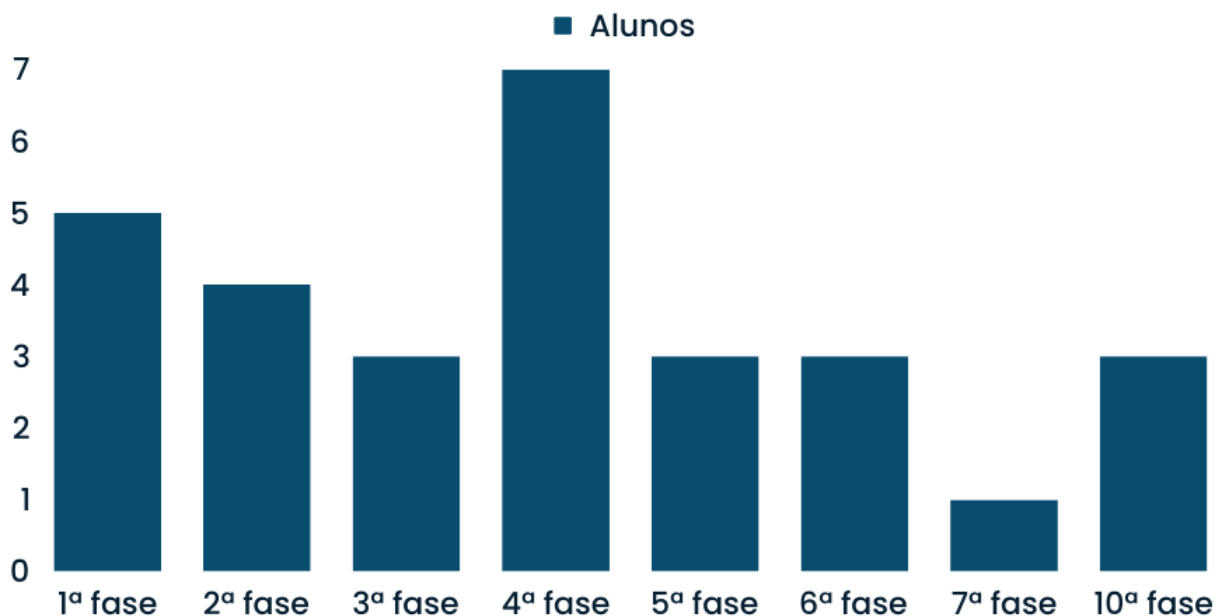
4 RESULTADOS

A partir das respostas obtidas através do preenchimento do formulário e questionários podemos fazer diversas análises, sendo que algumas comentaremos mais a fundo nas próximas seções.

Com a resposta dos questionários, obtivemos uma média de idade de 24 anos, tendo um desvio padrão de 8 anos. Sobre os cursos de graduação, 51,7% dos alunos que participaram do curso são alunos do curso de Engenharia Eletrônica e 48,3% são alunos da Engenharia Elétrica. Dos participantes 89,7% são do sexo masculino e 10,3% são do sexo feminino, pois o número de ingressos do sexo feminino acaba sendo muito menor que do sexo masculino.

Como comentado anteriormente, alunos de diversas fases participaram do curso, desde a 1ª até a 10ª. Na Figura 14 podemos ver que grande parte dos participantes estavam entre a 1ª e 5ª fase do curso, sendo um total de 75,9% dos alunos e entre a 6ª e 10ª fase 24,1%.

Figura 14 – Fases da graduação dos alunos que participaram do curso.



4.1 MATERIAIS

Algumas afirmações do questionário se referiam aos materiais utilizados no laboratório e no curso. Como dito anteriormente foi entregue uma caixinha com alguns componentes eletrônicos que deveriam ser utilizados na montagem do circuito, são eles: jumpers, resistores, capacitores, amplificadores (TL084CN), amplificador de instrumentação, isolador e potenciômetro. O restante do material utilizado como osciloscópio, fonte de tensão variável, cabos e ponteiros eram do próprio LABEX.

As afirmações separadas para essa seção de materiais foram:

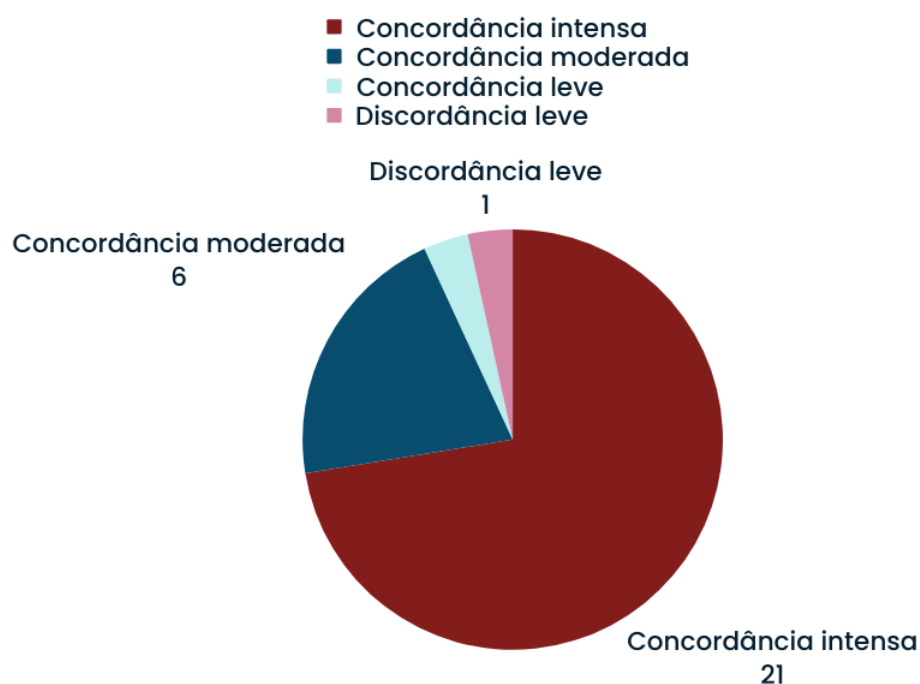
- 1) Os materiais fornecidos para utilizar os equipamentos do laboratório são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.
- 2) Os materiais necessários para o trabalho de laboratório são seguros e suficientes.
- 3) Os materiais entregues para o trabalho prático são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.
 - 11) O material necessário para a montagem prática é confiável e adequado.
 - 12) Os equipamentos e bancadas do laboratório são práticas e fáceis de utilizar.

De acordo com as respostas do questionários, os alunos concordam (de forma intensa, moderada ou leve) que os materiais fornecidos para utilizar os equipamentos do laboratório são adequados com o experimento prático e que os materiais são seguros e suficientes (afirmativas 1 e 2).

Sobre os materiais entregues para o trabalho prático serem adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático (afirmativa 3), temos uma discordância leve entre as concordâncias (vemos melhor a distribuição na Figura 15). Como houve somente uma discordância, não se tem insumo suficiente para destacar algum ponto que seja crucial ou de melhora nesse aspecto.

Figura 15 – Gráfico referente a afirmativa 3 do questionário. As concordâncias intensas e moderadas são de 93%.

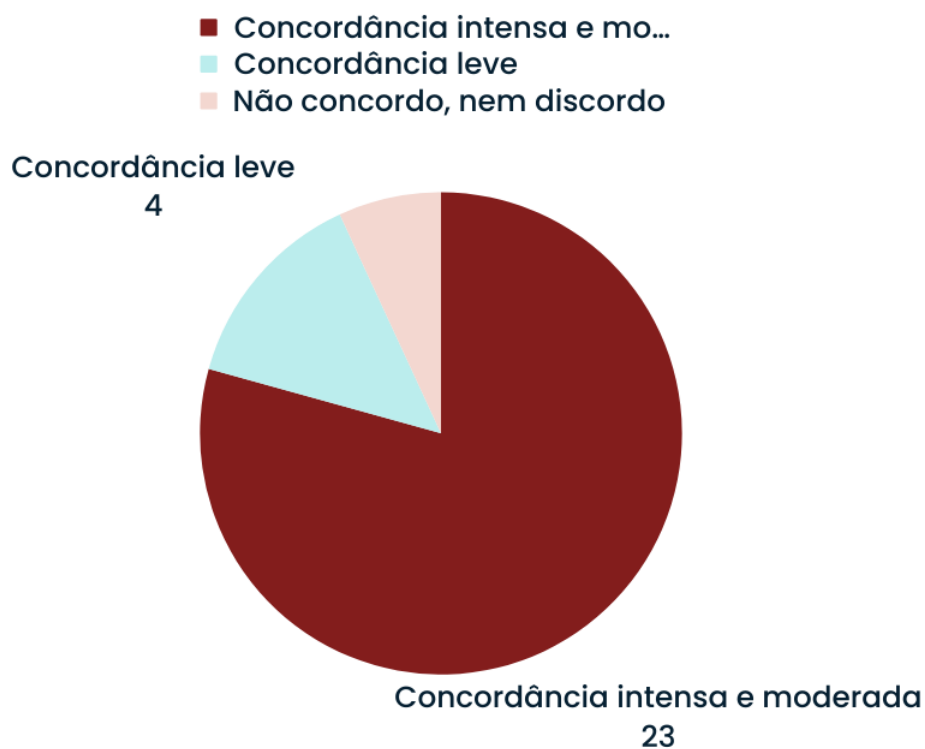
3) Os materiais entregues para o trabalho prático são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.



Temos na Figura 16 o gráfico que mostra a distribuição das respostas. As concordâncias intensas e moderadas foram agrupadas, sendo que das respostas 12 foram concordâncias intensas e 11 concordâncias moderadas.

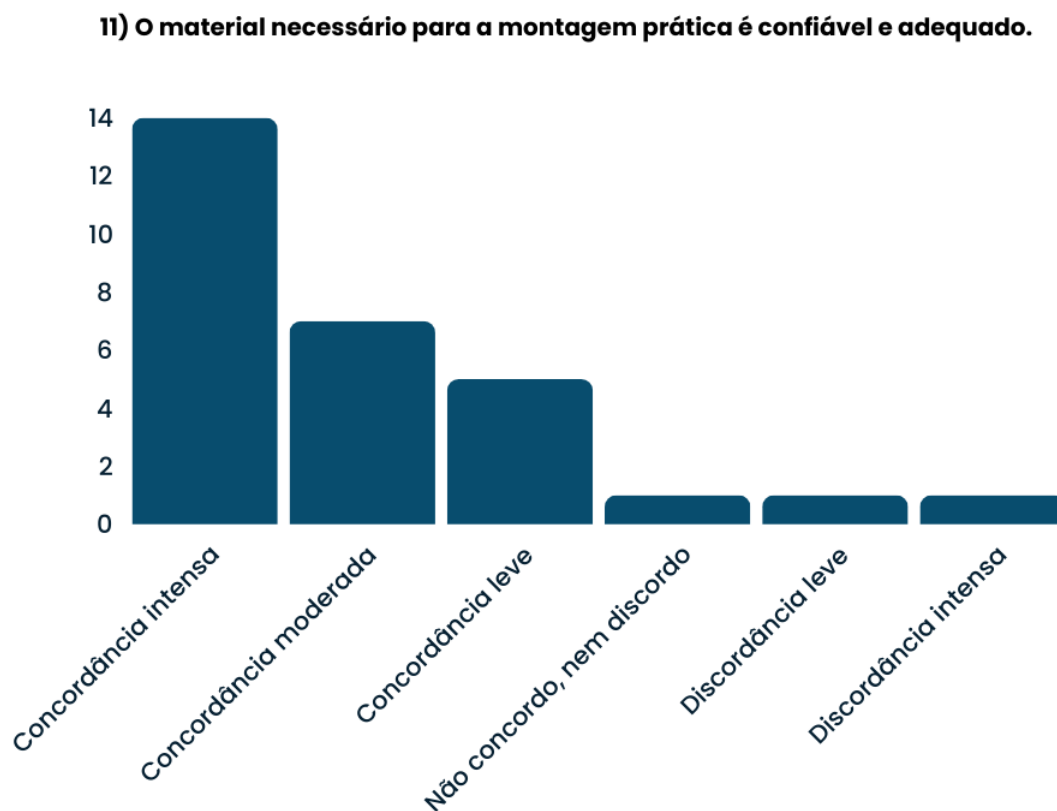
Figura 16 – Gráfico referente a afirmativa 12 do questionário. As concordâncias intensas e moderadas são de 79%.

12) Os equipamentos e bancadas do laboratório são práticas e fáceis de utilizar.



Na Figura 17, os estudantes concordam que os materiais são seguros, eficientes e que podem ser utilizados por eles para realizar o experimento, sendo poucos os que tiveram dificuldade de utilizá-los ou entendê-los.

Figura 17 – Gráfico referente a afirmativa 11 do questionário. Concordância intensa a moderada deste critério foi de 72%.



4.2 EXPERIMENTO

Outras afirmações se referiam ao experimento realizado, a montagem de um ECG. Algumas matérias da graduação são específicas da área de Engenharia Biomédica e apresentam como funciona o ECG, porém muitos alunos ainda não haviam passado por essas disciplinas e tiveram uma breve explicação tanto do ECG como do experimento que iria ocorrer no roteiro entregue, antes e durante a aula.

As afirmações separadas para essa seção de experimento foram:

4) Os materiais fornecidos para utilizar os equipamentos do laboratório são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.

5) O experimento é baseado em exemplos reais.

6) As ferramentas e recursos para a montagem do trabalho prático são apropriados para o sucesso do experimento prático.

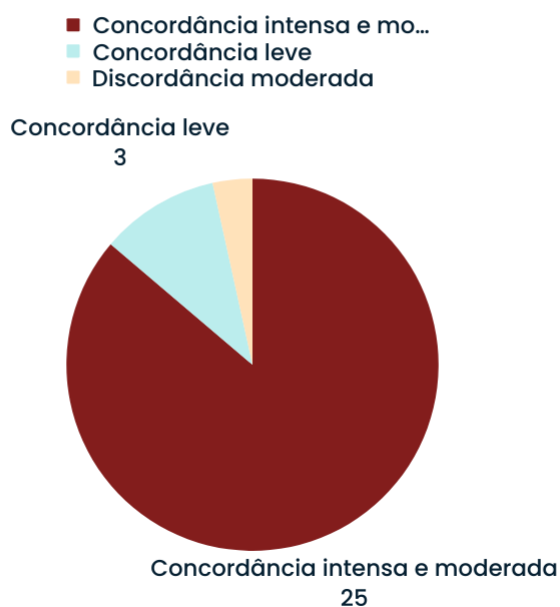
9) O experimento é fácil de ser realizado.

13) O tempo para realizar o ensaio experimental foi adequado.

O item 6 afirma que as ferramentas e recursos são apropriados para o sucesso do experimento prático, havendo uma discordância moderada, como podemos ver na Figura 18. Por ser um ponto fora da curva, provavelmente foi causado por um dispositivo que não funcionou muito bem ou, como comentado anteriormente na seção de materiais, os eletrodos não terem funcionado, não conseguindo finalizar o experimento com sucesso.

Figura 18 – Gráfico referente a afirmativa 6 do questionário. Concordância intensa a moderada deste critério foi de 86%.

6) As ferramentas e recursos para a montagem do trabalho prático são apropriados para o sucesso do experimento prático.



A afirmação do item 9 foi a mais divergente de todo questionário, com a frase "o experimento é fácil de ser realizado". Na Figura 19 é possível visualizar as respostas dadas pelos alunos, tendo 16 alunos concordando em algum grau que o experimento foi fácil de ser realizado, 7 discordando (de forma intensa, moderada ou leve) e 6 não concordando nem discordando.

Figura 19 – Gráfico referente a afirmativa 9 do questionário.



Nesse caso, foi preciso avaliar e verificar as fases em que os alunos discordaram ou não concordaram e nem discordaram de o experimento ser fácil de ser realizado, visto na tabela abaixo, para avaliar se a baixa concordância intensa e moderada de 31% está ligada à fase do estudante.

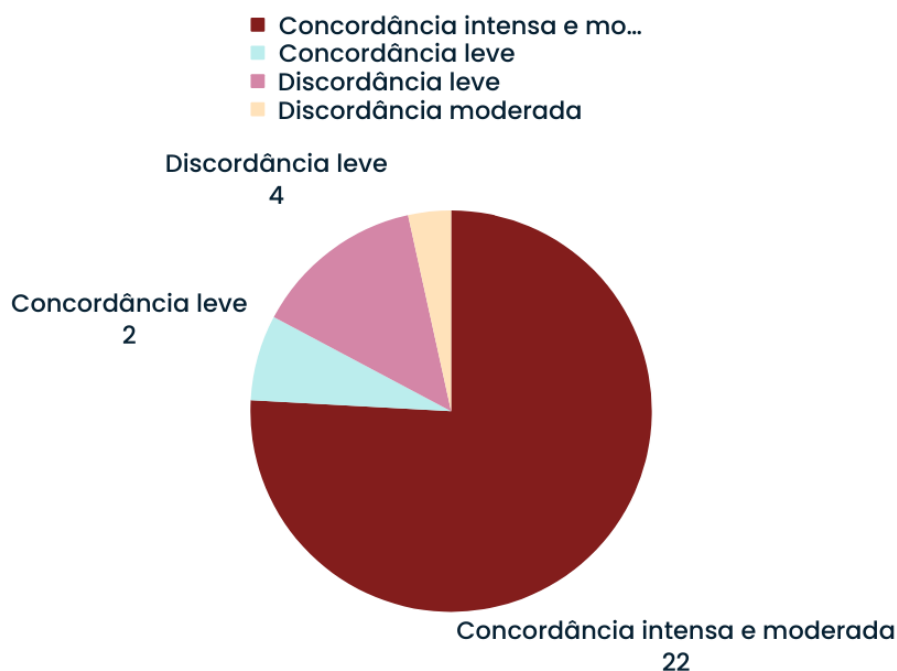
Tabela 3 – Análise de facilidade de realizar o experimento. Para as respostas de "não concorda e não discorda", discordância leve e moderada, de 45% do total das respostas.

Fase	Descrição	Quantidade
1ª fase	Discordância	1
1ª fase	Não concorda e não discorda	2
2ª fase	Discordância	1
2ª fase	Não concorda e não discorda	1
3ª fase	Não concorda e não discorda	2
4ª fase	Não concorda e não discorda	1
5ª fase	Discordância	1
5ª fase	Não concorda e não discorda	1
6ª fase	Discordância	2
10ª fase	Discordância	1

O último item da seção de experimento (item 13) afirma que o tempo para realizar o experimento foi adequado. Como vemos na Figura 20 houveram divergências referente ao tempo.

Figura 20 – Gráfico referente a afirmativa 13 do questionário. Concordância intensa e moderada deste critério foi de 76%.

13) O tempo para realizar o ensaio experimental foi adequado.



4.3 APRENDIZADO

Nas afirmações de aprendizado, conseguimos mensurar o quanto o curso foi proveitoso para o aluno, se obteve um nível de aprendizado que esperava ou até mais do que esperava, por conta da diversidade dos materiais utilizados, se forma que foi escrito o roteiro auxiliou no aprendizado e se as explicações dadas em sala de aula sanaram as dúvidas.

As afirmações separadas para essa seção de experimento foram:

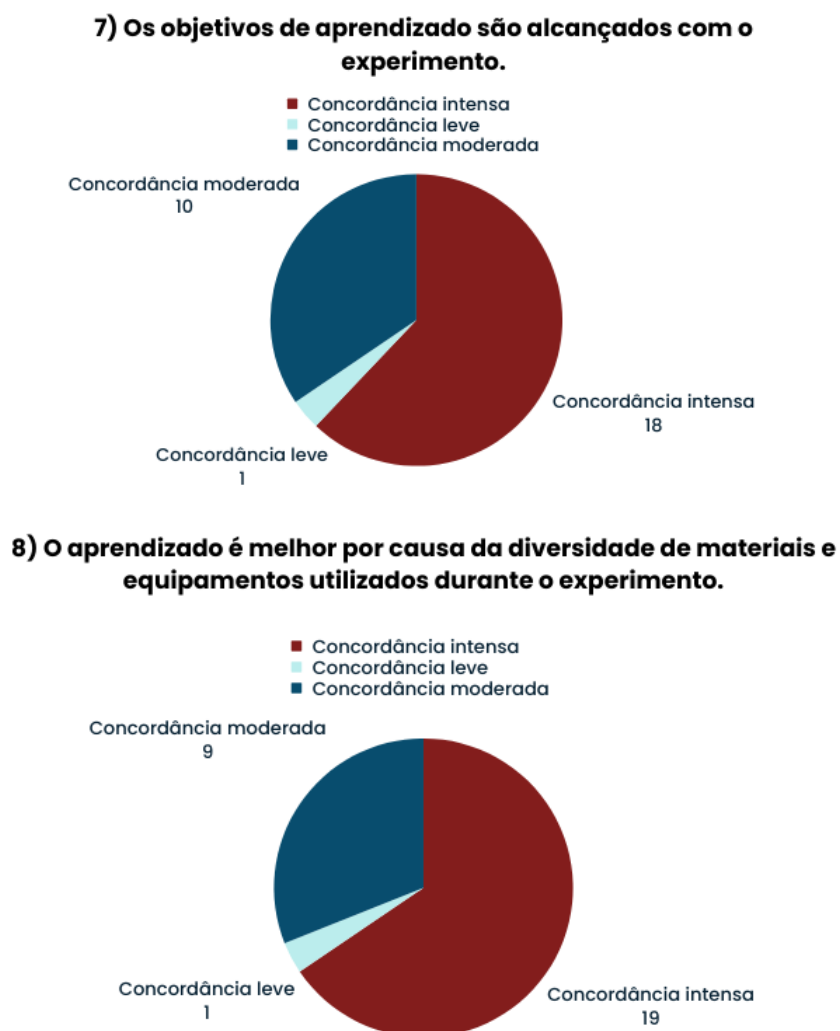
7) Os objetivos de aprendizado são alcançados com o experimento.

8) O aprendizado é melhor por causa da diversidade de materiais e equipamentos utilizados durante o experimento.

10) O conhecimento para executar o experimento é apropriado para minha fase da graduação.

Os alunos concordam (de forma intensa, moderada ou leve) que os objetivos de aprendizado são alcançados com o experimento (item 7) e que o aprendizado é melhor por causa da diversidade de materiais e equipamentos utilizados durante o experimento (item 8), conforme vemos na Figura 21.

Figura 21 – Gráficos referente as afirmativas 7 e 8 do questionário. Concordância intensa a moderada foram de 97% para ambos critérios avaliados.

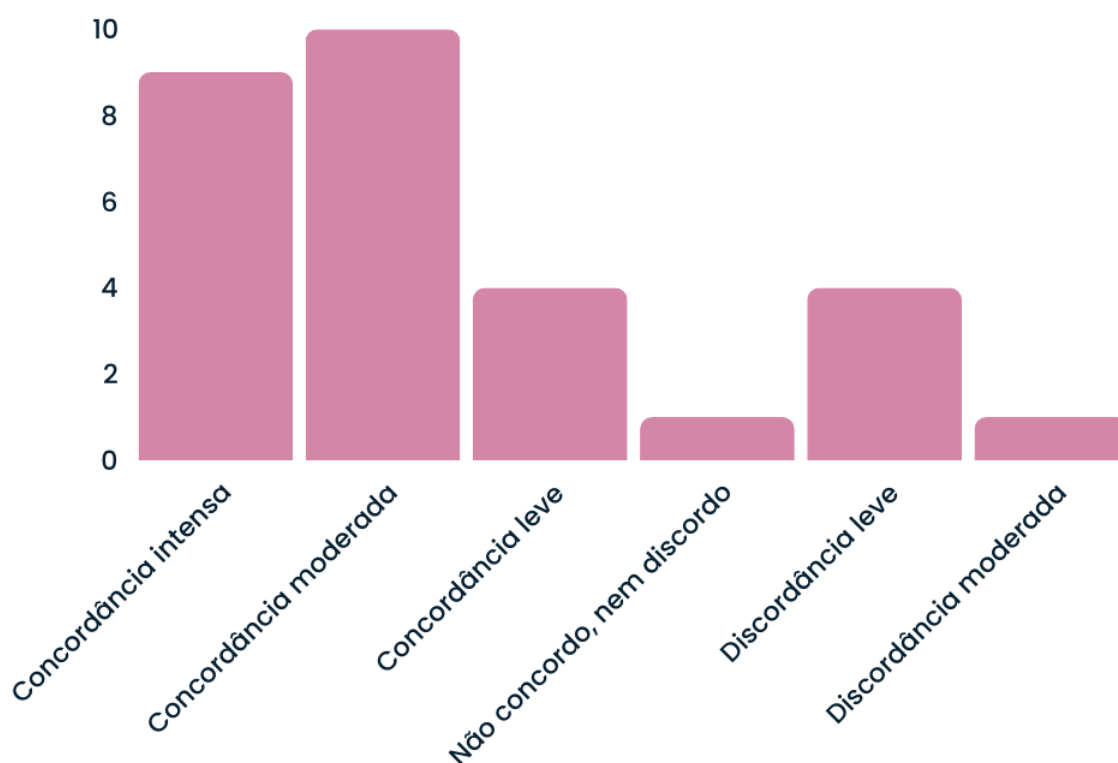


Através dos gráficos podemos ver que um dos objetivos do curso foi atingido, pois os alunos concordam que aprenderam com o experimento realizado e mais da metade deles com concordância intensa.

Em contrapartida, o item 10 afirma que o conhecimento para executar o experimento é apropriado para sua fase da graduação e houveram algumas discordâncias nesse item, conforme vemos na Figura 22.

Figura 22 – Gráfico referente a afirmativa 10 do questionário.

10) O conhecimento para executar o experimento é apropriado para minha fase da graduação.



Para esse item também é necessário verificar se as 'discordância e não concordância' e discordâncias estão relacionadas com as fases iniciais dos cursos. É possível ver na tabela a seguir que somente os alunos de fases iniciais acham que o experimento não é apropriado para sua fase, o que é factível, pois as matérias específicas do curso começam a partir da 4ª fase.

Tabela 4 – Análise de fase da graduação ser apropriada para realizar o experimento. Concordância intensa a moderada foram de 65% para ambos critérios avaliados.

Fase	Descrição	Quantidade
1ª fase	Discordância	2
1ª fase	Concordância leve	1
2ª fase	Discordância	2
2ª fase	Não concorda e não discorda	1
2ª fase	Concordância leve	1
4ª fase	Discordância	1
4ª fase	Concordância leve	2

4.4 MOTIVAÇÃO

As últimas afirmações se referem a motivação do aluno durante e após o curso. Como comentado na introdução, a evasão nos cursos de engenharia tem se tornado muito grande, por isso a motivação do estudante é muito importante, pois ela ajuda na permanência e egresso de novos estudantes.

As afirmações separadas para essa seção de experimento foram:

14) A proposta feita pelo professor para aprender sobre o assunto é motivadora.

15) Eu me diverti durante a montagem prática.

16) A realização do experimento prático é uma experiência motivadora.

Quase 100% dos alunos concordou de alguma maneira que a proposta para aprender sobre o assunto é motivadora (item 14), como pode-se ver na Figura 23, cumprindo um dos objetivos centrais do curso, que é ensinar de forma prática, de forma que os alunos não desistam da graduação.

Figura 23 – Gráficos referente a afirmativa 14 questionário, concordância intensa e moderada foram de 93%.

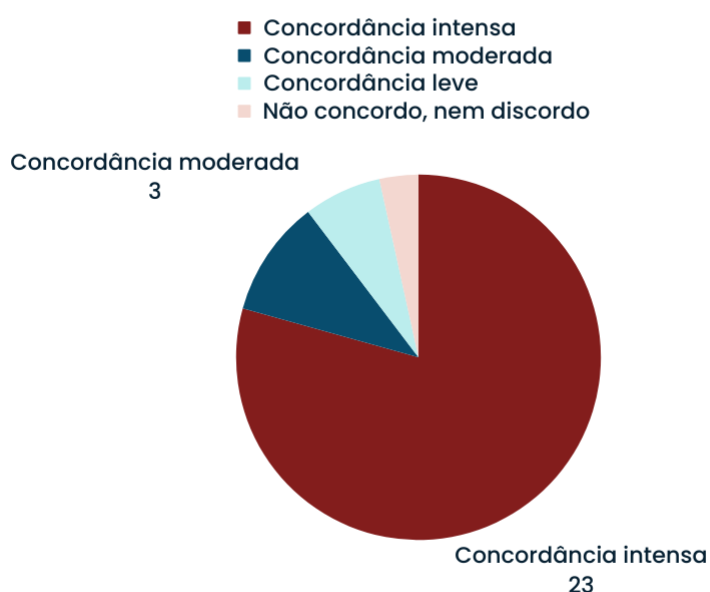
14) A proposta feita pelo professor para aprender sobre o assunto é motivadora.



Quase 100% dos alunos também concordaram que se divertiram durante a montagem prática do circuito (item 15), conforme ilustra a Figura 24. É importante que os alunos e futuros profissionais gostem daquilo que estão fazendo em suas áreas, por isso o resultado dessa afirmativa é muito importante.

Figura 24 – Gráficos referente a afirmativa 15 questionário, concordância intensa e moderada foram de 90% para ambos critérios avaliados.

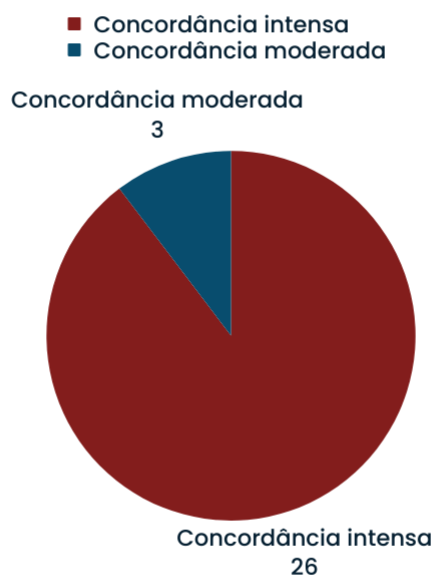
15) Eu me diverti durante a montagem prática.



Por fim, 100% dos alunos concordaram que a realização do experimento prático é uma experiência motivadora (item 16), conforme ilustra a Figura 25, demonstrando que fazer cursos práticos tanto nas disciplinas como nas atividades extracurriculares ajuda na motivação dos alunos e conseqüentemente a continuarem nos cursos.

Figura 25 – Gráficos referente a afirmativa 16 questionário, concordância intensa e moderada foram de 100% para ambos critérios avaliados.

16) A realização do experimento prático é uma experiência motivadora.



5 DISCUSSÃO

No capítulo anterior foram apresentados os resultados dos questionários aplicados aos participantes do curso, esses resultados serão discutidos nesse capítulo.

5.1 ALUNOS

Na Figura 14 foi apresentado um gráfico das fases dos alunos que participaram do curso, mostrando que grande parte dos participantes eram das fases iniciais. Um dos motivos que dificulta a participação de alunos das fases finais da graduação são as matérias específicas do curso que têm projetos para serem apresentados no final do semestre, outro motivo é a evasão que acontece nos cursos de engenharia elétrica e eletrônica nas fases médias do curso.

É importante pontuar que nas fases iniciais dos cursos os estudantes se sentem mais motivados a participarem de atividades extracurriculares, algumas até já oferecidas pela UFSC, como empresas júnior, PET e equipes de competição. Como 75,9% dos participantes estão entre a 1ª e 5ª fase, isso é refletido também em quantos alunos foram aprovados na disciplina de Eletrônica I, considerada uma disciplina que serve como base para o curso dado, pois trabalha com amplificadores operacionais e introduz os alunos ao comportamento dos filtros passa-alta e passa-baixa. Com isso, tivemos 27,6% dos participantes já aprovados na disciplina de Eletrônica I, enquanto 72,4% dos participantes ainda não haviam sido aprovados na disciplina.

5.2 MATERIAIS

Da Figura 16, a afirmação do questionário diz que "os equipamentos e bancadas do laboratório são práticos e fáceis de usar", houveram 2 estudantes que dizem não concordar e nem discordar. Isso pode se dar ao fato de os estudantes não estarem ainda em fases mais avançadas do curso, não tendo tantas disciplinas práticas, ou talvez uma dificuldade com os dispositivos eletrônicos disponibilizados para a realização do experimento, como o amplificador ou isolador, que também são vistos mais a frente do curso.

O item que mais chama atenção é o item 11, que diz que o material necessário para a montagem prática é confiável e adequado. Como se vê na Figura 17 há alunos que não acham o material confiável e adequado, isso traz vários questionamentos: Os materiais não são adequados por terem falhado em algum momento (por exemplo não conseguir captar o sinal do ECG através de eletrodos)? O material não é confiável pois pode gerar alguma consequência ruim ao estudante? Algum material estava danificado? Esses questionamentos são pontos fundamentais para refletir caso o curso seja aplicado novamente no futuro, pensando em maneiras de melhorar o índice de discordância.

5.3 EXPERIMENTO

Todos os alunos concordam (de forma intensa, moderada ou leve) que o entendimento após o experimento prático é bom, conforme visto na Figura 18, sendo um ponto positivo, pois mostra que a explicação do roteiro e de cada processo de montagem foi feito de forma clara. Também concordam de forma intensa e moderada que o experimento é baseado em exemplo reais, visto que mesmo que nem todos os alunos tenham realizado o exame, conhecem alguém que já fez e sabem que é um exame importante, por diagnosticar problemas cardíacos como arritmia, infarto no miocárdio, problemas nas válvulas do coração, mas também em diagnosticar pressão alta, diabetes, colesterol alto e outras doenças.

Nota-se que as fases iniciais acham que o experimento não é fácil de ser realizado, o que é esperado, pois não tem noções básicas de alguns componentes e da teoria envolvida por trás de todo circuito. Porém nota-se também que alguns alunos de fases mais avançadas, inclusive de 10^a fase, avaliam que o circuito não é fácil de ser montado. Essa dificuldade pode ter surgido por conta da pandemia, pois os alunos de fases finais do curso participaram de laboratórios virtuais, montando os circuitos e fazendo experimentos somente através de softwares de simulação.

Como foi abordado no capítulo 3, algumas duplas não conseguiram finalizar o experimento no tempo estipulado, enquanto houveram duplas que terminaram o experimento antes. Isso se deve a vários fatores como, alunos que tem mais contato com matérias práticas conseguem ter um desempenho melhor na montagem, o curso ter sido no período noturno acabou influenciando no rendimento menor do que no período diurno, alunos que tiveram no período da pandemia os laboratórios de forma virtual, tendo somente contato com simuladores.

Por conta desse motivos e pelo curso abranger alunos de todas as fases, o melhor seria dividir o curso em dois períodos (podendo ser no mesmo dia) e ter um intervalo maior, assim o cansaço seria menor e o rendimento dos alunos maior. Também não seria necessário deixar as bancadas arrumadas antes e poderia ser dado maior ênfase na parte teórica, separando mais tempo para tirar dúvidas dos alunos. Uma sugestão seria realizar metade do curso no período da manhã, tendo um intervalo no almoço e voltando no início da tarde para terminar o experimento.

5.4 APRENDIZADO

Alguns dos alunos abaixo da 5 fase (66% dos participantes, Figura 14), acharam fácil de realizar os experimentos (55%, Figura 19), mas não acreditam estar na fase apropriada para o experimento, conforme Figura 22. O circuito, essencialmente, envolve: instrumentação biomédica (amplificador de instrumentação e isolador) e filtros analógicos (passa baixa, passa alta e notch). Ambas as disciplinas estão nas fases finais

dos dois cursos. Acreditamos que a forma como foi elaborado o curso, com tempo de 4 horas, montagens parciais e teste de cada parte do circuito facilitou a montagem. No entanto, os alunos não entendem o suficiente das teorias envolvidas para desenvolver por si só a eletrônica necessária para a realização do projeto. Alguns alunos do curso de graduação são técnicos em eletrônica ou possuem conhecimento técnicos anteriores, por esse motivo, acredita-se que esses alunos que acharam fácil de realizar os experimentos, mas não acham estar na fase apropriada para o experimento, devem ter algum conhecimento técnico anterior.

6 CONCLUSÃO

Os objetivos gerais e específicos do trabalho foram atingidos, pois foi realizada uma avaliação motivacional, através de curso prático na engenharia biomédica, sendo montado um eletrocardiograma com os alunos de graduação do curso de Engenharia Elétrica e Eletrônica.

O aspecto positivo do projeto é observar que estudantes de diversas fases, desde as iniciais até as avançadas participaram do curso e se motivaram a continuar e terminar todas as etapas do curso de graduação.

A principal melhoria a ser realizada no futuro é reduzir ruídos com a adição de um circuito de perna direita, reformular algumas questões do formulário para entender quais outras ações podem ser feitas para motivar os estudantes dos cursos de engenharia. Também pode-se pensar em dar um curso adaptado para as fases iniciais, por conta da dificuldade que tiveram de montar o circuito e por acharem difícil para sua fase na graduação, e outro curso para as fases finais.

REFERÊNCIAS

CAFEZEIRO, Caio. **Qual o sinal evidenciado nesse eletrocardiograma?** [S./], 2018. Disponível em: <<https://temasemcardiologia.com.br/qual-o-sinal-evidenciado-nesse-eletrocardiograma/>>. Acesso em: 20 nov. 2023. Citado na p. 20.

CUNHA POSSA, Paulo Ricardo da *et al.* **A inserção da Engenharia Biomédica nos cursos de graduação de Engenharia Elétrica no Brasil.** [S./], 2008. Disponível em: <<http://host-article-assets.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/rbeb/5889fb625d01231a018b45e8/fulltext.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2023. Citado na p. 14.

GARCIA, Euler V; PINTARELLI, Guilherme B; SUZUKI, Daniela OH. **Building a doorbell for deaf people: Motivational electronic experiment for freshmen.** [S./], 2017. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0020720916688485>>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na p. 16.

PERREAULT, Eric J.; LITT, Mitchell; SATERBAK, Ann. **Educational Methods and Best Practices in BME Laboratories.** [S./], 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/7257017_Educational_Methods_and_Best_Practices_in_BME_Laboratories1>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na p. 14.

RIOS, Jaime Roberto Teixeira; SANTOS, Adilson Pereira dos; NASCIMENTO, Caroline. **Evasão e retenção no ciclo básico dos cursos de engenharia da Escola de Minas da UFOP.** [S./], 2001. Disponível em: <<https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/18/trabalhos/APP020.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na p. 14.

SILVA, Sandro Leandro M. da; COSTA, Marly G. F.; FILHO, Cícero F. F. Costa. **Complementary Training Program in Electrical Engineering and Computer Engineering Undergraduate Courses.** [S./], 2022. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9754699>>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na p. 14.

SOARES, Ismael S. **Evasão, retenção e orientação acadêmica: UFRJ–Engenharia de Produção – Estudo de Caso.** [S./], 2006. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/13/artigos/8_228_956.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado na p. 14.

SUZUKI, Daniela O. H.; TAQUES, Bárbara O. M.; MARQUES, Jefferson L. B. **Electrocardiogram experiment for analog electronic laboratory.** [S./], 2015. Disponível em: <<https://suzuki.paginas.ufsc.br/files/2016/05/2015IJEEEv52p248-263.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2023. Citado nas pp. 21, 23, 28.

VECHT, Romeo; PETERS, Nicholas S.; GATZOULIS, Michael A. **ECG diagnosis in clinical practise.** 2. ed. [S./: s.n.], 2009. Acesso em: 15 nov. 2022. Citado na p. 20.

Anexos

ANEXO A – TCLE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA
INSTITUTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

A presente pesquisa, intitulada “**Avaliação Motivacional de Curso Prático de Engenharia Biomédica para alunos da graduação de engenharia elétrica e eletrônica**”, tem como objetivo avaliar a melhor abordagem pedagógica para os laboratórios práticos de Engenharia Biomédica. Para isto serão aplicados minicursos de montagem de circuitos eletrônicos desta área, utilizando a metodologia pedagógica tradicional e a metodologia de aprendizado baseado em problema. Este projeto será aplicado em alunos voluntários do curso de Engenharia Eletrônica e Elétrica da UFSC, e será dividido em três etapas: 1) Elaboração do material para o curso prático; 2) Aplicação do questionário após o curso ministrado da forma tradicional (30 participantes) e aprendizado baseado em problema (30 participantes). O questionário será aplicado a alunos que participarem do curso voluntariamente; 3) Análise dos resultados.

A pesquisa será realizada pela pesquisadora professora Dra. Daniela Ota Hisayasu Suzuki, do Instituto de Engenharia Biomédica (IEB-UFSC); e pela aluna de graduação em engenharia eletrônica Paola Hansen Coelho Alves da Universidade Federal de Santa Catarina e fará parte do TCC da mesma.

Asseguro-lhe que as informações obtidas serão única e exclusivamente para a realização desta pesquisa garantindo a segurança e confidencialidade dos dados obtidos. As informações fornecidas pelos sujeitos da pesquisa terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa serão voluntários e não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma. O minicurso será gratuito e podendo haver desistência a qualquer momento. As pesquisadoras se responsabilizam pela guarda e confidencialidade de todos os dados coletados nos questionários, elas serão as únicas a terem acesso aos dados e tomarão todas as providências necessárias para manter o sigilo das informações.

Os riscos com a aplicação do questionário não são apreciáveis, pois os dados e informações repassadas serão tratados confidencialmente, não sendo atribuídos nomes ou identificações dos sujeitos e a pesquisa atende todas as especificações da resolução 466/2012. As pesquisadoras garantem a manutenção do anonimato e da privacidade dos participantes da pesquisa durante todas as fases da pesquisa.

Sua participação nesta pesquisa é totalmente voluntária. Você não vai receber compensação financeira relacionada a sua participação, e não terá despesas pessoais em qualquer fase deste estudo. Caso você tenha alguma despesa ou algum prejuízo financeiro em decorrência desta pesquisa, você terá garantia de ressarcimento.

Ao participar desta pesquisa você poderá ser exposto há alguns riscos e desconfortos: Desconforto ou constrangimento ao responder o questionário; Cansaço ou aborrecimento ou descontentamento durante o curso prático; Outro risco inerente à pesquisa, é a remota possibilidade da quebra do sigilo, mesmo que de forma involuntária e não intencional. Por exemplo: perda ou roubo de documentos, computadores ou pen drive, e acesso de terceiros aos dados por meio de invasão digital. Caso você se sinta prejudicado de alguma forma, poderá interromper imediatamente sua participação na pesquisa, sem nenhum problema. Sinta-se absolutamente à vontade em deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem precisar apresentar qualquer justificativa para a desistência, e com a certeza de que você não terá qualquer prejuízo por isto. Caso você venha a sofrer algum dano ou prejuízo material ou imaterial decorrente desta pesquisa, você terá garantia de indenização.

Durante os cursos e procedimentos de resposta do questionário você estará sempre acompanhado por uma das pesquisadoras, que lhe prestará toda a assistência necessária ou acionará pessoal competente para isso. Os pesquisadores estarão disponíveis e aptos para oferecer suporte se você precisar, inclusive providenciar encaminhamento para atendimento psicológico, caso você entenda como necessário e manifeste o desejo.

Esta pesquisa pode oferecer como benefício direto e imediato o aprendizado prático de eletrônica e novos conhecimentos de fisiologia humana. Embora o benefício do melhor método (tradicional ou aprendizado baseado em problema) não lhe ofereça benefícios diretos e imediatos. Sua participação vai

ajudar a construir no conhecimento científico sobre estratégias pedagógicas de ensino de laboratório de eletrônica.

A defesa de trabalho de conclusão de curso (TCC) que vai apresentar os resultados desta pesquisa, está prevista para dezembro de 2023, caso haja interesse, você poderá assistir. Os resultados serão repassados aos participantes em forma de resumo por escrito. O participante também poderá receber os resultados na íntegra, caso solicite esta devolutiva por e-mail.

Em caso de dúvidas sobre o projeto ou sobre os procedimentos, e também caso você se sinta prejudicado, poderá contatar os pesquisadores a qualquer momento da pesquisa, ou mesmo após o encerramento da mesma.

Contato das pesquisadoras: Pesquisadora responsável: profa. Daniela Ota Hisayasu Suzuki, no Instituto de Engenharia Biomédica, ou contatá-la pelo telefone (48) 3721-2591, pelo e-mail suzuki@eel.ufsc.br e pelo endereço: Caminho dos Açores, 1991, Santo Antônio de Lisboa, Florianópolis – SC – Brasil. Pesquisadora principal: Paola Hansen Coelho, (48) 99613-3006, pelo e-mail paolahcoelho@gmail.com e pelo endereço: Rua Benjamin Koch, nº 150, apartamento 204, 88180-251 - Antônio Carlos - SC - Brasil.

Você poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), caso queira fazer alguma reclamação. O CEPSH é um órgão colegiado interdisciplinar, deliberativo, consultivo e educativo, vinculado à UFSC, mas independente na tomada de decisões, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. O órgão fica localizado no Prédio Reitoria II, Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, 7º andar, sala 701, Trindade, Florianópolis/SC, CEP 88.040-400. Contatos: (48) 3721-6094, cep.propesq@contato.ufsc.br.

As pesquisadoras também irão assinar esse documento, e comprometem-se a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12, que trata dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa. Afirmamos que o presente protocolo de pesquisa foi explicado para os indivíduos por um dos pesquisadores, incluindo o propósito, os procedimentos a serem realizados, os possíveis riscos e potenciais benefícios associados à participação neste estudo. Houve tempo suficiente para dúvidas e todas as questões levantadas foram prontamente respondidas, sem exceções.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, _____, li este documento e obtive todas as informações que julguei necessárias para me sentir esclarecida(o) e optar por livre e espontânea vontade de participar da pesquisa “**Avaliação Motivacional de Curso Prático de Engenharia Biomédica para alunos da graduação de engenharia elétrica e eletrônica**” e concordo em responder as perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária.

Concordo em participar da pesquisa: () Sim () Não

Florianópolis, ____ de _____ de 202__

Assinatura _____

Daniela Ota Hisayasu Suzuki
Pesquisadora responsável

Paola Hansen Coelho
Pesquisadora principal

ANEXO B – ROTEIRO



Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica - EEL
Curso prático de eletrônica para monitorar atividade elétrica do
coração (ECG)

Roteiro: Introdução ao ECG

1 Introdução

O eletrocardiograma (ECG) é o registro elétrico das atividades que o coração realiza para circular sangue pelo corpo. Um músculo se contrai quando uma corrente elétrica flui pelo mesmo. Em sistemas biológicos, estas cargas em movimento são íons (sódio, cálcio, potássio, cloro) e, no caso do coração, a diferença de potencial possui origem em células altamente especializadas chamadas de marca-passo que se polarizam positivamente e negativamente de forma a realizar uma ativação otimizada dos músculos cardíacos, efetivando o bombeamento do sangue.

O sinal de ECG (Figura 1) é composto por uma série de ondas que representam diferentes eventos elétricos ocorrendo durante o ciclo cardíaco. Com eletrodos posicionados na pele, é possível mensurar uma onda resultante de todos esses eventos, sendo uma importante ferramenta de diagnóstico para avaliação de algumas funções do coração. O intervalo de frequência do sinal varia de 0,05 a 150 Hz e a amplitude de 0,5 a 4 mV, especificações estas que são centrais para os objetivos deste curso, uma vez que entender e praticar o condicionamento de sinais será essencial. Exige-se de um circuito de ECG uma alta impedância de entrada (carga mínima do sinal medido), proteção elétrica por meio da isolamento do circuito, alta taxa de rejeição de modo comum (CMRR), alto ganho (ordem de 1000) e largura de banda adequada.

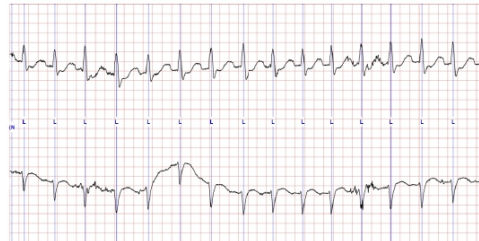


Figura 1: Sinal do Eletrocardiograma

- **Amplificador de instrumentação:** É projetado para amplificar com precisão os sinais diferenciais de baixa amplitude provenientes dos eletrodos de medição do ECG, fornecendo altíssima resistência de entrada, alto ganho e alto CMRR, fornecendo assim um sinal amplificado e de maior qualidade para análise e processamento posterior.
- **Filtro passa-alta ($f_c=0,5\text{Hz}$):** O filtro passa-altas Butterworth de 2º ordem de ganho unitário na banda passante foi escolhido por conta de sua resposta plana na banda passante e suavidade nas transições entre a banda passante e a banda de rejeição, reduzindo ao máximo distorções do sinal. Este módulo do circuito garante que sinais de frequência mais baixa e que não são de interesse não se propaguem para os próximos estágios.

- **Filtro passa-baixa ($f_c=250\text{Hz}$):** A versão passa-baixas do filtro Butterworth de 2^o ordem foi escolhida pelas mesmas razões comentadas anteriormente para sua versão passa altas. A frequência de corte de 250Hz garante que sinais de maior frequência não se propaguem para o restante do circuito
- **Filtro Fliege Notch (60Hz):** É um tipo de filtro ativo utilizado para remover uma frequência específica indesejada de um sinal. Ele é amplamente utilizado no processamento de sinais, especialmente em aplicações de áudio e comunicações. Este circuito em específico foi projetado para atenuar seletivamente a componente de 60 Hz vinda da rede elétrica, enquanto permite que outras frequências passem sem atenuação significativa.
- **Isolador:** Utilizando um optoacoplador será possível isolar galvanicamente os sinais de entrada e de saída por meio da luz, isolando circuito em contato com o paciente e o circuito de aquisição de dados. Isso é importante para garantir a segurança do paciente e proteger o circuito de possíveis interferências elétricas ou surtos de tensão. O sinal de entrada é aplicado ao LED do optoacoplador, emitindo uma luz que incide sobre o fototransistor e gerando assim um sinal elétrico de saída proporcional ao sinal de entrada.

2 Parte experimental

O circuito completo de ECG será montado a partir da junção dos blocos mencionados anteriormente, conforme Figura 2. **Para facilitar o experimento, cada bloco deve ser montado e testado individualmente antes de ser conectado aos demais.**

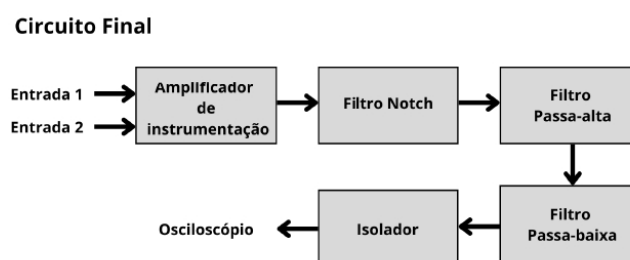


Figura 2: Diagrama de blocos do Circuito Final

2.1 Amplificador de instrumentação

1. Monte os circuitos indicados nas Figuras 3 e 4 utilizando os componentes indicados. O atenuador da Figura 3 será necessário para simular um sinal de ECG de baixíssima amplitude ($<10\text{mV}$) para verificar o funcionamento do amplificador de instrumentação da Figura 4, uma vez que o gerador não consegue fornecer sinais com amplitudes tão pequenas;
2. Aplique o sinal do gerador de sinais (configurado como sinal senoidal de 1Vpp) na entrada diferencial do amplificador (**também conectando a entrada $-V_{in}$ em GND**) e verifique o seu correto funcionamento para diferentes frequências (Figura 5), "recuperando" o sinal atenuado. Se necessário, ajuste o compensador de tensão offset do amplificador.

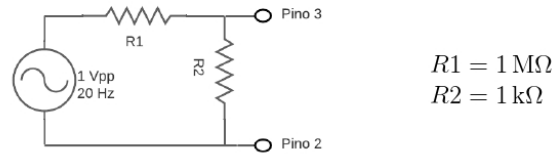


Figura 3: Circuito para teste

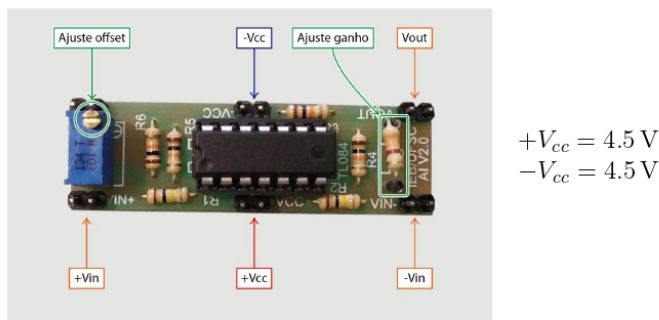


Figura 4: Amplificador de instrumentação

2.2 Filtro Fliege Notch

1. Monte o circuito da Figura 7 utilizando os componentes indicados.
2. Com o gerador de sinais configurado como sinal senoidal de $1V_{pp}/60\text{Hz}$, aplique tal sinal na entrada do circuito e ajuste o **potenciômetro** de forma que o sinal na saída seja atenuado ao máximo;
3. Agora, variando a frequência do gerador de sinais, verifique que apenas a frequência de 60Hz é atenuada de forma significativa. **É provável que este circuito necessite ser ajustado novamente quando conectado ao circuito final, visando atenuar de forma eficiente a interferência de 60Hz advinda da rede.**

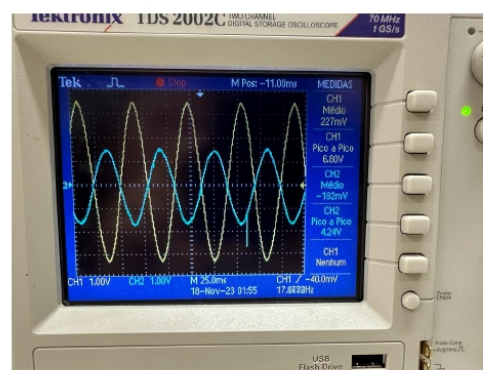


Figura 5: Saída do amplificador no osciloscópio

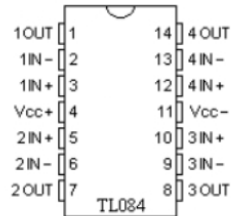


Figura 6: Pinos TL084

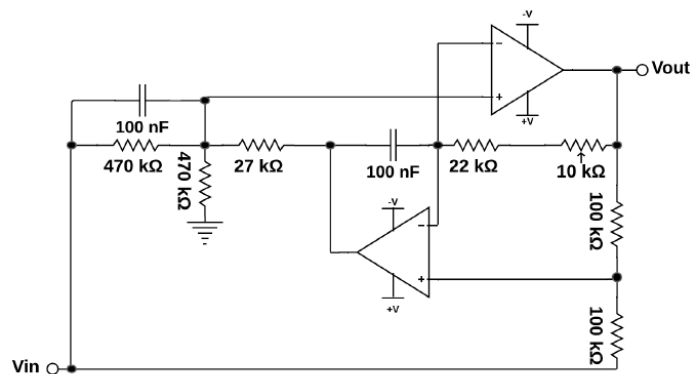


Figura 7: Filtro Fliege Notch

2.3 Filtro Passa-alta

1. Monte o circuito da Figura 8 utilizando os componentes indicados;
2. Com o gerador de sinais configurado como sinal senoidal de $1V_{pp}$, verifique o seu correto funcionamento para diferentes frequências:

Entrada: $1 V_{pp}/1\text{Hz}$ **Saída:** $25 mV_{pp}/1\text{Hz}$

Entrada: $1 V_{pp}/10\text{Hz}$ **Saída:** $0.7 V_{pp}/10\text{Hz}$

Entrada: $1 V_{pp}/100\text{Hz}$ **Saída:** $1 V_{pp}/100\text{Hz}$

2.4 Filtro Passa-baixa

1. Monte o circuito da Figura 9 utilizando os componentes indicados;
2. Com o gerador de sinais configurado como sinal senoidal de $1V_{pp}$, verifique o seu correto funcionamento para diferentes frequências:

Entrada: $1 V_{pp}/10\text{Hz}$ **Saída:** $1 V_{pp}/10\text{Hz}$

Entrada: $1 V_{pp}/100\text{Hz}$ **Saída:** $1 V_{pp}/100\text{Hz}$

Entrada: $1 V_{pp}/300\text{Hz}$ **Saída:** $0.5 V_{pp}/300\text{Hz}$

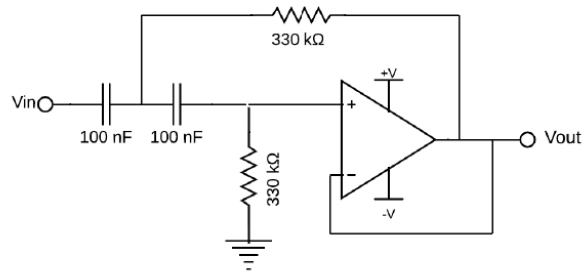


Figura 8: Filtro Passa-alta

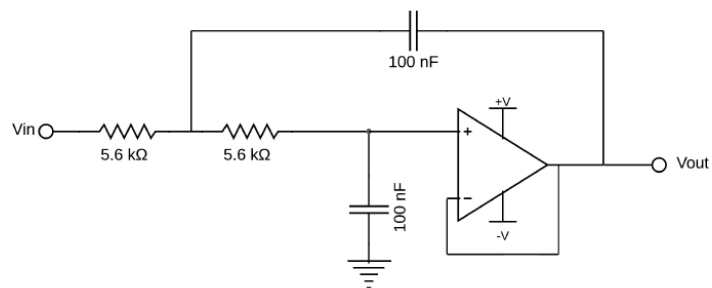


Figura 9: Filtro Passa-baixa

2.5 Isolador

1. Posicione o circuito do isolador respeitando a correta conexão dos pinos, de acordo com a Figura 10. Neste primeiro momento é permitido utilizar as fontes das bancadas para realizar a alimentação do circuito; **Mas atenção: para a sua segurança, no circuito final será INDISPENSÁVEL a utilização de baterias!**
2. Com o gerador de sinais configurado como sinal senoidal de 1Vpp, verifique o seu correto funcionamento para diferentes frequências.

2.6 Circuito final

1. Com a bancada desligada, conecte todos os circuitos indicados acima para que tenhamos o circuito final ilustrado em forma de diagrama de blocos na figura 2.
2. Informe um dos monitores assim que terminar a montagem do circuito final para que seja entregue o gerador de ECG.
3. Caso o sinal de saída esteja conforme o esperado (Figura 11), deve ser feito o último passo que é colocar as pilhas do lado esquerdo do isolador (+Vcc e -Vcc) e os cabos que serão conectados aos eletrodos (Figura 12) na entrada do circuito.

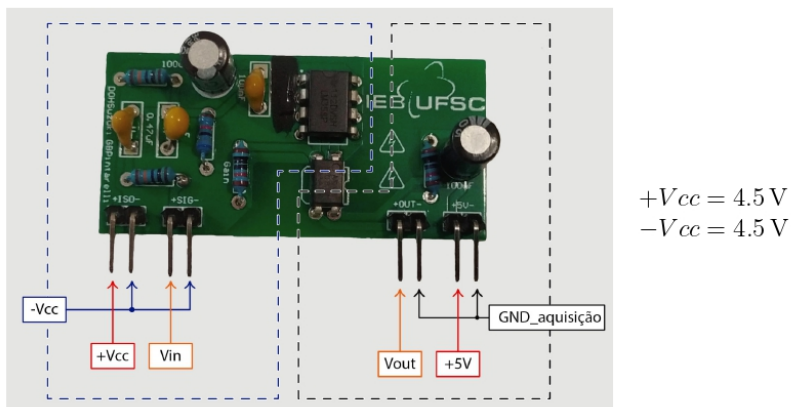


Figura 10: Isolador

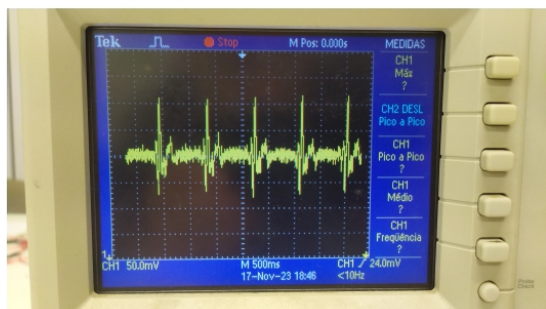


Figura 11: Sinal com o gerador de ECG

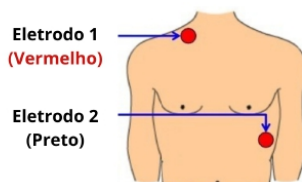


Figura 12: Eletrodos

ANEXO C – QUESTIONÁRIO

Questionário de Avaliação do Curso

Graduação: Eng. Elétrica Eng. Eletrônica Outro:.....

Fase:..... Idade:..... Sexo: Feminino Masculino Não informado

Por favor, indique o quanto você concorda ou discorda de cada uma das seguintes afirmações:

- 1) Os materiais fornecidos para utilizar os equipamentos do laboratório são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.

Concordância Intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

- 2) Os materiais necessários para o trabalho de laboratório são seguros e suficientes.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

- 3) Os materiais entregues para o trabalho prático são adequados para aprender os conceitos relacionados com o experimento prático.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

- 4) Meu entendimento após o experimento prático é bom.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

5) O experimento é baseado em exemplos reais.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
-------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------

6) As ferramentas e recursos para a montagem do trabalho prático são apropriados para o sucesso do experimento prático.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
-------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------

7) Os objetivos de aprendizado são alcançados com o experimento.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
-------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------

8) O aprendizado é melhor por causa da diversidade de materiais e equipamentos utilizados durante o experimento.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
-------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------

9) O experimento é fácil de ser realizado.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
-------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------

10) O conhecimento para executar o experimento é apropriado para minha fase da graduação.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
-------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------

11) O material necessário para a montagem prática é confiável e adequado.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

12) Os equipamentos e bancadas do laboratório são práticas e fáceis de utilizar.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

13) O tempo para realizar o ensaio experimental foi adequado.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

14) A proposta feita pelo professor para aprender sobre o assunto é motivadora.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

15) Eu me diverti durante a montagem prática.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

16) A realização do experimento prático é uma experiência motivadora.

Concordância intensa	Concordância moderada	Concordância leve	Não concordo, nem discordo	Discordância leve	Discordância moderada	Discordância Intensa
----------------------	-----------------------	-------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------