

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FELIPE RODRIGUES MATTOS

PROPOSIÇÃO DE NOVOS CONTEÚDOS E PRÁTICAS PARA A  
DISCIPLINA LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Paulo Augusto Nepomuceno Garcia  
Co-orientador: Lucas Corrêa Netto Machado

JUIZ DE FORA, MG  
2016

FELIPE RODRIGUES MATTOS

PROPOSIÇÃO DE NOVOS CONTEÚDOS E PRÁTICAS PARA A  
DISCIPLINA LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Paulo Augusto Nepomuceno Garcia  
Co-orientador: Lucas Corrêa Netto Machado

Apresentado em 10 de agosto de 2016

Banca Examinadora:

---

Prof. Paulo Augusto Nepomuceno Garcia

---

Prof. Vander Menengoy da Costa

---

Prof. Lucas Corrêa Netto Machado

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2. SEGURANÇA NO LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS</b>	<b>5</b>
2.1 Introdução	5
2.2 Riscos e possíveis danos	5
2.3 Medidas de primeiros socorros	7
2.4 Procedimentos gerais de segurança para o LCE	10
<b>3. PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E SUAS INSTRUÇÕES</b>	<b>12</b>
3.1 Multímetro Digital	12
3.2 Fonte de alimentação CC	14
3.3 Gerador de função	15
3.4 Osciloscópio	16
3.5 Outros equipamentos	18
<b>4. PRÁTICA SUGERIDAS</b>	<b>23</b>
4.1 Ressonância Série/Paralelo	23
4.2 Filtros passa-altas e passa-baixas	29
4.3 Filtros passa-faixa e rejeita-faixa	37
<b>5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b>	<b>46</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>47</b>

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

O Laboratório de Circuitos Elétricos (LCE) tem como objetivo principal mostrar que todos os conceitos e modelos estudados nas matérias teóricas (Circuitos Lineares I e II) são válidos de fato na prática, apresentando algumas margens de erro, principalmente devido a não idealidade dos componentes utilizados, visto que nas matérias teóricas todos os componentes são considerados ideais.

Outro objetivo interessante do laboratório, é a exploração da capacidade do aluno de conseguir fazer a associação do universo teórico com o universo real da prática, visto que o grande desafio dos engenheiros é lidar com isso, ou seja, no mercado de trabalho, o engenheiro vai se deparar com desafios onde ele deve ser capaz de transformar uma boa ideia em um produto, processo ou serviço. Para dificultar mais ainda, essa transformação da ideia em algo prático deve atender a requisitos de inovação e/ou econômicos, para que após a realização de testes a solução se torne viável e consequentemente competitiva no mercado [1].

Além da capacidade de associação da teoria com a prática exigida na montagem dos circuitos durante os ensaios, os alunos ainda serão desafiados a explicar nos relatórios os motivos pelos quais os resultados obtidos estão ou não conforme o esperado. A previsão é de que o aluno desfrute de grande satisfação ao superar os desafios, e consiga sentir uma sensação antecipada, por menor que seja, de como será seu trabalho quando estiver formado, o que é muito menos palpável em disciplinas completamente teóricas.

No entanto para que o aluno tenha um bom desempenho nas aulas práticas é necessário o conhecimento prévio de fundamentos de segurança, visto que eletricidade demanda procedimentos específicos de segurança e dos equipamentos básicos. Sendo assim, neste material são apresentados aspectos importantes relacionados à segurança em eletricidade com também descreve-se os principais equipamentos utilizados no laboratório de circuitos elétricos e suas respectivas funções. Adicionalmente sugere-se algumas práticas envolvendo teorias importantes na vida de um engenheiro eletricitista.

## Capítulo 2

# SEGURANÇA NO LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

### 2.1 Introdução

Em toda intervenção ou serviço que envolva eletricidade, existem riscos a segurança, e o mesmo é válido quando se trata de laboratórios acadêmicos. Nesses laboratórios podem ocorrer acidentes ao haver contato humano com as partes vivas dos circuitos durante as práticas, tendo como motivo principal a falta de atenção. Devido a esse fato, os laboratórios devem atender as normas de segurança de acordo com a NR10, tanto no que diz respeito ao uso de alguns dispositivos essenciais de segurança, quanto nas instruções dadas aos alunos. As medidas preventivas tem objetivo principal de proteger o usuário, mas além disso, também evitar danos aos equipamentos, aumentando suas vidas úteis e consequentemente evitando gastos desnecessários na compra ou manutenção de equipamentos.

### 2.2 Riscos e possíveis danos

Além da falta de atenção, que é o motivo mais comum para ocorrência de acidentes em laboratórios acadêmicos, existem outras causas, como por exemplo: instruções inadequadas, uso incorreto dos equipamentos, exibicionismo e até mesmo alterações emocionais [2].

Neste laboratório, o principal risco que devemos nos atentar é o de choque elétrico, que pode ser definido como a reação do organismo a passagem de corrente elétrica.

Os choques elétricos causam danos que variam conforme os seguintes fatores:

- Intensidade da corrente elétrica: já que a tensão da fonte de onde se origina o choque elétrico não vai se alterar, quanto maior for a corrente, maior será a potência, que será percebida na forma de energia mecânica (vibrações) ou térmica (queimaduras).

- Tempo de duração do choque: quanto maior for a duração do choque, maiores serão os danos causados.
- Área de contato do choque elétrico: considerando o contato como sendo um resistor em série com o circuito formado através do corpo da pessoa, quanto maior for a área de sua seção reta, menor será a sua resistência, e portanto maior será a corrente percorrida.
- Constituição física do indivíduo: considerando que o caminho percorrido pela corrente dentro do corpo humano também represente uma resistência em série com o circuito formado através do corpo, as características físicas do indivíduo vão influenciar diretamente no valor dessa resistência. Essas características são o comprimento da pessoa que se comportaria como o comprimento do resistor, a massa que tem influência na área de seção reta do suposto resistor e ainda o uso de próteses metálicas ou alterações no fluxo sanguíneo, como taxas de álcool elevadas por exemplo, que se comportariam como a constante de condutividade do resistor.
- Umidade do corpo: a resistência total do corpo humano quando a pele está molhada é aproximadamente 1% do valor de quando a pele está seca [3]. Devido a este fato, é possível observar que o simples fato de a pele estar molhada, pode resultar em um aumento de até 100 vezes no valor da corrente elétrica que percorre o corpo durante o choque, e isso pode ser suficiente para fazer com que um choque que seria inofensivo, passe a ser uma ocorrência fatal. Portanto não se deve ter contato com instalações elétricas em situações onde haja presença de roupa molhada, suor excessivo ou poças d'água.
- Caminho que a corrente percorre ao longo do corpo: o caminho por onde a corrente passa pelo corpo depende de qual parte do corpo fez contato com a parte energizada e qual parte faz contato com a terra. Portanto se um indivíduo toca no circuito energizado com uma das mãos e toca na parede com a outra mão, este será um caminho percorrido pela corrente, mesmo que o indivíduo esteja pisando descalço no chão. O caminho percorrido vai ter influência no valor da corrente, porém, a relevância maior está em relação aos órgãos que serão atingidos pela corrente elétrica. O pior tipo de choque que pode ocorrer é quando a corrente entra por uma mão e sai pela outra, pois assim a corrente percorre diretamente a região do tórax, fazendo com que a probabilidade de afetar o coração e o pulmão seja grande. [4]

A Tabela 2.1 mostra uma estimativa dos efeitos do choque elétrico em função dos níveis de corrente:

Tabela 2.1 – Consequências do choque elétrico para diferentes níveis de corrente [5].

Intensidade da corrente alternada	Perturbações possíveis durante o choque	Estado possível	Salvamento	Resultado Final
<b>1 mA</b>	Nenhuma	Normal	Desnecessário	Normal
<b>1 a 9 mA</b>	Sensação desagradável, podendo haver contrações musculares	Normal	Desnecessário	Normal
<b>9 a 20 mA</b>	Sensação dolorosa, contrações violentas, asfixia, anóxia, anoxemia e perturbações circulatórias	Morte aparente	Respiração artificial	Reestabelecimento
<b>20 a 100 mA</b>	Sensação insuportável, contrações muito violentas, asfixia, anóxia, anoxemia e fibrilação ventricular	Morte aparente	Respiração artificial e possivelmente massagem cardíaca	Muitas vezes não há tempo de salvar e a morte ocorre em poucos minutos
<b>Acima de 100 mA</b>	Asfixia imediata, fibrilação ventricular, alterações musculares e queimaduras	Morte posterior ou imediata	Muito difícil	Morte
<b>Vários Amperes</b>	Asfixia imediata, fibrilação ventricular, alterações musculares e queimaduras graves	Morte posterior ou imediata	Praticamente impossível	Morte

É importante ressaltar que os dados da Tabela 2.1 são aproximados, pois como visto anteriormente, o choque elétrico depende de diversos fatores, como o tempo de duração e caminho percorrido pela corrente, que não são levados em conta na tabela. Sobre os termos anoxemia e anóxia, ambos significam falta de oxigênio, porém o primeiro é relacionado a falta oxigênio no sangue, e o segundo mais específico para falta de oxigênio no cérebro.

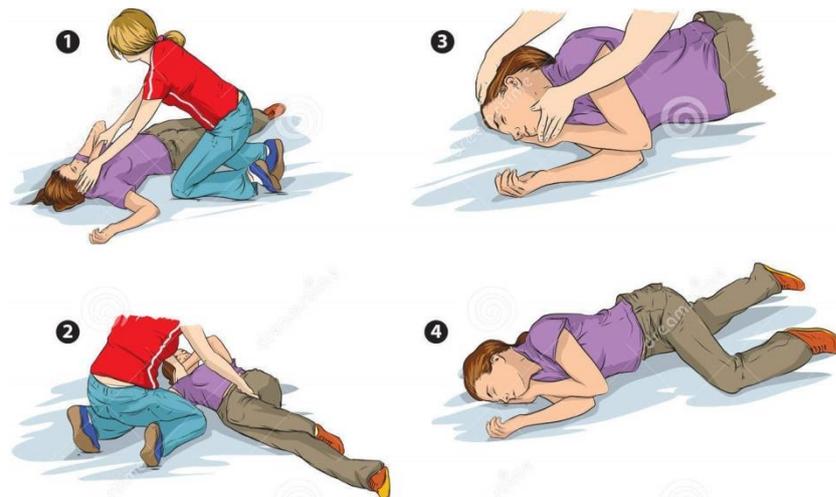
### 2.3 Medidas de primeiros socorros

Na ocorrência de um choque elétrico, os seguintes passos devem ser seguidos:

1. Se a vítima ainda estiver em contato com a região energizada, desligar imediatamente a fonte de energia através de um interruptor ou disjuntor mais próximo, e para o caso de isso não ser possível, tentar afastar a vítima do objeto energizado com o uso de algum material não condutor que esteja seco,

como madeira, plástico, pano grosso, borracha, entre outros. Nunca tente colocar a mão diretamente na vítima durante o choque.

2. Após a interrupção do contato da vítima com a região energizada, acione o serviço especializado através do número 192. O ideal é que se houver mais de uma pessoa no momento da ocorrência do choque, o acionamento do serviço especializado seja feito por uma pessoa enquanto outra realiza a desenergização da vítima. Durante a ligação é importante manter a calma, informar que o acidente se trata de um choque elétrico, e principalmente fornecer a localização.
3. Se a vítima estiver respirando e com pulsação, mas tiver inconsciente coloque a na posição de segurança, conforme mostra a Figura 2.1:



**Figura 2.1 – Instruções sobre posição de segurança [6].**

É essencial que ao término da posição a cabeça esteja levemente inclinada para trás. Esta posição permite que a vítima respire livremente, protege as vias aéreas, promove boa circulação, dá apoio e suporte ao corpo e deixa a vítima numa posição confortável. [7]

4. Caso a vítima não esteja respirando, deve ser aplicado imediatamente o método da respiração artificial que consiste nos seguintes passos [8]:

- a. Certificar-se de que a vítima está deitada e com os braços estendidos.
  - b. Incliná-la a cabeça da vítima levemente para trás através de um apoio com uma das mãos na nuca e a outra na testa da vítima.
  - c. Apertar o nariz com o polegar e o indicador para impedir que o ar soprado saia.
  - d. Encher os pulmões de ar, cobrir a boca da vítima com a sua boca, e soprar até ver o peito se erguer.
  - e. Soltar as narinas e afastar a boca para permitir que o ar saia.
  - f. Repetir esta operação por cerca de 13 a 16 vezes por minuto.
  - g. Aplicar o método até que a vítima respire completamente por si mesma.
  - h. Se após 1 minuto de aplicação do método a vítima não apresentar nenhum sinal de vida, é provável que se trate de uma parada cardíaca.
5. No caso da respiração artificial não estar surtindo efeito, pode-se tratar de parada cardíaca, que pode ser constatada através de duas maneiras: a primeira consiste em pressionar a carótida com a ponta do dedo médio e indicador; e a segunda consiste em levantar a pálpebra de um dos olhos da vítima e observar a pupila, que vai indicar ocorrência de parada cardíaca em caso de continuar dilatada, e indicar ausência de parada cardíaca no caso de contrair. Uma vez que constatou-se a parada cardíaca é necessário aplicar a massagem cardíaca em conjunto com a respiração artificial imediatamente, seguindo os passos a seguir [8]:
- a. Ajoelhar-se ao lado da vítima, e colocar as 2 mãos sobrepostas na metade inferior do osso esterno.

- b. Pressionar com força, de modo que o centro do tórax abaixe cerca de 3 a 4 cm. Somente a palma da mão deve fazer pressão, estando os dedos levemente levantados.
- c. Repetir a operação em ciclos de 30 compressões (sendo 2 por segundo) e 2 respirações artificiais até a chegada de um médico.

É interessante ressaltar que no caso de parada cardíaca ou respiratória, a vítima precisa ser socorrida imediatamente por qualquer pessoa, pois suas chances de sobreviver caem drasticamente com a passagem de poucos minutos, conforme mostra a Tabela 2.2:

**Tabela 2.2 - Chance de reanimação [9].**

Tempo após o choque para iniciar massagem cardíaca e/ou respiração artificial	Chances de reanimação da vítima
1 minuto	95%
2 minutos	90%
3 minutos	75%
4 minutos	50%
5 minutos	25%
6 minutos	1%
8 minutos	0,5%

## 2.4 Procedimentos Gerais de Segurança para o LCE

Visando o funcionamento seguro do LCE os usuários devem observar os seguintes procedimentos:

1. Na ocorrência de dúvidas ou quaisquer problemas, solicite sempre a ajuda dos monitores ou do professor, antes de realizar qualquer ação.
2. Nunca faça qualquer experimento sozinho no laboratório, mesmo que não esteja em horário de aula, sempre se certificar de que há algum monitor ou professor no laboratório [2].
3. Conheça a localização dos acessórios de segurança.
4. Procure conhecer previamente os equipamentos antes de utilizá-los, lendo as instruções ou manuais e também sempre atento as orientações dadas pelo professor.

5. Planeje sua experiência, lendo previamente o roteiro, para conhecer os riscos envolvidos e as precauções específicas do experimento, principalmente no que diz respeito a preservação dos equipamentos [2].
6. Use roupas adequadas como calças compridas e sapatos fechados. Se usar cabelos compridos, conserve-os presos. Se utilizar algum tipo de cordão ou pulseira, os mantenha dentro da roupa, sem permitir que haja possibilidade dos mesmos ficarem pendurados, ou retire-os em último caso.
7. Não é permitido a presença de alimentos ou bebidas nas bancadas.
8. Opere os equipamentos somente em condições em que os fios, tomadas e plugues estejam em perfeitas condições.
9. Nunca altere a fiação enquanto o circuito estiver energizado.
10. Não opere os equipamentos se a superfície da bancada estiver úmida
11. Mantenha o máximo de organização possível durante o experimento, evitando deixar materiais sobre a bancada que não sejam essenciais ao experimento prático como bolsas, carteiras, livros, celular, chaveiros, etc.
12. Ao final de cada experiência, guarde todos os equipamentos utilizados no seu devido lugar de origem.

## Capítulo 3

### PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E SUAS INSTRUÇÕES

Neste capítulo serão apresentados os principais equipamentos utilizados nos experimentos do LCE assim como suas respectivas funções e o modo como devem ser utilizados.

#### 3.1 Multímetro Digital

Os multímetros digitais são capazes de medir grandezas elétricas como: tensão, corrente, resistência, capacitância, etc. O multímetro mais utilizado no LCE é mostrado na Figura 3.1. Este equipamento possui quatro terminais de entrada, sendo dois para medição de corrente (um para cada escala), um para medição de tensão ou resistência e o outro comum a todas as medições definido pela sigla “COM”.

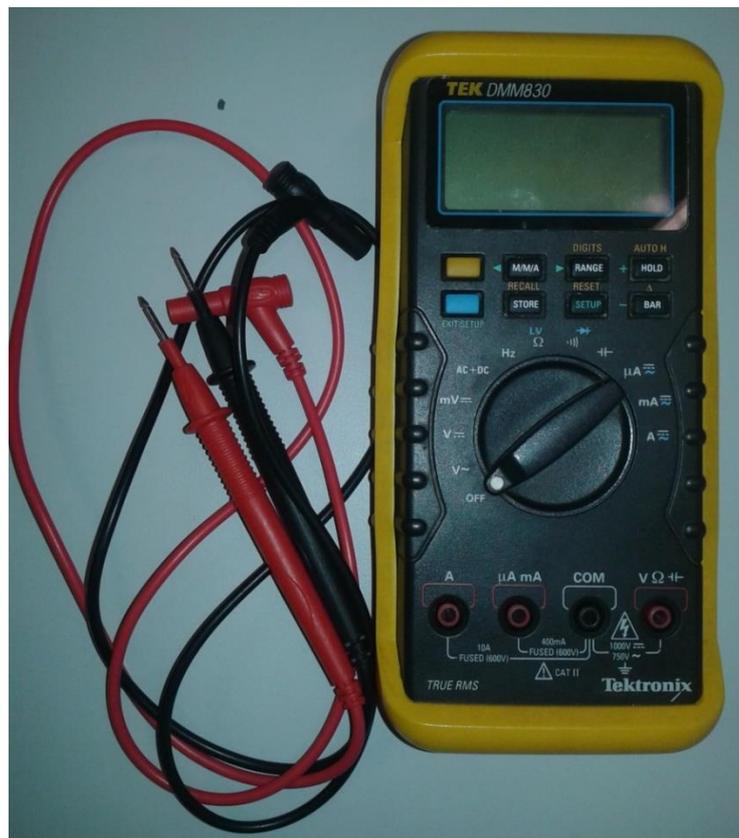


Figura 3.1 – Multímetro Digital

Antes de efetuar a medição, a primeira ação é posicionar a chave de seleção na grandeza a ser medida. Para o caso de medição de corrente, a chave deve ser posicionada na escala mais adequada, e em caso de dúvida, deve-se começar pela maior escala.

Na medição de cada grandeza existe uma especificidade, sendo cada uma delas mostrada abaixo:

- **Medição de tensão:** as pontas de prova devem ser conectadas em paralelo com o circuito, utilizando os terminais COM e V do multímetro, de modo a fazer contato com os dois pontos de potencial de interesse. Além disso, precisa-se selecionar a função de medição de tensão contínua ou tensão alternada e sua respectiva escala. O valor de tensão máximo suportado é igual a 1.000 V em corrente contínua e 750 V RMS em corrente alternada [10].
- **Medição de corrente:** o multímetro deve ser conectado em série com o ramo de interesse no circuito, sendo a entrada pelo terminal COM e a saída por um dos terminais de corrente, que deve ser escolhido de acordo com a escala. Além disso precisa-se selecionar a escala também através da chave de seleção de função. Em quaisquer das funções a leitura é feita inicialmente em corrente contínua, portanto, se a medição for em corrente alternada, basta apertar o botão exit/setup (em azul), que fará aparecer no visor a sigla AC. A corrente máxima suportada é de 10 A utilizando o terminal de maior escala, e é de 400 mA se for utilizado o terminal de menor escala [10].
- **Medição de resistência:** a conexão deve ser feita utilizando os terminais COM e  $\Omega$ , de modo que cada ponta de prova deve fazer contato com uma das extremidades do resistor. Para realizar a medição é obrigatório que o resistor seja desconectado do circuito.
- **Medida de capacitância:** segue os mesmos passos da medida de resistência, porém deve-se ter o cuidado especial de constatar que não tenha energia armazenada no capacitor e se tiver, ele deve ser descarregado por completo para realização da medição.

### 3.2 Fonte de alimentação CC

Esse equipamento tem por função gerar um sinal de tensão contínuo. Existem três conjuntos de terminais como mostrado na Figura 3.2. O par relacionado ao ítem 1 fornece uma saída fixa de tensão no valor de 5 V, tendo um limite de corrente de até 3 A. Os outros 2 conjuntos de terminais, 2 e 3, fornecem uma saída de tensão ajustável entre 0 e 30 V, e correntes que podem atingir valores de 0 a 5 A [11]. Nos conjuntos de terminais 2 e 3, o terminal do meio é para aterramento.

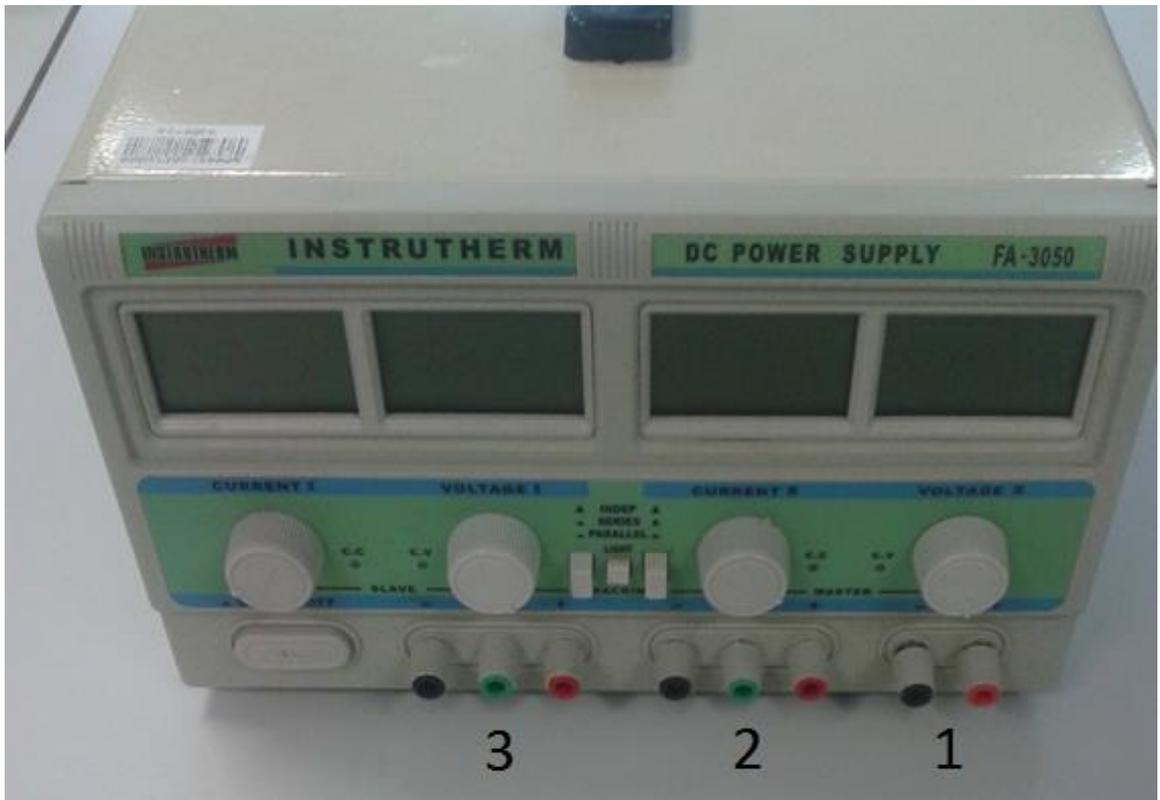


Figura 3.2 - Fonte de alimentação CC

### 3.3 Gerador de função

A Figura 3 mostra o gerador de função que é utilizado no LCE. Neste equipamento pode-se gerar formas de ondas senoidais, quadradas e triangulares, permitindo variar a frequência numa faixa que vai de 0,02 Hz a 2 MHz. Para fazer o ajuste da frequência basta girar o botão número 1 mostrado na Figura 3.3, e em seguida deve ser escolhida a escala através dos botões marcados com o número 2. Para cada escala selecionada, a frequência poderá ser variada numa faixa que vai de 0,1 a 2,0 vezes o valor da escala [12]. Para fazer o ajuste da amplitude, basta girar o botão marcado com o número 3, e ao mesmo tempo fazer a sua medição externamente através de um osciloscópio ou multímetro, já que o *display* do equipamento não fornece informação sobre a amplitude da tensão fornecida.



Figura 3.3 – Gerador de função

### 3.4 Osciloscópio

No LCE utiliza-se um osciloscópio que tem por função principal fazer medições de tensão, mas diferentemente do multímetro, mostra não só os valores de pico ou eficazes da tensão, mas também o gráfico do comportamento da tensão em função do tempo, ou seja, é capaz de mostrar a forma de onda da tensão medida. Além de mostrar a forma de onda, são fornecidas outras informações, como por exemplo a frequência, o período da onda, valor de pico a pico, etc. O equipamento conta com 2 canais de medição, o que permite a medição simultânea de dois sinais, possibilitando observações diversas, incluindo a defasagem entre estes [5].

A forma de conectar ao circuito a ser medido é bem simples, onde cada canal conta com duas pontas de prova, e cada um delas é conectada a uma das extremidades do elemento onde se quer medir a diferença de potencial.

Com relação a operação do equipamento, a Figura 3.4, mostra o painel frontal do osciloscópio utilizado nas práticas do LCE, estando os botões mais importantes numerados. A seguir serão apresentadas as funções de cada um deles:



Figura 3.3 - Osciloscópio.

1 – AUTOSSET – Retorna à configuração padrão do osciloscópio, esta função serve para o caso de serem alteradas algumas configurações e o aluno não conseguir desfazer as alterações feitas, e então ao apertar o botão as configurações são reiniciadas. O botão também serve de *reset* para reorganizar as medidas do osciloscópio em caso de alteração na topologia do circuito durante a medição com o osciloscópio.

2 – Medidas – Este botão faz com que as medidas apareçam do lado direito da tela, sendo mostradas 5 medidas por vez, que podem ser selecionadas a critério de cada um e de acordo com os objetivos de cada experimento. Qualquer uma das 5 medidas mostradas pode ser trocada, clicando no botão ao lado da respectiva medida (3,4,5,6 ou 7), e a partir de então pode se mudar a origem ( canal 1 - CH1 ou canal 2 - CH2 ) e o tipo da medida ( frequência, período, valor médio, pico a pico, rms, valor mínimo, valor máximo, tempo de subida, tempo de descida) e a seguir, basta pressionar o botão referente à opção voltar, que fica na parte de baixo da tela, para retornar a visualizar as 5 medidas.

3, 4, 5, 6 e 7 – Cada um desses botões é referente ao que aparece escrito, na tela, ao lado esquerdo do respectivo botão. Acionando um destes botões é possível alterar opções referentes ao comando escrito, um exemplo disso é a utilização destes botões como foi explicado no item referente ao botão 2.

8 e 9 – Position vertical – Este botão giratório é utilizado para ajustar as curvas na origem do eixo na tela( botão 8 para o canal 1 e botão 9 para o canal 2) para que possam ser sobrepostas e comparadas.

10 e 11 - Volts/div vertical – Este botão giratório varia a escala no eixo vertical, ou seja, altera a quantidade de volts que cada divisão da tela representa em cada um dos canais (botão 10 para o canal 1 e botão 11 para o canal 2), e abaixo do gráfico podemos ver o valor desta escala escrito na seguinte forma “CH1 10.0V” e “CH2 5.0V”, por exemplo.

12 – Sec/div – Este botão giratório varia a escala no eixo horizontal, ou seja, altera a quantidade de segundos que cada divisão da tela representa, e abaixo do gráfico conseguimos ver a escala de tempo representada da seguinte forma “M 10.0 ms”, por exemplo.

13 – Cursores – Este botão dá acesso a medições em pedaços específicos da onda, seja medições de tempo no eixo x ou medições de tensão no eixo y. Depois dele ser pressionado, aparecem opções através dos botões laterais da tela, uma delas é selecionar o tipo da medição se é de tempo ou de amplitude da tensão, outra é com relação a origem (canal 1 ou canal 2), e a medida de variação entre os dois cursores (para mover o cursor utilizamos outro botão, citado a seguir) aparece abaixo da seleção da origem acompanhada por  $\Delta t$  ou  $\Delta V$ .

14 – Desloca o cursor, para complementar a função do botão 13.

15 e 16 – CH 1 MENU e CH2 MENU – Altera configurações do canal 1 e do 2, onde as funções mais importantes são escolher o acoplamento que tem como opção CC ou CA, devendo ser colocado de acordo com a tensão de alimentação do circuito, e selecionar a especificação da sonda que deve ter o mesmo valor na tela (1x ou 10x) e no botão da ponta de prova (1x ou 10x).

17 – Entrada USB – Para possibilitar que imagens de formas de onda por exemplo sejam salvas em um *pen drive*.

18 – PRINT – Quando o *pen drive* está conectado, ao pressionar este botão, a imagem da tela é salva instantaneamente em formato JPEG.

### 3.5 Outros equipamentos

Além dos equipamentos citados anteriormente, existem outros componentes mais simples, porém de extrema importância no laboratório, sendo eles:

- **Alicate amperímetro:** na Figura 3.5 apresenta-se o alicate amperímetro utilizado no LCE, e apesar de ter outras funções, sua utilização se dará apenas para medição de corrente através de sua garra laranja. O equipamento possibilita uma medição de corrente de forma mais simplificada, uma vez que não temos que conectar o equipamento em série com o circuito, tendo apenas que enlaçar o fio por onde flui a corrente a ser medida, de modo que o equipamento irá medir o fluxo magnético gerado pela corrente, e dessa forma

estimar a corrente percorrida. Para enlaçar o fio, precisamos apenas pressionar o gatilho do equipamento.



Figura 3.4 - Alicate amperímetro

- **Reostato:** este equipamento é um resistor variável, e possui 4 entradas como mostrado na Figura 3.6. Se a conexão for feita entre os terminais 1 e 2, o reostato funciona com sua resistência máxima e se a conexão for feita entre os terminais 3 e 4, é possível variar a resistência através de uma parte móvel que desliza de uma borda a outra.



Figura 3.5 - Reostato

- **Década de resistência:** este equipamento possui três terminais, como mostrado na Figura 3.7, sendo um deles para aterramento e os outros dois para fazer a conexão com o circuito. Através de várias pequenas chaves, podemos variar a resistência vista por esses dois terminais entre valores que vão de  $1\Omega$  até  $10M\Omega$ . Ainda que a variação ocorra de forma discreta, o equipamento apresenta inúmeras possibilidades de combinações das chaves, o que permite ajustar diversos valores de resistência.



Figura 3.6 - Década de resistência

- **Década capacitiva:** este equipamento possui três terminais, como mostrado na Figura 3.8, sendo um deles para aterramento e os outros dois para fazer a conexão com o circuito. Seu funcionamento é similar ao da década de resistência, tendo varias pequenas chaves, onde através de suas combinações conseguimos variar o valor da capacitância vista pelos dois terminais de  $100\text{ pF}$  até  $10\mu\text{F}$ .



Figura 3.7 - Década capacitiva

- **Capacitor fixo:** este equipamento é mostrado na figura 3.9, e se trata apenas de um capacitor simples com capacitância de 10 mF.



Figura 3.8 - Capacitor fixo

- **Indutor variável:** este equipamento possui três terminais, como mostrado na Figura 3.10, sendo um deles para aterramento e os outros dois para fazer a conexão com o circuito. Ele possui um botão giratório que permite alteração na indutância em intervalos de 100 mH, podendo variar desde 100 mH até 1.1 H.



Figura 3.9 - Indutor variável

- **Chave:** este equipamento possui seis terminais, sendo mostrado na Figura 3.11. Sua função é permitir manobras na topologia do circuito enquanto energizado, sem a necessidade de desconectar e reconectar fios.



Figura 3.10 - Chave

## Capítulo 4

### PRÁTICAS SUGERIDAS

Neste capítulo são sugeridas algumas práticas que abordam teorias importantes para vida profissional de engenheiros eletricitas. Todos os procedimentos de cada uma delas foram verificados tanto do ponto de vista teórico quanto experimental. Na elaboração dos roteiros das práticas sugeridas procurou-se utilizar a mesma estrutura adotada na atual apostila do Laboratório de Circuitos Elétricos. A seguir apresenta-se o roteiro das práticas sugeridas.

#### 4.1 Ressonância Série/Paralelo

##### 4.1.1 Objetivos

Estudar a característica de circuito aberto da ressonância paralela e a característica de curto circuito da ressonância série.

##### 4.1.2 Fundamentos Teóricos

O efeito de ressonância em circuitos elétricos acontece devido a interação da frequência com os elementos reativos do circuito.

Para ocorrer ressonância, a potência reativa consumida pelo indutor deve ser igual a potência reativa fornecida pelo capacitor, de modo que ambos fiquem trocando energia o tempo todo e com isso o circuito passa a não ter necessidade de injetar potência nesses elementos. A condição para a ressonância ocorrer é de que os módulos de  $X_C$  e  $X_L$  devem ser iguais, de modo que cada para cada combinação de valor de capacitância e indutância, haverá um valor de frequência que atenderá esta condição de igualdade. As equações abaixo mostram a relação das reatâncias com a frequência e demonstram como encontrar a frequência de ressonância no caso de circuitos RLC em série ou paralelo.

$$|X_C| = |X_L| \rightarrow \frac{1}{\omega C} = \omega L \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Quando o conjunto ressonante está em série, a fonte do circuito enxerga o equivalente de impedância como sendo um curto, por ter sua impedância igual a zero, como mostra a equação abaixo:

$$|X_C| = |X_L|$$

$$X_C + X_L = -jX + jX = 0$$

Quando o conjunto ressonante está em paralelo, a fonte do circuito enxerga o equivalente de impedância como sendo circuito aberto, devido a impedância tende a um valor

infinito. Para fazer a demonstração, será usado o conceito de admitância e portanto, para ser compatível com circuito aberto a admitância deve ser igual a zero, como mostra as equações abaixo:

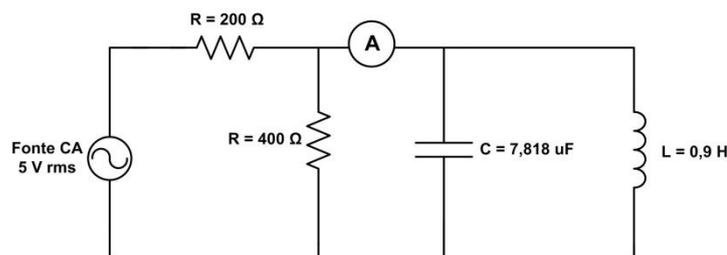
$$|B_C| = |B_L|$$

$$B_C + B_L = jB - jB = 0$$

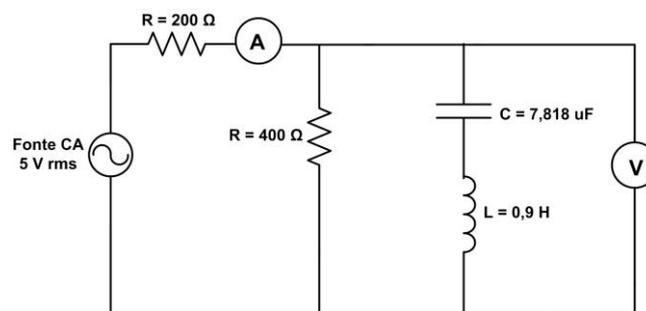
Esses cálculos são válidos na teoria, devido ao fato de que entre o indutor e o capacitor é considerado um caminho com resistência igual a 0. A prática ainda tem intuito de mostrar que a fonte funcionando na frequência de ressonância pode apresentar consequências indesejadas. Um exemplo disso seria a circulação de corrente superior ao valor suportado por algum dos elementos do circuito.

### 4.1.3 Trabalho preparatório

Os circuitos mostrados na Figura P1.1 e Figura P1.2 serão estudados nesta prática:



**Figura P1.1 – Ressonância Paralelo**



**Figura P1.2 – Ressonância Série**

1. Calcule o valor da frequência de ressonância para ambos os circuitos.
2. Calcule a corrente que flui pelo amperímetro na Figura P1.2 quando a fonte está na frequência de ressonância.

#### 4.1.4 Execução

1. Monte o circuito da Figura P1.1 e anote a corrente medida no amperímetro para cada valor de frequência da Tabela P1.1:

**Tabela P1.1**

Frequência (Hz)	Corrente (mA)
10	
20	
30	
35	
40	
45	
50	
52	
54	
56	
58	
60	
62	
64	
66	
68	
70	
75	
80	
85	
90	
100	
110	

2. Monte o circuito da Figura P1.2, anote a tensão medida no voltímetro, e a corrente medida pelo amperímetro para cada valor de frequência da Tabela P1.2:

**Tabela P1.2**

Frequência (Hz)	Tensão (V)	Corrente (mA)
10		
20		
30		
35		
40		
45		
50		
52		
54		
56		
58		
60		
62		
64		
66		
68		
70		
75		
80		
85		
90		
100		
110		

#### 4.1.5 Discussão

1. As frequências de ressonância encontradas através das medições dos circuitos 1 e 2 foram iguais às encontradas pelo cálculo do trabalho preparatório ? Apresente hipóteses para o caso de haver diferença.
2. Durante o experimento do circuito 1, a corrente medida pelo amperímetro na frequência de ressonância foi igual ao valor esperado pela teoria? Apresente hipóteses para o caso de haver diferença.
3. Durante o experimento do circuito 2, a tensão medida pelo voltímetro na frequência de ressonância foi igual ao valor esperado pela teoria? Apresente hipóteses para o caso de haver diferença.
4. Supondo que o valor máximo de corrente suportado pelo resistor de  $200\ \Omega$  fosse igual a 20 mA, haveria algum dano a ele no circuito da Figura P1.2 quando a fonte estiver na frequência de ressonância?

#### 4.1.6 Material Utilizado

- 1 Gerador de função
- 2 multímetros
- 2 décadas resistivas
- 1 década capacitiva
- 1 indutor variável

#### 4.1.7 Gabarito da Prática

##### Sobre o preparatório:

1. Frequência de ressonância igual a 60 Hz.
2. Corrente é igual a 25 mA.

##### Sobre a execução:

**Tabela P1.3 – Medição do circuito 1**

Frequência ( Hz)	Corrente (mA)
10	16,9
20	14,3
30	10,7
35	8,8
40	6,6
45	4,8
50	2,9
52	2,2
54	1,6
56	1,0
58	0,7
60	0,8
62	1,2
64	1,8
66	2,3
68	2,8
70	3,3
75	4,6
80	5,8
85	6,9
90	7,9
100	9,7
110	11,2

**Tabela P1.4 – Medição do circuito 2**

Frequência ( Hz)	Tensão (V)	Corrente (A)
10	3,39	9,3
20	3,35	9,6
30	3,24	10,4
35	3,00	11,5
40	2,79	13,1
45	2,59	16,8
50	1,85	19,4
52	1,53	20,2
54	1,19	20,8
56	0,79	21,4
58	0,59	21,5
60	0,73	21,4
62	0,99	21,1
64	1,33	20,5
66	1,64	19,9
68	1,92	19,2
70	2,05	18,1
75	2,47	16,5
80	2,71	14,9
85	2,79	13,5
90	2,92	12,6
100	3,08	11,5
110	3,17	10,8

**Sobre a discussão:**

1. As frequências não foram as mesmas, sendo 60 Hz o valor calculado, e 58 Hz o valor encontrado pela medição. Uma das hipóteses é o fato de que as indutâncias e capacitâncias podem não ter o valor exato por imprecisão dos componentes. A principal hipótese é o fato de haver resistências entre o indutor e capacitor, tanto pelos fios, quanto pela resistência associada ao indutor, o que faz com que a fórmula teórica utilizada perca a exatidão, já que é baseada em uma situação ideal onde não há resistência entre os elementos reativos.
2. Não foi igual, pois na teoria, o capacitor e o indutor se carregam rapidamente no início do funcionamento do circuito e durante todo o tempo, ficam apenas trocando a energia de um para o outro, de modo que a fonte não precisa repor essa energia em nenhum momento, o que faz com que não flua corrente no amperímetro para abastecer estes elementos. Na prática, o conjunto formado por capacitor, indutor e fios possui resistência, o que faz com que, mesmo na frequência de ressonância onde deveria haver uma troca ideal de energia entre o capacitor e o indutor, haja perdas por efeito joule devido a essas resistências no meio do caminho entre eles, e por conta disso a energia necessária para eles se carregarem precisa ser repostada pela fonte, o que faz com que flua uma corrente pelo amperímetro pequena o suficiente para fazer essa reposição.
3. Não foi igual, basicamente pelo mesmo motivo citado no item anterior, relacionado às resistências desconsideradas pela teoria. Neste caso a diferença pode ser enxergada tanto pelo ponto de vista de reposição de energia devido a dissipação de energia durante a troca do

indutor para o capacitor e vice-versa, quanto pelo ponto de vista de que o conjunto não se comporta como curto-circuito perfeito devido aos valores de resistência associados em série.

4. Sim, mesmo o conjunto ressonante não tendo se tornado um curto “perfeito”, diminui sua impedância o suficiente pra causar um aumento de corrente que causa dano no resistor de  $200\ \Omega$ . A corrente que flui é igual 21,5 mA e a máxima suportada é de 20 mA.

## 4.2 Filtros passa-altas e passa-baixas

### 4.2.1 Objetivos

Comprovar a eliminação de componentes de frequência acima ou abaixo de um valor e demonstrar que o que define o filtro como passa-baixas ou passa-altas não é o circuito, e sim a saída adotada.

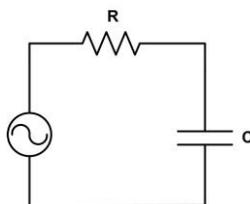
### 4.2.2 Fundamentos Teóricos

Nesta prática estudaremos os filtros passa-altas e passa-baixas, que são circuitos destinados a eliminar componentes de frequência indesejadas abaixo ou acima de um valor determinado. Este tipo de circuito pode ter como entrada um sinal que contém uma ampla faixa de frequências, e como saída um sinal que contém apenas componentes de frequência acima ou abaixo de um valor especificado no projeto do filtro.

Os filtros podem ser classificados como passivos e ativos:

- Passivos: são os filtros estudados nesta prática, sendo compostos apenas por resistores, indutores e capacitores. Neste tipo, o sinal não sofre ampliações.
- Ativos: não serão estudados nesta prática, pois utilizam componentes não lineares, como amplificadores operacionais e transistores, que não estão presentes nos escopos das disciplinas teóricas de Circuitos Lineares I e II. Este tipo de filtro permite que a saída receba o sinal de entrada amplificado. [14]

Para exemplificar o funcionamento de um filtro passa-baixas, de uma maneira superficial, podemos fazer uma breve análise sobre o circuito RC mostrado na Figura P2.1, onde a entrada considerada é a tensão na fonte e a saída é a tensão no capacitor.

**Figura P2.1**

Como já foi visto na teoria de Circuitos Elétricos, os capacitores quando estão descarregados se comportam como um curto circuito, ou seja, não tendo tensão em seus terminais. Fazendo uma análise rápida e simples podemos notar dois comportamentos completamente opostos:

1. Quando a frequência é igual a um valor baixo o suficiente que faça com que a constante de tempo seja desprezível comparada ao período da onda, ou seja, o capacitor se carrega no início de cada um dos dois semiciclos, estando carregado praticamente por todo o período da onda. Com isso, podemos aproximar que a tensão eficaz no capacitor é igual a tensão eficaz na fonte.
2. Quando a frequência é igual a um valor alto o suficiente de modo que o período da onda seja desprezível comparado a constante de tempo, ou seja, em cada semiciclo a corrente se alterna muito antes que o capacitor armazene alguma carga significativa, fazendo com que praticamente em todo o intervalo de tempo do período da onda o capacitor esteja sem carga. Com isso, podemos aproximar que a tensão eficaz no capacitor é igual a zero.

Com essa análise feita em 1 e 2, podemos entender de uma forma simples que se considerarmos a entrada como sendo a tensão na fonte e a saída como sendo a tensão no capacitor, teremos um filtro com característica de passa-baixas, ou seja, para componentes de baixa frequência, o circuito “passa” seu valor de amplitude para a saída e para componentes de alta frequência a saída não consegue receber a amplitude do sinal vindo da entrada. Portanto se um sinal for composto por componentes de diversas frequências, incluindo baixas, médias e altas frequências, a saída terá amplitudes significativas apenas para as componentes de frequências mais baixas.

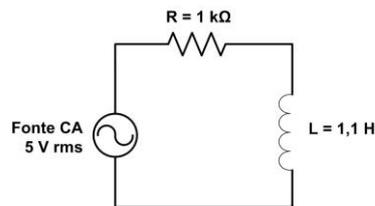
Outro conceito importante a ser definido é a frequência de corte, que significa o valor de frequência a partir do qual a saída recebe apenas 70,71% da amplitude da entrada. Portanto, para calcular a frequência de corte, basta encontrar o valor de frequência que faça o módulo da função de transferência ser igual a 0,7071 [14].

$$|H(s)| = \frac{|Y(s)|}{|X(s)|} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7071$$

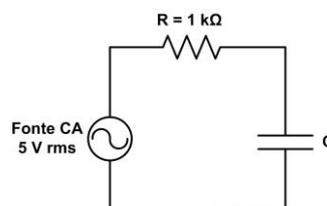
Um exemplo de aplicação para esse tipo de filtro é em retificadores.

### 4.2.3 Trabalho Preparatório

Os circuitos abaixo serão montados na prática:



**Figura P2.2**



**Figura P2.3**

1. Utilizando o circuito da Figura P2.2, definir qual saída de tensão resulta num filtro passa-baixas, e em seguida calcular sua frequência de corte.
2. Utilizando o circuito da Figura P2.2, definir qual saída de tensão resulta num filtro passa-alta, e em seguida calcular sua frequência de corte.

3. Utilizando o circuito da Figura P2.3, projetar o circuito para ser um passa-baixas com frequência de corte igual a 180 Hz. Para isso definir qual será a saída de tensão, e qual o valor da capacitância C.
4. Utilizando o circuito da Figura P2.3, projetar o circuito para ser um passa-altas com frequência de corte igual a 180 Hz. Para isso definir qual será a saída de tensão, e qual o valor da capacitância C.

#### 4.2.4 Execução

1. Monte o circuito da Figura P2.2, e faça as medições necessárias para preencher a Tabela P2.1.

**Tabela P2.1**

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no indutor (V)	$ H(s) $ do passa-altas	$ H(s) $ do passa-baixas
10	5				
30	5				
70	5				
95	5				
120	5				
135	5				
	5	3,5355	3,5355	0,7071	0,7071
155	5				
180	5				
250	5				
400	5				
700	5				
1100	5				

2. Monte o circuito da Figura P2.3, utilizando o valor de capacitância calculado no preparatório, e meça a tensão no capacitor e no indutor para cada valor de frequência da Tabela P2.2.

Tabela P2.2

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no capacitor (V)	H(s)  do passa-altas	H(s)  do passa-baixas
10	5				
30	5				
70	5				
120	5				
135	5				
160	5				
	5	3,5355	3,5355	0.7071	0,7071
200	5				
250	5				
400	5				
650	5				
900	5				
1200	5				

#### 4.2.5 Discussão

1. Através dos valores de tensão preenchidos na Tabela P2.1 do circuito indutivo, esboce o gráfico da resposta em frequência do filtro passa-baixas e do passa-altas.
2. Através dos valores de tensão preenchidos na Tabela P2.2 do circuito capacitivo, esboce o gráfico da resposta em frequência do filtro passa-baixas e do passa-altas.
3. As frequências de corte medidas foram iguais aos valores teóricos? Em caso de diferença, justifique.

#### 4.2.6 Material Utilizado

- 1 gerador de função
- 1 osciloscópio
- 1 década resistiva
- 1 década indutiva
- 1 década capacitiva

#### 4.2.7 Gabarito da Prática

##### Sobre o preparatório:

1. A saída deve ser no resistor, e a frequência de corte calculada é 144,68 Hz.
2. A saída deve ser no indutor, e a frequência de corte calculada é 144,68 Hz.
3. A saída deve ser no capacitor, e a capacitância deve ser de 0,884  $\mu\text{F}$ .
4. A saída deve ser no resistor, e a capacitância deve ser de 0,884  $\mu\text{F}$ .

**Sobre a execução:****Tabela P2.3 – Medição do circuito 1**

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no indutor (V)	H(s)  do passa-altas	H(s)  do passa-baixas
10	5	4,77	0,39	0,078	0,954
30	5	4,69	1,03	0,206	0,938
70	5	4,38	2,12	0,424	0,876
95	5	4,11	2,68	0,536	0,822
120	5	3,79	3,15	0,63	0,758
135	5	3,63	3,37	0,674	0,726
144	5	3,5355	3,5355	0,7071	0,7071
155	5	3,38	3,59	0,718	0,676
180	5	3,16	3,81	0,762	0,632
250	5	2,56	4,23	0,846	0,512
400	5	1,83	4,66	0,932	0,366
700	5	1,16	4,88	0,976	0,232
1100	5	0,85	4,97	0,994	0,17

**Tabela P2.4 – Medição do circuito 2**

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no capacitor (V)	H(s)  do passa-altas	H(s)  do passa-baixas
10	5	0,33	4,99	0,066	0,998
30	5	0,88	4,97	0,176	0,994
70	5	1,87	4,77	0,374	0,954
120	5	2,83	4,21	0,566	0,842
135	5	3,05	4,03	0,61	0,806
160	5	3,36	3,78	0,672	0,756
180	5	3,5355	3,5355	0,7071	0,7071
200	5	3,73	3,34	0,746	0,668
250	5	4,01	2,96	0,802	0,592
400	5	4,46	2,11	0,892	0,422
650	5	4,69	1,43	0,938	0,286
900	5	4,78	1,11	0,956	0,222
1200	5	4,83	0,92	0,966	0,184

### Sobre a discussão:

#### 1. Gráficos:

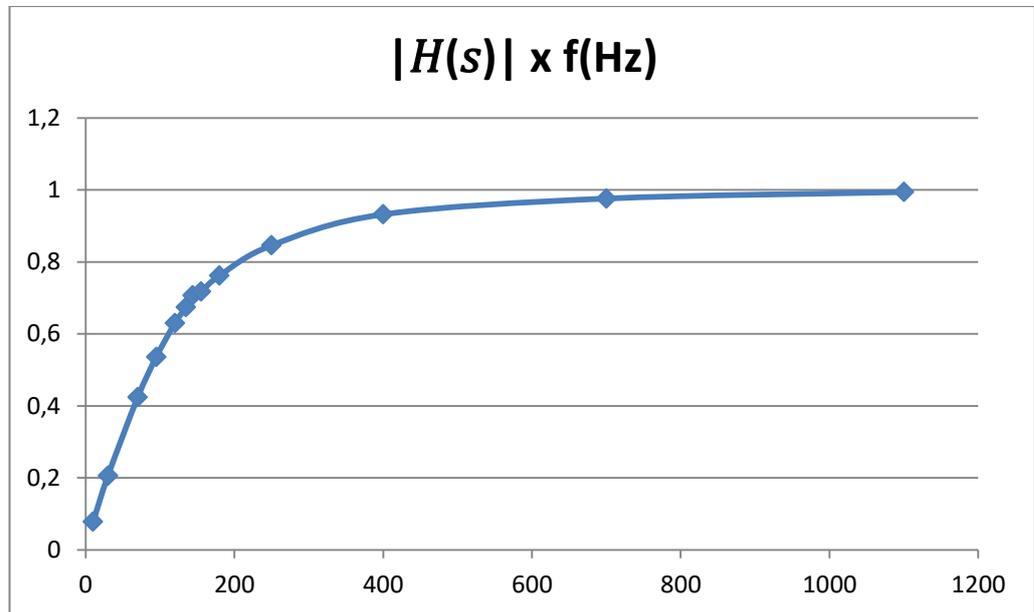


Figura P2.4 – Resposta em frequência do circuito 1 como passa-altas

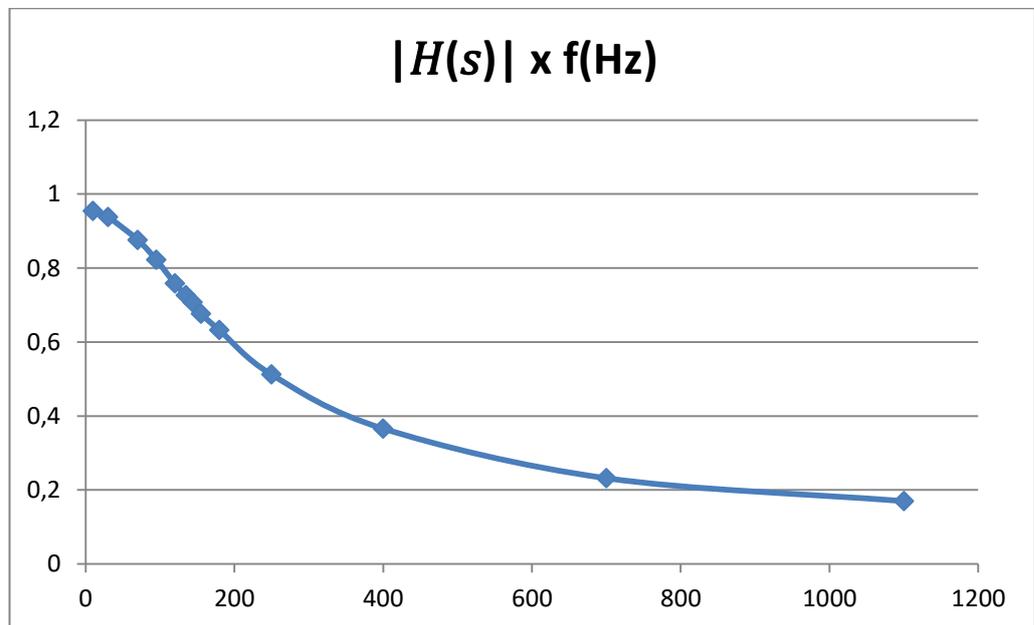


Figura P2.5 - Resposta em frequência do circuito 1 como passa-baixas

2. Gráficos:

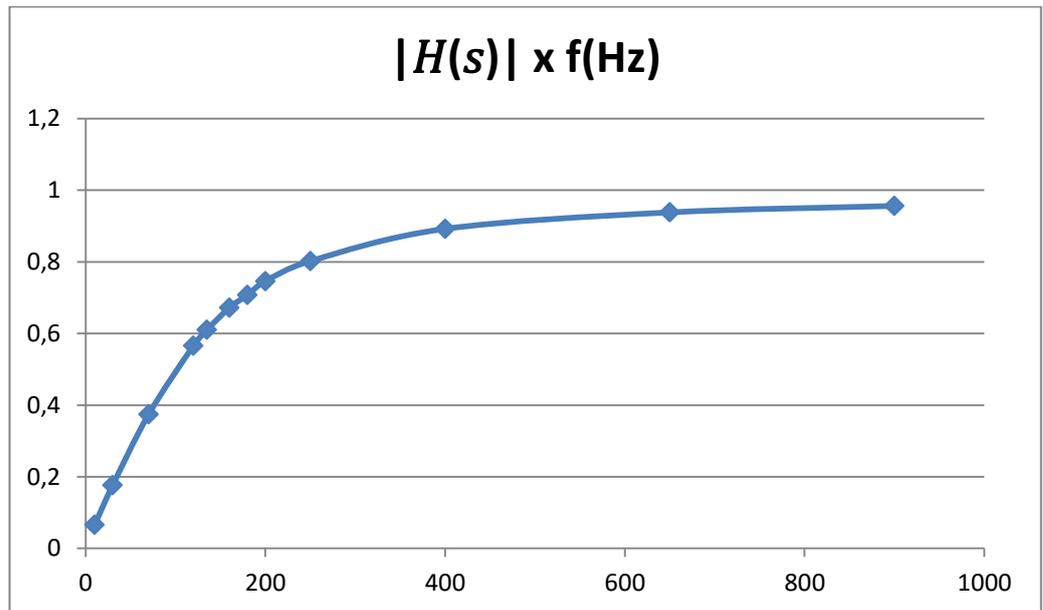


Figura P2.6 - Resposta em frequência do circuito 2 como passa-altas

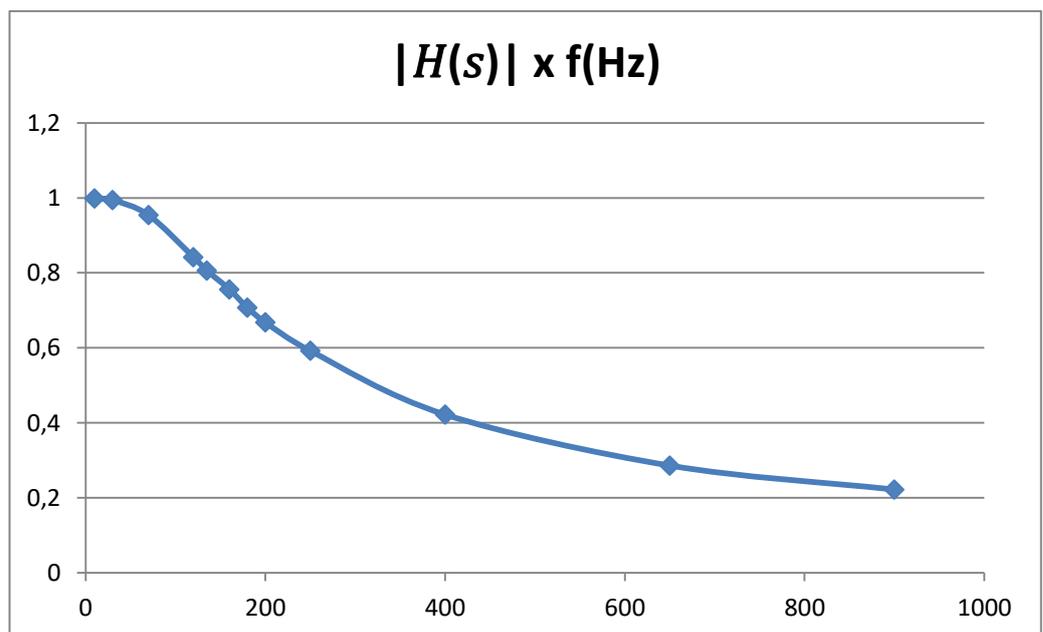


Figura P2.7 - Resposta em frequência circuito 2 como passa-baixas

3. As frequências medidas na prática foram iguais aos valores teóricos.

## 4.3 Filtros passa-faixa e rejeita-faixa

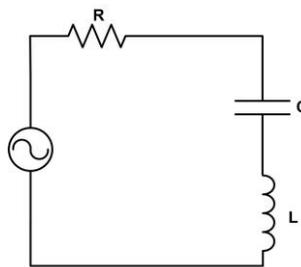
### 4.3.1 Objetivos

Comprovar os efeitos de eliminação ou passagem de determinada faixa de componentes de frequência e demonstrar que num mesmo circuito conseguimos ter um filtro passa-faixa ou rejeita-faixa, simplesmente pela adoção da saída adequada.

### 4.3.2 Fundamentos Teóricos

Nesta prática, estudaremos os circuitos passa-faixa, e rejeita-faixa. São circuitos de 2ª ordem por terem no mínimo dois elementos reativos, no caso, um indutor e um capacitor. O efeito obtido com o rejeita-faixa é a eliminação de componentes de frequência dentro de uma determinada faixa, fazendo com que chegue a saída apenas as componentes de frequência fora desta faixa. O efeito obtido com o passa-faixa é o inverso do rejeita faixa, ou seja, permite que apenas componentes de frequência dentro de uma faixa cheguem a saída, fazendo com que todas as outras componentes fora desta faixa sejam eliminadas.

Uma exemplificação do comportamento desse tipo de circuito, pode ser feita através da análise superficial do circuito RLC série mostrado na Figura P3.1.



**Figura P3.1**

Como foi estudado na prática de Ressonância, sabe-se que um indutor em série com um capacitor, quando está em ressonância se comporta como curto circuito, portanto, considerando que a entrada é a tensão na fonte, e a saída é a tensão no conjunto série capacitor/indutor, pode-se perceber 3 comportamentos básicos:

1. Quando a frequência é baixa o suficiente de modo que o indutor e capacitor se carreguem num tempo muito inferior ao período da onda. Como o capacitor

carregado se comporta como um circuito aberto, podemos aproximar a tensão eficaz do conjunto capacitor/indutor como sendo igual a tensão na fonte.

2. Quando a frequência atinge o valor de ressonância, o conjunto se comporta como um curto-circuito, portanto a tensão eficaz no conjunto pode ser aproximada por zero.
3. Quando a frequência é alta o suficiente de modo que o período da onda é muito inferior ao tempo que o capacitor e o indutor levam para se carregar. Como o indutor descarregado se comporta como um circuito aberto, podemos aproximar a tensão eficaz do conjunto capacitor/indutor como sendo igual a tensão da fonte.

Através dessa análise simples, pode-se ter a compreensão de que este circuito se comportará como rejeita-faixa, ou seja, as componentes que possuem frequência de ressonância resultam em saída de tensão igual a zero, e as componentes com valores de frequência que atingem os extremos (muito alta ou muito baixa) resultam em saída com o valor de tensão da fonte, portanto, pode-se concluir que nesse caso quanto mais próximo da frequência de ressonância, menor será a amplitude do sinal obtido na saída do circuito.

Portanto para dimensionar a faixa de frequência que será passada ou rejeitada, basta calcular a frequência de ressonância, que será a frequência principal, onde o módulo da função de transferência será 1 para o passa-faixa, e 0 para o rejeita faixa. Para concluir o dimensionamento do filtro, teremos dois valores de frequência de corte, um maior do que a ressonância e outro menor, onde o módulo da função de transferência vale 0,7071 como estudado na prática anterior.

A forma de calcular a frequência de ressonância utiliza a mesma fórmula apresentada na prática de ressonância, e para calcular as frequência de corte utilizamos a mesma fórmula usada na prática anterior de filtros, porém neste caso, os cálculos ficarão mais trabalhosos, devido ao fato de se tratar de um circuito de 2ª ordem, o que resulta inclusive numa equação de segundo grau, como era de esperar, já que deverão ser encontrados dois valores de

frequência de corte. Abaixo estão as equações para encontrar a frequência de ressonância e as frequências de corte:

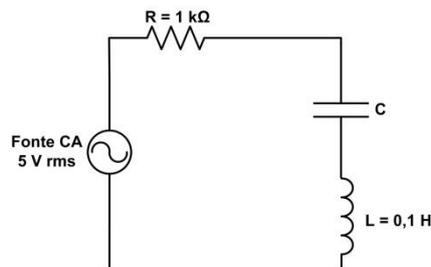
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$|H(s)| = \frac{|Y(s)|}{|X(s)|} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7071$$

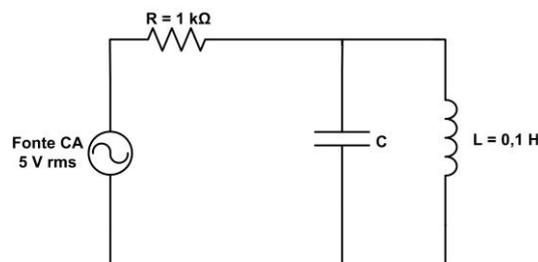
Um exemplo de aplicação desses filtros pode ser encontrado em rádios, onde a antena do rádio capta um sinal com várias componentes de frequência que estão presentes num determinado local, naquele instante, e cada uma dessas componentes carrega uma informação ou ruído. Portanto, o rádio deve ter internamente um circuito que seja capaz de permitir a passagem apenas da componente de frequência da estação que queremos ouvir, para que o sistema não se confunda ao executar várias informações ao mesmo tempo. [14]

### 4.3.3 Trabalho preparatório

Os circuitos abaixo serão montados na prática:



**Figura P3.2**



**Figura P3.3**

1. Calcular o valor da capacitância  $C$  para que ambos os circuitos sejam capazes de funcionar como filtros em que a resposta em frequência máxima ocorre em 1200 Hz .
2. Identificar no circuito da Figura P3.2, qual deve ser considerada a saída de tensão em caso de filtro passa-faixa e em caso de filtro rejeita faixa.
3. Identificar no circuito da Figura P3.3, qual deve ser considerada a saída de tensão em caso de filtro passa-faixa e em caso de filtro passa-baixas.

#### 4.3.4 Execução

1. Monte o circuito da Figura P3.2, e faça as medições necessárias para preencher a Tabela P3.1.

**Tabela P3.1**

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no conjunto capacitor/indutor (V)	$ H(s) $ do passa-faixa	$ H(s) $ do rejeita-faixa
10	5				
90	5				
200	5				
350	5				
620	5				
900	5				
1100	5				
1175	5				
1200	5				
1225	5				
1500	5				
1800	5				
2300	5				
3000	5				
4000	5				
6000	5				
9000	5				

2. Monte o circuito da Figura P3.3, e faça as medições necessárias para preencher a Tabela P3.2.

Tabela P3.2

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no conjunto capacitor/indutor (V)	$ H(s) $ do passa-faixa	$ H(s) $ do rejeita-faixa
100	5				
200	5				
450	5				
650	5				
820	5				
950	5				
1050	5				
1125	5				
1200	5				
1275	5				
1400	5				
1600	5				
1725	5				
1600	5				
1900	5				
2200	5				
5000	5				

### 4.3.5 Discussão

1. Identifique as frequências de corte para o passa-faixa e o rejeita faixa do circuito da Figura P3.2, através das medições realizadas. Justifique caso o passa-faixa tenha resultados diferentes do rejeita-faixa.
2. Identifique as frequências de corte para o passa-faixa e o rejeita faixa do circuito da Figura P3.3, através das medições realizadas. Justifique caso o passa-faixa tenha resultados diferentes do rejeita-faixa.
3. Esboce os gráficos da resposta em frequência para o circuito da Figura P3.2 funcionando como passa-faixa e como rejeita-faixa.
4. Esboce os gráficos do módulo da resposta em frequência para o circuito da Figura P3.3 funcionando como passa-faixa e como rejeita-faixa.
5. Compare os resultados obtidos com os dois circuitos.

### 4.3.6 Material Utilizado

- 1 osciloscópio
- 1 gerador de função
- 1 década resistiva
- 1 década capacitiva
- 1 indutor variável

### 4.3.7 Gabarito da Prática

#### Sobre o preparatório:

1. O valor da capacitância é de 0,1759  $\mu\text{F}$ .
2. Para o circuito série, a saída de tensão em cima do conjunto indutor/capacitor resulta num filtro rejeita-faixa, e a saída de tensão em cima do resistor resulta num filtro passa-faixa.
3. Para o circuito paralelo, a saída de tensão em cima do conjunto indutor/capacitor resulta num filtro passa-faixa, e a saída de tensão em cima do resistor resulta num filtro rejeita-faixa.

#### Sobre a execução:

- 1.

**Tabela P3.3 – Medição do circuito da Figura P3.2**

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no conjunto capacitor/indutor (V)	$ H(s) $ do passa-faixa	$ H(s) $ do rejeita-faixa
10	5	0,14	4,98	0,028	0,996
90	5	0,55	4,96	0,11	0,992
200	5	1,03	4,91	0,206	0,982
350	5	1,89	4,79	0,378	0,958
660	5	3,53	3,53	0,706	0,706
900	5	4,63	1,98	0,926	0,396
1100	5	4,71	0,76	0,942	0,152
1175	5	4,90	0,45	0,98	0,09
1200	5	4,94	0,42	0,988	0,084
1225	5	4,83	0,51	0,966	0,102
1500	5	4,51	1,67	0,902	0,334
1800	5	4,18	2,65	0,836	0,53
2200	5	3,53	3,53	0,706	0,706
3000	5	2,63	4,23	0,526	0,846
4000	5	2,03	4,59	0,406	0,918
6000	5	1,37	4,84	0,274	0,968
9000	5	0,9	4,95	0,18	0,99

2.

**Tabela P3.4 – Medição do circuito da Figura P3.3**

Frequência (Hz)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)	Tensão no conjunto capacitor/indutor (V)	H(s)  do passa-faixa	H(s)  do rejeita-faixa
100	5	4,9	0,35	0,07	0,98
200	5	4,85	0,66	0,132	0,97
450	5	4,65	1,59	0,318	0,93
650	5	4,24	2,55	0,51	0,848
820	5	3,53	3,53	0,706	0,706
950	5	2,61	4,33	0,866	0,522
1050	5	1,58	4,82	0,964	0,316
1125	5	0,75	4,96	0,992	0,15
1200	5	0,19	4,99	0,998	0,038
1275	5	0,95	4,85	0,97	0,19
1400	5	1,99	4,51	0,902	0,398
1600	5	3,05	3,83	0,766	0,61
1725	5	3,53	3,53	0,706	0,706
1850	5	3,76	3,15	0,63	0,752
2100	5	4,14	2,60	0,52	0,828
4500	5	4,70	1,05	0,21	0,94
7000	5	4,77	0,66	0,132	0,954

**Sobre a discussão:**

1. Frequências de corte para o circuito da Figura P3.2 iguais a 660 e 2200.
2. Frequências de corte para o circuito da Figura P3.3 iguais a 820 e 1725.

3. Gráficos :

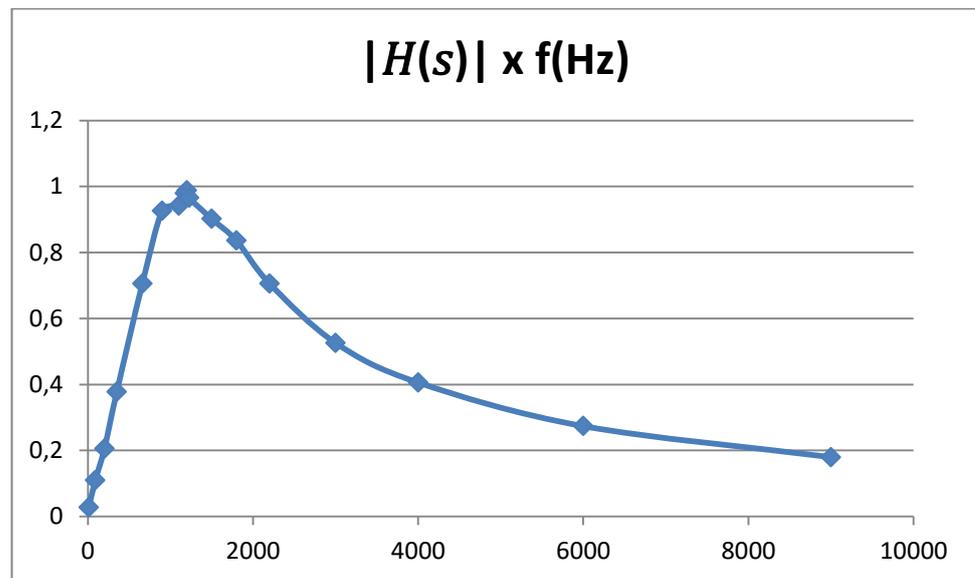


Figura P3.4 – Resposta em frequência do circuito da Figura P3.2 como passa-faixa

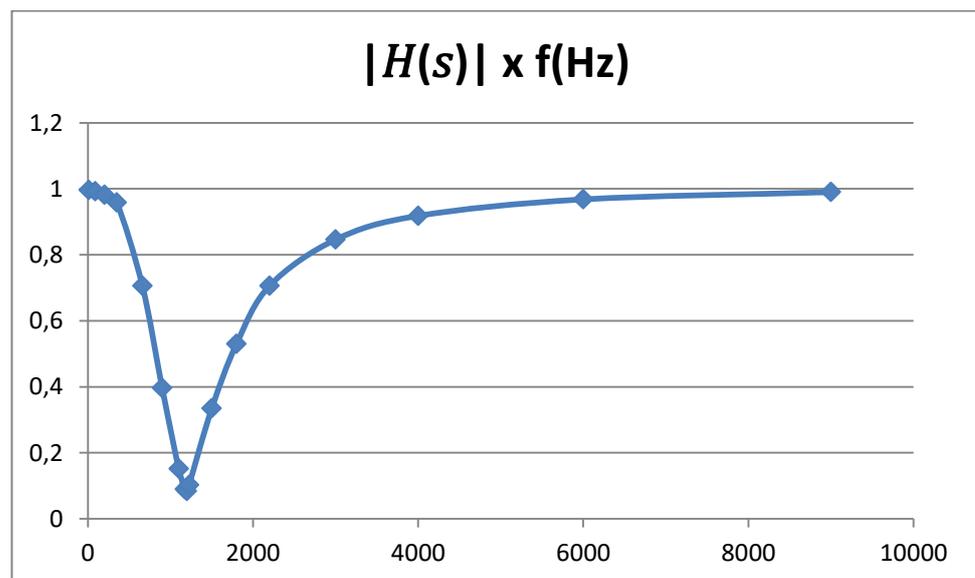


Figura P3.5 – Resposta em frequência do circuito da Figura P3.2 como rejeita-faixa

4. Gráficos:

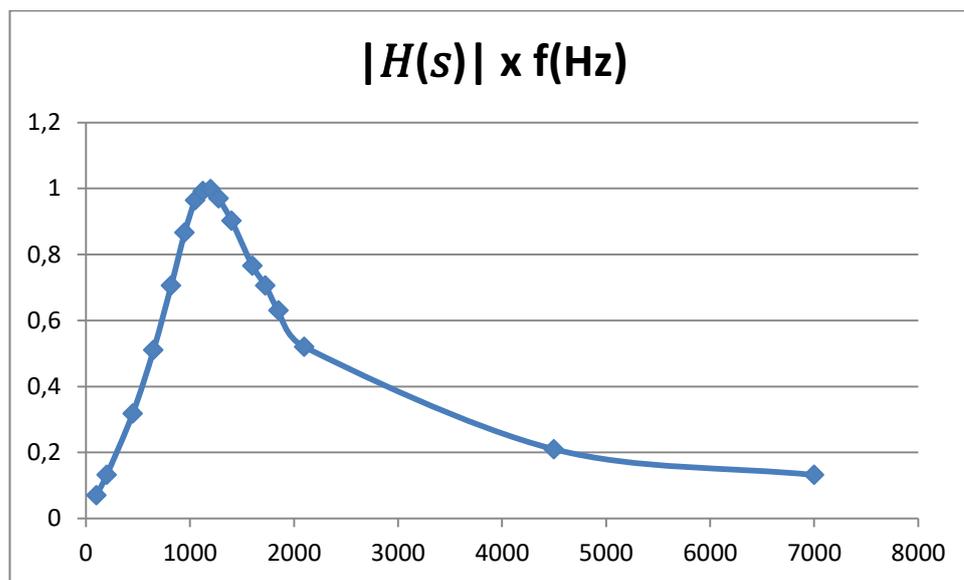


Figura P3.6 – Resposta em frequência do circuito da Figura P3.3 como passa-faixa

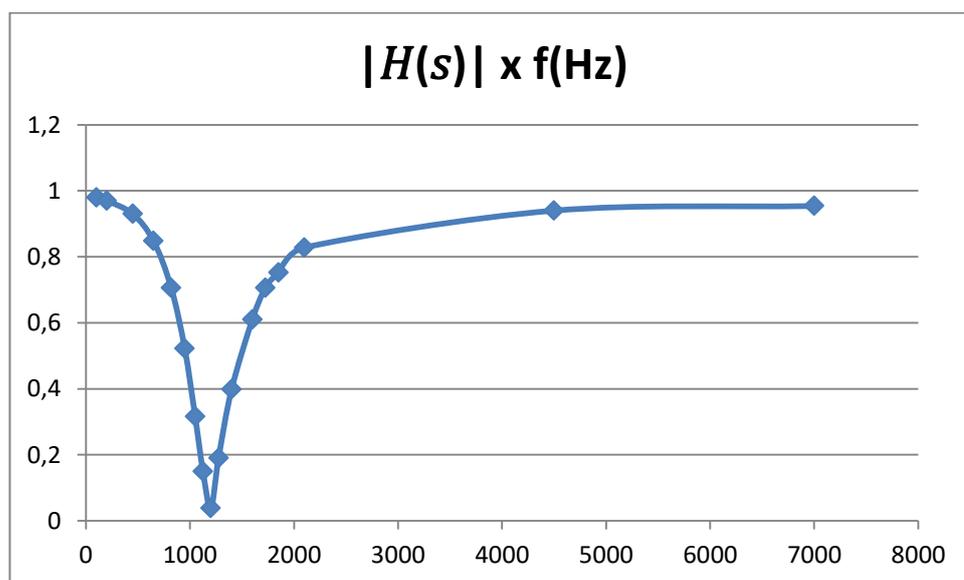


Figura P3.7 – Resposta em frequência do circuito da Figura P3.3 como rejeita-faixa

5. Em ambos é possível obter um filtro passa-faixa ou rejeita-faixa, onde em cada circuito as frequências de corte são iguais para as duas possibilidades de filtro. O circuito da Figura P3.3 apresentou uma menor variação entre as frequências de corte( de 820 a 1725 enquanto o da Figura P3.2 apresenta uma variação de 660 a 2200), o que significa que este circuito restringe mais a faixa de frequência passada ou rejeitada. Considerando que os dois circuitos utilizam os mesmos componentes, é interessante conhecer essa diferença, pois em determinadas aplicações um dos dois circuitos pode ser muito mais adequado do que o outro.

## **Capítulo 5**

### **CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

Neste trabalho foi apresentado segurança, descrição de equipamentos e sugestões de práticas para o LCE.

Este material pode ser utilizado como material didático para o LCE, complementando inclusive o material já utilizado atualmente.

Ainda no sentido de aprimorar o material utilizado no LCE sugere-se que os professores e técnicos sejam capacitados com curso de primeiros socorros, principalmente para realizar massagem cardíaca e respiração artificial.

Algumas sugestões sobre equipamentos são apresentadas com base na NR10, visando aumentar a segurança:

1. Instalação de disjuntores e fusíveis em todas as bancadas, havendo avisos claros e orientações sobre sua localização de modo que os próprios alunos possam operá-los em casa de acidente ou defeitos. Sobre os fusíveis, ainda poderia ser feita uma metodologia, onde o aluno dimensionaria o fusível específico para cada prática a partir de cálculos obtidos no trabalho preparatório.
2. Aterramento das carcaças de todos os equipamentos com uso de tomadas de 3 pinos, ou então utilização de equipamentos com dupla isolamento (isolamento reforçado entre a carcaça e as partes vivas).
3. Utilização de cabos com conexões mais bem elaboradas, a fim de evitar exposição das partes vivas durante as medições e manipulações em geral.

## REFERÊNCIAS

- [1] ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos PSI – EPUSP, PSI 3212 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS, GUIA DO ALUNO, Normas e Instruções sobre a Disciplina, 1º Semestre de 2016
- [2] Apostila de Laboratório de Circuitos 1, UFMG, 2011
- [3] Risco de choque com a pele molhada, disponível em <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/choque-eletrico-um-verdadeiro-perigo.htm>, acesso em 15/05/2016
- [4] Portal do Eletricista, disponível em <http://www.portaleletricista.com.br/riscos-do-choque-eletrico-e-seus-efeitos-no-corpo-humano/>, acessado em 15/04/2016
- [5] Tabela de níveis de choques, fig 23 de 43, disponível em <http://pt.slideshare.net/exata/frente-3-cad01mdulo-03>, acessado em 15/04/2016
- [6] Posição de recuperação, disponível em <http://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-royalty-free-posio-dos-primeiros-socorros-e-da-recuperao-image21240488> , acessado em 01/06/2016
- [7] Benefícios da posição de recuperação, disponível em <http://bombeirosaolourenco.blogspot.com.br/2011/04/posicao-de-recuperacao.html>, acessado em 01/06/2016
- [8] Primeiros Socorros, disponível em <http://www.tuasaude.com/primeiros-socorros-para-choque-eletrico>, acesso em 20/05/2016
- [9] SEGURANÇA EM ELETRICIDADE: NORMAS DE CONDUTA EM EXPERIMENTOS COM RISCO POTENCIAL DE ACIDENTE, Ilha Solteira, fevereiro de 2006
- [10] Manual do Multimetro Digital, Modelo MD-390, Instrutherm

- [11] Manual da fonte de alimentação CC, Modelo FA-3050, Instrutherm
- [12] Manual do gerador de função digital, Modelo FG-8102, Politerm
- [13] Manual do osciloscópio, Modelo TDS 1002B, Tektronix
- [14] Filtro de Sinais – Profº Vitorino, FACCA

