

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO E SUAS  
TECNOLOGIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO E SUAS TECNOLOGIAS

ELIAS FREIRE DE AZEREDO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O USO DE SIMULADORES  
NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
CIRCUITOS ELÉTRICOS EM CURSOS TÉCNICOS EM  
ELETROTÉCNICA**

Campos dos Goytacazes – RJ

2022



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO E SUAS  
TECNOLOGIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO E SUAS TECNOLOGIAS

ELIAS FREIRE DE AZEREDO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O USO DE SIMULADORES  
NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
CIRCUITOS ELÉTRICOS EM CURSOS TÉCNICOS EM  
ELETROTÉCNICA**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e suas Tecnologias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino e suas Tecnologias.

Orientadora: Dra. Suzana da Hora Macedo

Linha de Pesquisa: Produção e Experimentação de Tecnologias

Campos dos Goytacazes – RJ

2022

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – 1ª Lei de Kirchhoff (lei das correntes) .....	13
Figura 2 – 2ª Lei de Kirchhoff (lei das tensões) .....	14
Figura 3 – Circuito do exemplo de aplicação do método de superposição de fontes.....	16
Figura 4 – Circuito do exemplo de aplicação do método de superposição de fontes.....	16
Figura 5 – Circuito do exemplo de aplicação do método de superposição de fontes.....	16
Figura 6 – Tela inicial do <i>Falstad</i> .....	20

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro I – Critérios de inclusão e exclusão de trabalhos.....	17
Quadro II – Trabalhos relacionados à pesquisa em tela .....	23
Quadro III – Objetivos dos trabalhos selecionados .....	24

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>06</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>07</b>
<b>2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....</b>	<b>07</b>
2.1.1 Aprendizagem Significativa .....	08
2.1.2 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora .....	11
<b>2.2 CIRCUITOS ELÉTRICOS COM MAIS DE UMA FONTE .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Método das tensões de nós .....	13
2.2.2 Método das correntes de malhas .....	14
2.2.3 Método superposição de fontes .....	15
<b>2.3 SIMULADORES DE CIRCUITOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>21</b>
<b>3 SEQUENCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>22</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>28</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>33</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO C .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Esta Sequência Didática – SD - consiste no produto final da pesquisa cujo objetivo fundamental foi investigar o uso dos simuladores de circuitos elétricos no processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos de corrente contínua, no curso técnico de Eletrotécnica, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa.

A SD é formada por um conjunto de atividades que utilizam o simulador *Falstad* como ferramenta para análise de circuitos elétricos com mais de uma fonte. Desenvolvida para funcionar como suporte nas aulas referentes ao assunto supracitado, tem suporte nos pressupostos teóricos de David P. Ausubel com a Teoria da Aprendizagem Significativa, adotando-se para o processo educativo o percurso aprendizagem, ensino e avaliação.

As dificuldades de aprendizagem em circuitos elétricos têm despertado o interesse de pesquisadores nos últimos anos. As pesquisas incluem dificuldades em conteúdos de aprendizagens singulares, de caráter descritivo e concreto, por exemplo, o formalismo matemático na análise de circuitos elétricos; bem como os conceitos de tensão e corrente elétricas e atividades procedimentais como medir as grandezas elétricas (SOUZA, 2016).

Nesse cenário, o produto educacional concebido por esta pesquisa visa contribuir para reduzir as dificuldades de aprendizagem em circuitos elétricos, que têm despertado o interesse de pesquisadores nos últimos anos. Uma Sequência Didática fundamentada no uso do simulador de circuitos elétricos associado à resolução de problemas para desenvolver nos alunos capacidades e competências que no futuro lhes permitam enfrentar, autonomamente, os problemas do cotidiano da profissão de eletrotécnico.

Os planos de ensino e aprendizagem elaborados na proposta didática são chamados de encontros. Assim, o primeiro plano de ensino e aprendizagem tem como designação Encontro I, e assim sucessivamente. Os conteúdos abordados em cada plano se referem à análise de circuitos elétricos em corrente contínua, sendo usadas como ferramenta o simulador *Falstad*, seguido pelo tema da superposição de fontes e as leis de Kirchhoff das correntes (LKC) e das tensões (LKV). Cada encontro foi concebido para duas aulas de 50 minutos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção contém o referencial teórico a respeito do tema abordado na Sequência Didática, fundamentado no conjunto de ideias e modelos propostos pela TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa - de David Paul Ausubel. Nessa perspectiva, restringe-se a apresentar o referencial teórico que será utilizado na SD em tela.

### 2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

Existem diversas teorias de aprendizagem, cada uma seguindo a sua vertente de pensamento, o que torna difícil isolar claramente apenas uma teoria da aprendizagem e afirmar que apenas uma das correntes está completamente correta. Para Moreira (2017), uma teoria de aprendizagem é a tentativa humana de sistematizar uma parte do conhecimento, uma visão particular de analisar as coisas, de explicar e prever observações, de desvendar problemas e de buscar suas soluções. Afirma, ainda, que a teoria é uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos de aprendizagem. Ausubel, teórico cognitivista, tem no termo, aprendizagem significativa, o centro de sua teoria, considerando que esta ocorre a partir do surgimento de um sentido ativo e pessoal de quem aprende, relacionando, assim, a disposição de aprendizagem do aluno como uma das condições para alcançar a aprendizagem significativa (SANTOS, 2013).

David Paul Ausubel estudou psicologia e medicina, sendo médico-psiquiatra de formação, posteriormente conquistou seu PhD em Psicologia do Desenvolvimento através da Universidade de Columbia, no ano de 1943, em Nova York, na qual era professor Emérito. Após aposentado, voltou à psiquiatria. Faleceu no ano de 2008 aos noventa anos. Hoje Joseph D. Novak tem refinado e divulgado a teoria de aprendizagem significativa (MOREIRA 2017).

Em 1963, com a obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, Ausubel apresenta uma teoria abrangente de como os seres humanos aprendem, organizam suas estruturas mentais e retêm o conhecimento adquirido em sala de aula, bem como em outros ambientes de aprendizagem semelhantes. A obra mencionada foi a primeira tentativa de Ausubel de apresentar uma teoria de aprendizagem baseada na proposição de que a aquisição e a retenção de conhecimentos são produto de um processo ativo, integrador e interativo entre o material usado no aprendizado e as ideias relevantes estruturadas na mente do aluno (AUSUBEL, 2003).

A teoria ausubeliana nos fornece os mecanismos para interpretarmos como um novo conhecimento é assimilado pelo aluno, bem como ocorre sua construção. Nessa perspectiva, a

teoria da assimilação de Ausubel se distancia das maiorias das obras tradicionais de teorias de aprendizagem, tendo como ambiente natural a sala de aula (PONTES NETO, 2006).

Ausubel é considerado um teórico construtivista com ênfase na cognição, devido a sua teoria ter como base os princípios organizacionais da cognição que procuram explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação a estruturação do conhecimento e ao aprendizado (PEÑA, 2005).

A aprendizagem é um processo de desenvolvimento de estruturas significativas que se processa na mente de modo que aprender algo está relacionado com o compreender, de fato, o que se está aprendendo. Dessa forma, toda a construção do conhecimento se dará de forma individualizada e correlacionada com o repertório cognitivo do aluno. Logo, o professor ao planejar o ensino tem que partir do que o aluno já sabe (AUSUBEL, 2003).

Assim, planejar o ensino a partir do que o aluno já sabe é uma tentativa de favorecer as aprendizagens significativas. O ensino dentro desta perspectiva considera que os alunos podem ampliar seu repertório cognitivo, sendo que tal ampliação pode ser favorecida dependendo da forma como o professor apresenta o conteúdo.

### 2.1.1 Aprendizagem Significativa

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Ausubel (2003) sustenta que a aprendizagem significativa é um processo que se caracteriza pela interação entre os conhecimentos relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações. Entende-se, segundo Moreira (2011, p. 19), por estrutura cognitiva:

[...] um constructo (um conceito para qual não há um referente concreto) usado por diferentes autores, com vários significados, com o qual se pode trabalhar em níveis distintos, ou seja, referido a uma área específica do conhecimento ou a um campo conceitual, um complexo mais amplo de conhecimentos.

Peña (2005) afirma que as estruturas cognitivas são utilizadas por Ausubel para constituir o conhecimento de um determinado tema e sua organização clara e firme. Isso é confirmado por Ausubel (2003, p.10) quando elucida que:

Se a estrutura cognitiva for clara, estável e bem organizada, surgem significados preciosos e inequívocos e estes têm tendência a reter a força de dissociabilidade ou disponibilidade. Se, por outro lado, a estrutura cognitiva for instável, ambígua, desorganizada ou organizada de modo caótico, tem tendência a inibir a aprendizagem significativa e a retenção. Assim, é através do fortalecimento de aspectos relevantes da estrutura cognitiva que se pode facilitar a nova aprendizagem e retenção.



Em Eletricidade, por exemplo, se o conceito de circuito elétrico já existe na estrutura cognitiva do aluno, ele servirá de “âncora conceitual” para uma nova informação referente ao tipo de circuito elétrico, por exemplo, circuito elétrico série. Entretanto, esse processo de “ancoragem” da nova informação resulta em uma ampliação e modificação do conceito que serviu de “âncora”, que segundo Ausubel é denominado de subsunçor.

Subsunçores são conhecimentos específicos que já existem na mente e que permitem dar significado ao que se aprende de novo (MOREIRA, 2011). São concepções prévias trazidas de aprendizados anteriores e que por meio de interações podem dar sentido a novas ideias.

No entanto, Moreira (2013) esclarece que a interação dos subsunçores do aluno e conhecimentos novos, não pode ser vista de forma rigorosa e que ela não seja de qualquer ideia prévia, mas de algum conhecimento especificamente relevante na estrutura cognitiva do aluno que está aprendendo.

A interação dos subsunçores do aluno e conhecimentos novos pode ser caracterizada como um processo de aprendizagem ativo e pessoal, por meio de uma reflexão ativa sobre o novo conhecimento em que o aluno pense nas conexões e semelhanças, ajustando diferenças ou contradições com as ideias já existentes em sua mente (PEÑA,2005).

Ausubel (2003), em sua teoria distingue três tipos de aprendizagem significativa, realizadas nesse processo ativo e pessoal, em função do grau crescente de complexidade da construção do conhecimento: aprendizagem de representações, aprendizagem de conceitos e aprendizagem de proposições.

Peña (2005) afirma que a aprendizagem de representações está vinculada a aquisição do vocabulário e devem-se distinguir dois aspectos: a aprendizagem antes dos conceitos, nos quais palavras representam objetos ou eventos reais; e a aprendizagem depois da formação dos, à medida de um aprendizado evolutivo do vocabulário. Quando o aluno representa símbolos e palavras individuais com um grau maior de abstração em função de algum dado para o qual esse conceito tenha seu próprio valor, tem-se a aprendizagem de conceitos.

Ausubel (1980) explica que essa aprendizagem de conceitos tem duas formas: formação de conceitos a partir de experiências concretas, similar a aprendizagem de representações; e assimilação de conceitos, na qual o aluno relaciona os novos conceitos com os já existentes na sua “estrutura conceitual”.

Quando o aluno representa o significado de uma ideia por meio de uma frase ou oração que contém vários conceitos, trata-se então da aprendizagem de proposições.

Logicamente, a aprendizagem de proposições supõe o conhecimento do significado dos conceitos que as constituem.

Percebe-se que nos três tipos de processos de aprendizagem o que se almeja é que os alunos compreendam o que é ensinado por meio de uma assimilação ativa, tomando para si o que se está aprendendo e tentando dá sentido para aquilo com que está entrando em contato.

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel (2003) define aprendizagem mecânica como a que produz menos incorporação e significado, e a nova informação passa a ser armazenada isoladamente por meio de associações arbitrárias. O conhecimento, assim, adquirido fica, arbitrariamente, distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos (MOREIRA, 1999). Em Circuitos Elétricos, por exemplo, a simples memorização de fórmulas ou conceitos pode resultar em uma aprendizagem mecânica.

No entanto, deve-se ressaltar que Ausubel (2003) não entende a aprendizagem mecânica contrária à significativa, e, sim, que elas se encontram ao longo de mesmo contínuo.

Desta forma, ao longo desse contínuo podem-se ter aprendizagens com um maior ou menor grau de profundidade/significado. A aprendizagem representacional (ex.: aprendizagem dos símbolos das unidades de medida das grandezas presentes nos estudos de Circuitos Elétricos), por exemplo, está muito mais próxima da extremidade memorização do que a aprendizagem conceitual (ex.: aprendizagem do conceito de circuito elétrico) ou proposicional (ex.: aprendizagem da Lei de Ohm).

De forma semelhante, essa distinção não pode ser feita com a aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção. Na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aluno em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aluno. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só se torna significativa caso o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, já existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1997).

Percebe-se que do ponto de vista de Ausubel (2003), o primeiro e mais importante fator cognitivo a ser considerado no processo de ensino e aprendizagem é a estrutura cognitiva do aluno no momento da aprendizagem. É ela, tanto em termos de conteúdo como de organização, em certa área do conhecimento, o principal fator que influencia a aprendizagem significativa e a retenção nessa área, e esta estrutura configura-se por dois processos dinâmicos denominados de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

### 2.1.2 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos que acontecem de forma simultânea no momento de aprendizagem. A diferenciação progressiva diz respeito à maneira mais fácil do ser humano compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido. A reconciliação integradora se refere à forma com que se relacionam as ideias a serem apresentadas para o aprendizado, e como essas serão relacionadas na estrutura cognitiva de quem está aprendendo.

O processo até aqui enfatizado, segundo o qual a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores relevantes está de acordo com a teoria da assimilação de Ausubel. Moreira (1999) afirma que esse processo reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva que já existe.

Ausubel (2003) por meio de sua teoria afirma que o processo de aquisição de organização de significados na estrutura cognitiva do aluno é realizado por três formas de aprendizagem significativa: aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória.

A aprendizagem subordinada acontece quando a nova ideia ou conceito está hierarquicamente subordinado a outra já existente de maior nível de abstração, generalidade ou inclusão e é nesse momento que temos a diferenciação progressiva do conceito. Parte-se de ideias mais gerais para ideias mais concretas, separando conceitos de subconceitos. Por exemplo, considera-se o conceito de circuito. Qualquer pessoa já formou esse conceito antes de chegar à escola, apresentando diversos significados, como: “linha fechada que limita uma superfície”, “um contorno que cerca alguma coisa”, etc. Na escola de formação profissional, por exemplo, o aluno irá aprender que existe o circuito elétrico. Assim, atribuirá um novo significado ao subsunçor circuito, enriquecendo-o ainda mais.

Seguindo essa linha de raciocínio, se o aluno continuar estudando o conceito de circuito, acabará incorporando, os significados relativos a circuito elétrico série, circuito elétrico paralelo, circuito elétrico misto, mas para chegar a ter esses conceitos, precisará realizar reconciliações entre diferenças reais ou aparentes entre os tipos de circuitos elétricos. Diz-se, então, que foi realizada a aprendizagem superordenada, que acontece de forma inversa da aprendizagem subordinada, pois define-se como um processo mais geral, indo de baixo para cima, produzindo a reconciliação integradora, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados.

Há casos, no entanto que a aprendizagem significativa não é subordinada e nem superordenada. É o caso da aprendizagem combinatória em que o significado é adquirido por interação não com um determinado subsunçor, mas, sim, com um conhecimento mais amplo, mais abrangente. Por exemplo, para entender o significado de certas fórmulas presentes no estudo de Circuitos Elétricos não basta ter os conceitos nela envolvidos, é preciso um conhecimento mais amplo de eletricidade.

A partir das definições das formas de aprendizagem no processo de assimilação percebe-se que tanto a aprendizagem subordinada quanto a superordenada produzem uma relação hierárquica de conceitos, diferente da aprendizagem combinatória que não produz. Além disso, o nível de abstração, generalização e inclusão dos conceitos organiza, hierarquicamente, a estrutura cognitiva de quem está aprendendo ou compreendendo significados.

Percebe-se que as condições necessárias para se obter uma aprendizagem significativa que dependem do aluno se referem a sua disposição para o aprendizado, de possuir conhecimentos relevantes que possam relacionar-se com novas ideias e, conseqüentemente, de tornar significativo o que é apresentado a ele, o material utilizado no aprendizado. Além disso, vale destacar o papel do professor nesse processo.

## **2.2 Circuitos elétricos com mais de uma fonte**

Neste trabalho serão abordadas algumas técnicas para resolver circuitos alimentados por mais de uma fonte independente de sinal contínuo, seja de tensão ou corrente.

Boylestad (2004, p. 98) apresenta a seguinte definição: “Um circuito elétrico consiste de um número qualquer de elementos unidos por seus terminais, estabelecendo pelo menos um caminho fechado através do qual a carga elétrica possa fluir.” Os elementos referidos na definição podem ser fontes de tensão e fontes de corrente, os chamados elementos ativos, ou resistores, capacitores e indutores, os chamados elementos passivos.

Em geral, o processo de resolução de circuitos em corrente contínua baseia-se na Lei de Ohm e nas Leis de Kirchhoff, assim denominadas em homenagem ao físico alemão Gustav Kirchhoff (1824 - 1887).

Inicialmente, algumas definições são necessárias:

- Nó – ponto do circuito no qual dois ou mais componentes estão conectados;
- Ramo – conexão em série de elementos no circuito, percorridos pela mesma corrente.

- Malha – caminho fechado ao longo de um circuito elétrico.

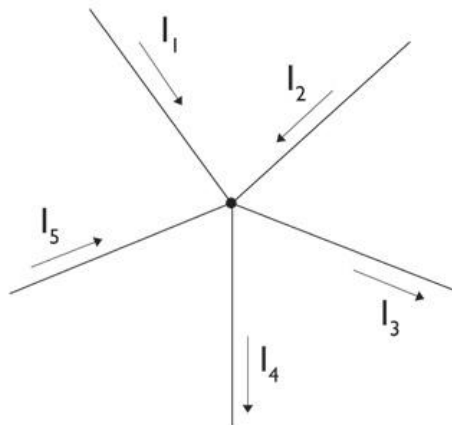
Apresenta-se, a seguir, sucintamente, os três métodos trabalhados com os alunos no tópico referente à análise de circuitos elétricos em corrente contínua: Métodos das tensões de nós, método das correntes de malha e método da superposição de fontes.

### 2.2.1 Método das tensões de nós

Este método consiste na aplicação da 1ª Lei de Kirchhoff (lei das correntes) nos nós do circuito onde não se conhece o potencial.

Essa lei diz que a soma das correntes que entram em um nó é igual à soma das correntes que saem do nó, consideradas todas no mesmo instante.

Figura 1 - 1ª Lei de Kirchhoff (lei das correntes)



Fonte: Elaboração própria

$$\sum I_{\text{saem}} = \sum I_{\text{chegam}}$$

Pela primeira Lei de Kirchhoff:  $I_1 + I_2 + I_5 = I_3 + I_4$ .

Outra forma de apresentar a lei em tela é a soma algébrica das correntes em um nó é igual a zero.

$$\sum I_{\text{saem}} - \sum I_{\text{chegam}} = 0$$

Para a aplicação do método devem ser adotados os seguintes passos:

1. Determine o número de nós no circuito.
2. Escolha um nó de referência e denomine os demais nós através de letras ou números e anote os seus potenciais ( $V_A, V_B, V_C, \dots$  ou  $V_1, V_2, V_3, \dots$ );

3. Anote os potenciais conhecidos;
4. Aplique a lei de Kirchhoff para correntes a todos os nós, exceto o de referência;
5. Resolva as equações resultantes para obter as tensões dos nós.

Normalmente, considera-se o nó em que se está aplicando a LKC como o de maior potencial do circuito. Isto significa que se supõe que todas as correntes estão saindo desse nó. Quando se termina todos os cálculos, obviamente, encontra-se pelo menos uma com sinal negativo o que indica que o sentido desta corrente estava invertido.

### 2.2.2 Método das correntes de malhas

Este método, também conhecido como método de Maxwell ou método das correntes fictícias, consiste na aplicação direta da 2ª Lei de Kirchhoff (lei das tensões) para tensões nas diversas malhas do circuito (normalmente as internas), supondo-se que cada uma delas é percorrida por uma corrente "exclusiva" e fictícia, chamada de corrente de malha.

A 2ª Lei de Kirchhoff (lei das tensões) diz que a soma algébrica das tensões ao longo de um caminho fechado é igual à soma algébrica das quedas de tensões existentes nessa malha.

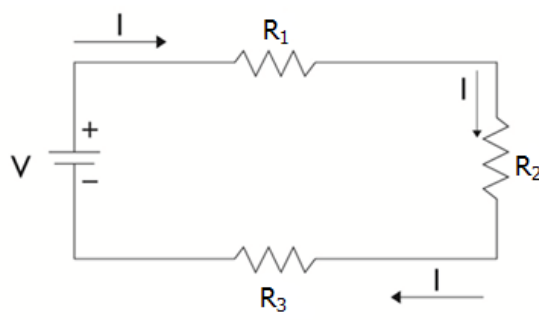
$$\sum V_{\text{aplicadas}} = \sum V_{\text{quedas}}$$

Essa lei pode ser expressa, também, como: “a soma algébrica das tensões ao longo de uma malha é sempre igual a zero”.

$$\sum V_{\text{aplicadas}} - \sum V_{\text{quedas}} = 0$$

Entende-se malha como um caminho fechado, isto é, partindo de um determinado nó, caminha-se sobre os ramos, ultrapassando outros nós uma única vez, até chegar ao nó de partida. Diversas malhas podem conter um mesmo nó. Entretanto, nenhum nó pode aparecer de forma repetida em uma mesma malha.

Figura 2: 2ª Lei de Kirchhoff (lei das tensões)



Fonte: Elaboração própria

Pela 2ª Lei de Kirchhoff:

$$V = R1I + R2I + R3I$$

Procedimentos para a análise de corrente de malhas:

1. Identificar todas as tensões e correntes nos componentes;
2. Identificar os nós, ramos e malhas do circuito;
3. Associar uma corrente fictícia a cada malha fechada independente do circuito;
4. Ajustar as polaridades das tensões nos resistores em função das correntes atribuídas no passo anterior;
5. Aplicar a Lei de Kirchhoff das Tensões ao longo das malhas, usando, por exemplo, o sentido horário;
6. Resolver as equações lineares simultâneas resultantes para as correntes de ramo escolhidas.

### 2.2.3 Método superposição de fontes

O Teorema da Superposição afirma que, numa rede com duas ou mais fontes, a corrente ou a tensão para qualquer componente é a soma algébrica dos efeitos produzidos por cada fonte atuando de forma independente. As correntes e tensões resultantes da análise dos circuitos com fontes individualizadas são adicionadas para juntas, se obter o efeito conjunto das fontes que alimentam o circuito.

Para aplicar a superposição, precisa-se de aplicar as entradas uma de cada vez. Isso significa que há necessidade de desativar todas as entradas, exceto uma. Quando se desativa uma entrada, diz-se que ela é suprimida.

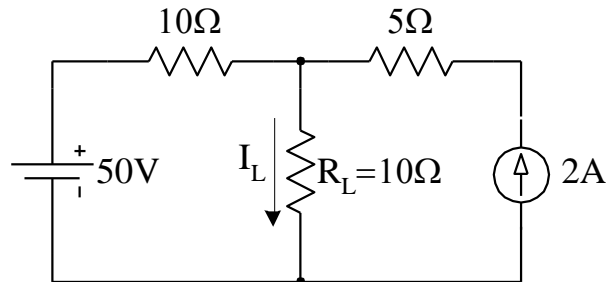
No caso da fonte de tensão, desativar significa substituir a fonte por um curto-circuito. A fonte de corrente deve ser substituída por um circuito aberto.

Segundo Nilson e Riedel (2015, p. 149), o efeito produzido por várias fontes independentes em um determinado bipolo de um circuito linear é igual à soma algébrica dos efeitos causados por cada fonte individualmente quando eliminamos os efeitos das demais.

Este teorema só se aplica na determinação das tensões ou correntes. Não pode ser utilizado na determinação das potências.

O princípio da superposição está demonstrado no seu uso para determinar a corrente na carga RL do circuito da figura 3.

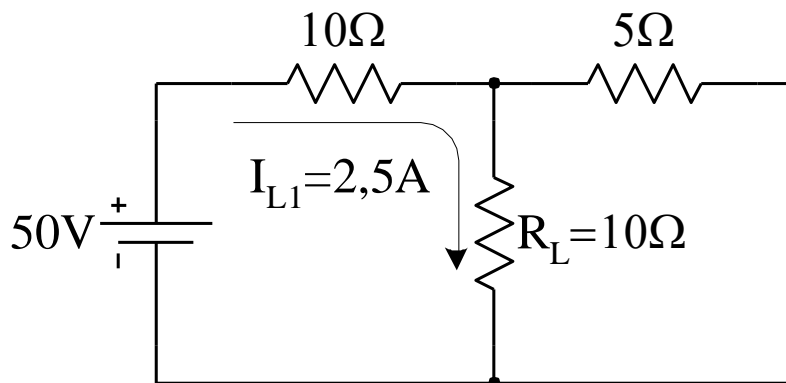
Figura 3: Circuito do exemplo de aplicação do método de superposição de fontes



Fonte: Elaboração própria

Anulando a fonte de corrente, isto é, zerar a fonte independente de corrente (abrir o circuito nos terminais da fonte) e resolver o circuito, determinando a contribuição da fonte de tensão.

Figura 4: Circuito do exemplo de aplicação do método de superposição de fontes



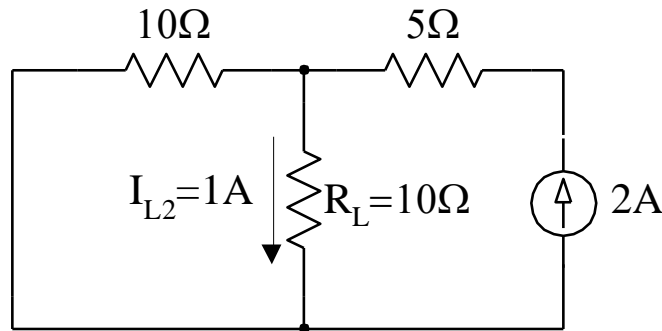
Fonte: Elaboração própria

$$I_{L1} = \frac{50}{10+10} \Rightarrow I_{L1} = 2,5A$$

Anulando a fonte de tensão, isto é, zerar a fonte independente de tensão (curto-circuitar os terminais da fonte) e resolver o circuito, determinando a contribuição da fonte de corrente.



Figura 5: Circuito do exemplo de aplicação do método de superposição de fontes



Fonte: Elaboração própria

$$I_{L2} = 2 \times \frac{10}{10+10} \Rightarrow I_{L2} = 1A$$

Cálculo da corrente  $I_L$ :

$$I_L = I_{L1} + I_{L2} = 2,5 + 1 \Rightarrow \underline{I_L = 3,5A}$$

### 2.3 Simuladores de Circuitos Elétricos

Conforme BONFIM (2009, p. 2), “simuladores de circuitos são ferramentas computacionais de fundamental importância para o projeto, desenvolvimento e validação sistemas que envolvem circuitos elétricos”.

O primeiro simulador de circuitos conhecido mundialmente foi o Spice (*Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis*). Foi originalmente desenvolvido em 1975 na Faculdade de Engenharia Elétrica e Ciências da Computação da Universidade de Berkeley, com a finalidade de auxiliar o projeto de circuitos integrados. As primeiras versões foram codificadas na linguagem Fortran e a partir da 3ª versão passou-se a usar a linguagem C.

Os simuladores podem ser *free*, de código aberto, como o *Ngspice* - <http://ngspice.sourceforge.net/>, um simulador linha-de-comando que é a base de muitos outros simuladores comerciais ou abertos, ou o *Qucs* - <http://qucs.sourceforge.net/>, um simulador de código aberto não baseado no *Spice*. Há, também, simuladores *online* como o *PartSim* (<http://www.partsim.com>), baseado no *NgSpice*.

No quadro I, de forma exemplificativa, estão listados alguns simuladores disponíveis no mercado, com uma descrição sucinta sobre os mesmos.

Quadro I – Exemplos de simuladores de circuitos elétricos disponíveis

Simulador	Descrição sucinta
<b>PartSim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulador gratuito de circuitos baseado em navegador que permite aos usuários experimentar circuitos. Este simulador possui um layout simplificado que garante facilidade de uso, além de um mecanismo completo de simulação SPICE, ferramenta de captura esquemática baseada na Web e um visualizador gráfico de formas de onda para monitorar os níveis de sinal analógico / digital dos circuitos.</li> </ul>
<b>Multsim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software destinado a simulação de circuitos elétricos, originalmente pensado para fins acadêmicos. Anteriormente conhecido como <i>Electronics Workbench</i> (EWB), criado em meados de 1995 por uma empresa canadiana, a <i>In-teractive Image Technologies</i>. Mais tarde, com processos de fusão da empresa, o software EWB começou a desenvolver-se e a ganhar alguma notoriedade, o que levou a <i>National Instruments</i> a adquirir a empresa EWB em 2005. Hoje em dia, com a <i>National Instruments</i>, reúne a vertente didática e profissional</li> </ul>
<b>QUCS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O QUCS (<i>Quite Universal Circuit Simulator</i>) é um simulador de circuitos em desenvolvimento desde 2004 por um grupo de pesquisadores liderados por Michael Margraf e Stefan Jahn. Todo seu desenvolvimento é baseado em software livre, tendo como sistema operacional de base o GNU/Linux.</li> </ul>
<b>Proteus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O Proteus é um software profissional para Windows, pago, de simulação e desenho de circuitos eletrônicos e sistemas digitais. O diferencial do PROTEUS com relação a outros softwares é a capacidade de simular circuitos elétricos e circuitos microcontrolados, pois além de fornecer componentes animados, também possui as ferramentas necessárias para depurar o software desenvolvido para o microcontrolador, acompanhando seu comportamento na simulação do hardware.</li> </ul>
<b>Every Circuit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O <i>EveryCircuit</i> é um software simulador de circuitos elétricos desenvolvido principalmente para fins educacionais. Ele possui uma plataforma que permite a utilização online sem a necessidade de instalação via computador ou, também, para dispositivos móveis como tablets e smartphones, via aplicativos, que podem ser adquiridos em lojas virtuais como Google Play e Apple Store. O programa possui uma versão demonstrativa gratuita com algumas funcionalidades limitadas e, também, possui uma versão paga que dá acesso a todas as funcionalidades do programa.</li> </ul>
<b>PHET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundado em 2002 pelo ganhador do Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto <i>PhET Interactive Simulations</i> da Universidade do Colorado</li> </ul>

	Boulder cria simulações matemáticas e científicas interativas e gratuitas.
<b>FALSTAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O programa <i>Falstad</i> – Circuit Simulator Applet (CSA) é um software simulador de circuitos elétricos desenvolvido, principalmente, para fins educacionais. Ele possui uma plataforma que permite a utilização online sem a necessidade de instalação via computador ou também para dispositivos móveis como <i>tablets</i> e smartphones. Por ser desenvolvido como um <i>applet</i> java, pode ser portado para as mais diversas plataformas, assim como os circuitos desenvolvidos podem ser até inseridos em páginas Web.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

Não obstante haja vários softwares acessíveis para uso no processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos, escolher um que encante o aluno e potencialize o processo como um todo representa um desafio significativo. Nesse sentido Souza (2015) afirma:

Acreditamos que as simulações computacionais são recursos pedagógicos valiosos que facilitam a aprendizagem e podem auxiliar a desmistificar a imagem da física no âmbito escolar, como uma disciplina difícil, que contém apenas fórmulas, um ramo da Matemática. Outro ponto que devemos salientar é familiaridade e o interesse desta geração atual de estudantes com aplicativos e atividades computacionais que geralmente fazem parte do cotidiano de muitos. (SOUZA, 2015, p. 19)

O autor supracitado diz, ainda, que

[...] instituições educacionais de todos os níveis devem usar e ensinar apenas o software livre, pois esse é o único que permite que essas instituições cumpram suas missões fundamentais: disseminar o conhecimento humano e preparar os estudantes para serem bons membros de suas comunidades. (SOUZA, 2015, p. 20)

No que tange ao modelo proprietário, Nelson Pretto e Cláudio Pinto chamam a atenção para uma série de limitações ao acesso e uso livre do conhecimento, em razão dos formatos e outros dispositivos de travamento e bloqueio que impedem a dinâmica da colaboratividade na comunidade escolar em rede, seja uma rede *online* ou *offline*. Os autores acima referidos chamam a atenção para essa questão, mostrando que,

Para a educação, libertar-se dos softwares proprietários é um grande desafio, uma vez que a possibilidade de independência no acesso aos códigos fontes está intimamente associada às inúmeras possibilidades de independência de fornecedores centralizados que dominam o mercado, possibilitando a ampliação de uma rede de produção colaborativa, dimensão fundamental para a educação. (PRETTO, PINTO, 2006, p. 22).

Na Sequência Didática em tela, foi escolhido um simulador livre e gratuito, conforme orientação do GNU (“GNU” é um acrônimo recursivo para “GNU's Not Unix!”). Software livre consiste em uma questão que afeta todas as esferas da vida em sociedade, na qual o conhecimento é, ao mesmo tempo, matéria-prima, resultado e “ferramenta” modificadora dos novos modelos de construção social em curso. Essa é a ideia do texto contido no site <<http://www.gnu.org/education/education.pt-br.html/>>.

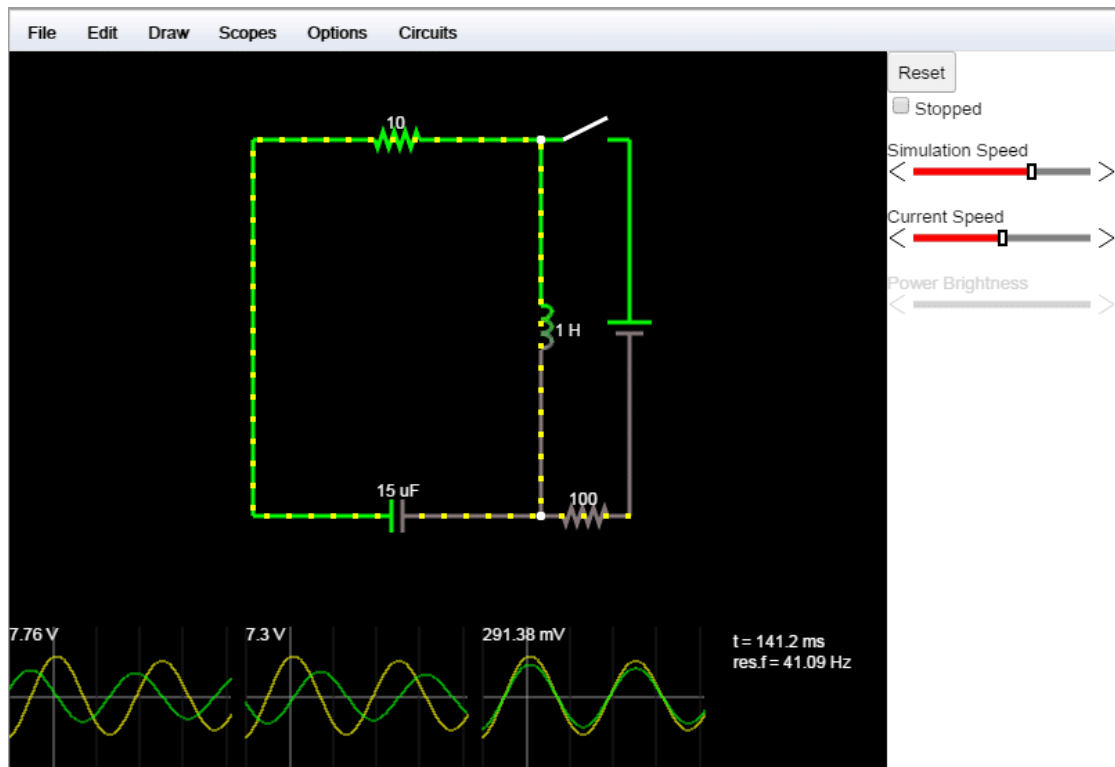
O software livre não é simplesmente uma questão técnica; é uma questão ética, social e política. É uma questão de direitos humanos que os usuários devem ter. Liberdade e cooperação são valores essenciais do software livre. O Sistema GNU implementa esses valores e o princípio do compartilhamento, uma vez que compartilhar é bom e benéfico para o progresso humano. (GNU, 2012)

Segundo os critérios básicos acima referidos, escolheu-se o simulador de circuitos *online* – *Paul Falstad's Circuit Simulator Applet*, desenvolvido em *javascript* e que roda diretamente dentro do navegador, inclusive no browser de um dispositivo Android.

O programa *Falstad – Circuit Simulator Applet* (CSA) é um software simulador de circuitos elétricos desenvolvido principalmente para fins educacionais. Ele possui uma plataforma que permite a utilização online sem a necessidade de instalação via computador ou também para dispositivos móveis como tablets e smartphones, via aplicativos que podem ser adquiridos em lojas virtuais como *Google Play e Apple Store*. Trata-se de um software aberto, que possui uma interface gráfica simples, mas com uma grande variedade de simulações para fenômenos da eletrodinâmica, que serão abordados no presente trabalho, eletromagnetismo, mecânica quântica, vetores, termodinâmica, ondulatória, oscilações, álgebra linear e outros.

Deste modo, o *Falstad* atende aos requisitos para aplicação em tela: livre, baixa exigência de hardware e banda de internet, usabilidade e diversidade. Pouco conhecida, principalmente, no Brasil, é uma ferramenta simples de manusear e com uma grande diversidade de simulações prontas para serem observadas, além de oferecer a possibilidade de o usuário construir suas próprias simulações de circuitos elétricos da forma que desejar.

O uso da aplicação, com um computador (de preferência) ou smartphone com acesso à internet, é por meio do endereço <http://falstad.com/circuit/>, em um navegador web. A ferramenta para simulação de circuitos é mostrada e já pronta para o uso, conforme mostrado na figura 6.

Figura 6: Tela inicial do *Falstad*

Fonte: site do software

Neste contexto, salienta-se que a ferramenta tecnológica por si só, mesmo que seja boa, não consegue atender a todas estas demandas para o bom desenvolvimento de uma atividade. Todas estas questões subjacentes não são apenas necessárias, mas se constituem, também, em um desafio para o docente ao planejar, executar e avaliar este tipo de atividade.

## 2.4 Sequência Didática

Quando o professor precisa organizar uma aula, utiliza como instrumento de planejamento o plano de aula. Quando ele precisa organizar várias aulas, utiliza a sequência didática (SD). A vantagem de utilizar uma SD é que ela permite ao docente planejar o encadeamento dos conteúdos a serem ministrados nas diversas aulas.

Para Zabala (1998, p.18), as sequências didáticas consistem em “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos [...]”. Sendo assim, a proposta deve promover o gradual aprofundamento do conteúdo,

permitindo que o aluno adquira o conhecimento no seu tempo e possibilitando que o professor aprofunde o tema de estudo com a turma.

Oliveira (2013, p. 39) conceitua a SD como "um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si [...]", requerendo por parte do professor uma organização prévia das etapas/atividades da sequência para que o conteúdo seja trabalhado de forma integrada, proporcionando um processo de ensino e aprendizagem mais eficiente.

Barros-Mendes *et al.* (2012) destacam a importância da SD para que os conhecimentos em fase de construção sejam consolidados, tendo em vista o caráter progressivo da aquisição do saber. A organização das atividades permite uma progressão gradual, possibilitando aproveitar os conhecimentos dos discentes

Zabala (1998, p. 54), destaca que o objetivo de uma SD deve ser:

[...] introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitem uma melhora de nossa atuação nas aulas, como resultado de um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm do papel que cada uma delas tem no processo de aprendizagem dos meninos e meninas.

Ao organizar uma SD, o docente deverá incluir atividades que julgar mais adequadas para cada momento, visando enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Entre uma variedade de tarefas, pode-se citar: produção textual, apresentação oral de trabalhos, leitura, pesquisa individual ou coletiva, aulas práticas, entre outras. Quanto à avaliação, deve estar presente no decorrer das atividades, podendo localizar-se também no final da SD (BARROS-MENDES; CUNHA; TELES, 2012).

Vale ressaltar que ao organizar as atividades, o docente deve se atentar a pontos como o tempo de cada atividade, a organização das mesmas, o *layout* da sala para a elaboração das tarefas, as relações interativas entre professor e aluno e entre os próprios estudantes, os papéis a serem desempenhados pelo docente e pelos discentes, a organização dos recursos didáticos e a avaliação (BATISTA; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2017).

Oliveira (2013, p. 40) traz alguns passos básicos adotados pela SD:

Escolha do tema a ser trabalhado; questionamentos para a problematização do assunto a ser trabalhado; planejamento dos conteúdos; objetivos a serem atingidos no processo de ensino-aprendizagem; delimitação da sequência de atividades, levando-se em consideração a formação de grupos, material didático, cronograma, integração entre cada atividade e etapas, e avaliação dos resultados.

Uma SD deve ser organizada com antecedência para ser capaz de utilizar todos os passos mencionados por Oliveira (2013), consistindo numa sistematização de atividades que utiliza materiais de fontes diversas. É importante destacar os “questionamentos para a problematização do assunto a ser trabalhado”, pois a problematização consiste num momento muito importante que permeia a SD, tendo em vista que por meio dela o professor pode compreender o estágio de aprendizado do conteúdo pelo aluno, além dos conhecimentos prévios dele.

### 3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção serão descritos os aspectos metodológicos da Sequência Didática desenvolvida com o uso do simulador *Falstad* para potencializar a aprendizagem de circuitos elétricos em corrente contínua com mais de uma fonte.

A SD está concebida para ser executada em 10(dez) encontros com duas aulas de 50 minutos, conforme mostrado no quadro II. O quadro III apresenta alguns pontos relevantes que deverão ser observados na implementação da SD em tela.

Quadro II – Atividades de ensino e aprendizagem

Encontro	Atividade de ensino	Atividade de aprendizagem
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o simulador <i>Falstad</i> para os alunos.</li> <li>• Solicitar aos alunos que realizem a leitura dos comandos básicos o que está disponível em: <a href="http://falstad.com/circuit/">http://falstad.com/circuit/</a>.</li> <li>• Construir circuitos simples e realizar simulações utilizando o <i>Falstad</i>.</li> <li>• Disponibilizar lista de exercícios referente à verificação dos conhecimentos prévios para o estudo de circuitos de corrente contínua com mais de uma fonte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer os comandos básicos do <i>Falstad</i>.</li> <li>• Construir e simular circuitos elétricos no <i>Falstad</i> circuitos no <i>Falstad</i>.</li> <li>• Resolver os exercícios propostos na lista de verificação de conhecimentos prévios.</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilizar a atividade computacional I.</li> <li>• Construir pelo menos dois circuitos elétricos da atividade computacional I no simulador <i>Falstad</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir os circuitos elétricos contidos na atividade computacional I no simulador <i>Falstad</i>.</li> <li>• Realizar as simulações solicitadas na atividade</li> </ul>

		computacional I.
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar correção e discussão dos circuitos elétricos construídos na atividade computacional I.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentar os circuitos elétricos contidos na atividade computacional I no simulador <i>Falstad</i>.</li> <li>Discutir as simulações solicitadas na atividade computacional I.</li> </ul>
IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentar o teorema da superposição de fontes, utilizando o <i>Falstad</i> para inclusão e retirada das fontes e verificação dos novos valores de corrente, tensão e potência elétrica no circuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conhecer o teorema da superposição de fontes.</li> <li>Usar o <i>Falstad</i> na aplicação do teorema da superposição de fontes.</li> </ul>
V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentar as leis Kirchhoff das correntes (LKC) e das tensões (LKV) para resolver circuitos elétricos com mais de uma fonte, utilizando o <i>Falstad</i> para verificação dos valores de corrente, tensão e potência elétrica no circuito.</li> <li>Apresentar a atividade computacional II, disponível no apêndice C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar circuitos elétricos com mais de uma fonte utilizando o <i>Falstad</i>.</li> <li>Construir os circuitos elétricos contidos na atividade computacional II no simulador <i>Falstad</i>.</li> <li>Realizar as simulações solicitadas na atividade computacional II.</li> </ul>
VI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar correção e discussão dos circuitos elétricos construídos na atividade computacional II.</li> <li>Resolver os circuitos elétricos utilizando o método superposição de fontes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentar os circuitos elétricos contidos na atividade computacional II no simulador <i>Falstad</i>.</li> <li>Discutir as simulações solicitadas na atividade computacional II.</li> </ul>
VII	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar correção e discussão dos circuitos elétricos construídos na atividade computacional II.</li> <li>Resolver os circuitos elétricos utilizando as leis Kirchhoff das correntes (LKC).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentar os circuitos elétricos contidos na atividade computacional II no simulador <i>Falstad</i>.</li> <li>Discutir as simulações solicitadas na atividade computacional II.</li> </ul>



VIII	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar correção e discussão dos circuitos elétricos construídos na atividade computacional II.</li> <li>Resolver os circuitos elétricos utilizando as leis Kirchhoff das tensões (LKV).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentar os circuitos elétricos contidos na atividade computacional II no simulador <i>Falstad</i>.</li> <li>Discutir as simulações solicitadas na atividade computacional II.</li> </ul>
IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar atividade avaliativa referente à análise de circuitos de corrente contínua com mais de uma fonte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolver as questões propostas na atividade avaliativa.</li> </ul>
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar a correção das questões propostas na atividade avaliativa, utilizando o <i>Falstad</i>, bem como aplicando os métodos tradicionais de análise de circuitos elétricos de corrente contínua com mais de uma fonte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discutir a solução apresentada para as questões propostas na atividade avaliativa.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

Quadro III – Pontos relevantes para implementação da SD

Encontro	Pontos relevantes
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>No primeiro encontro deverá ser feita a apresentação do simulador <i>Falstad</i>, como forma de familiarização dos alunos com o programa de simulação. Por exemplo, pode-se iniciar a apresentação perguntando para a turma o que seria um simulador de circuitos elétricos e para que serviria? A partir das respostas, pode-se mostrar o que é um simulador de circuitos elétricos e qual a sua utilidade. Nessa interação inicial, deverá haver um dialogo com os alunos sobre o que seria feito com o simulador e passo a passo são apresentadas as possibilidades e recursos disponíveis no <i>Falstad</i> para os estudantes, disponíveis em sua tela inicial mostrada na figura 6.</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esse encontro tem como foco a familiarização dos alunos com os comandos do simulador. Sugere-se a construção de pelo menos dois circuitos com os discentes e em seguida propor a atividade computacional I, disponível no apêndice B. Por exemplo, podem ser construídos os circuitos referentes aos exercícios 1 e 4 da referida atividade, em conjunto com os estudantes. As figuras 2 e 3 mostram os circuitos dos exercícios construídos no <i>Falstad</i>.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>A verificação dos conhecimentos prévios, composta por oito exercícios, disponível no apêndice A, traz luz sobre os conhecimentos dos alunos no que tange aos circuitos elétricos. Os comandos dos exercícios propostos contêm, basicamente, solicitações para determinação da resistência equivalente, tensões, correntes e potências.</li> </ul>
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esse encontro está reservado para promover a discussão e apresentação dos circuitos construídos no simulado pelos estudantes. Solicite que alguns alunos apresentem as atividades realizadas, voluntariamente, se possível. Em geral, essa atividade deverá ser realizada em duplas, visando promover a interação entre os alunos.</li> </ul>
IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nesse encontro será estudado o teorema da superposição fontes, utilizando-se o <i>Falstad</i> para inclusão e retirada das fontes e verificação dos novos valores. O anexo B contém uma aplicação referente à proposta deste encontro.</li> </ul>
V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nesse encontro será estudado as leis Kirchhoff das correntes (LKC) e das tensões (LKV) para resolver circuitos elétricos com mais de uma fonte, utilizando o <i>Falstad</i> para verificação dos valores de corrente, tensão e potência elétrica no circuito. O anexo C contém uma aplicação referente à proposta deste encontro.</li> </ul>
VI, VII e VIII	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nesses encontros deverão ser resolvidos os exercícios propostos, sugerindo-se a seguinte sequência: o aluno apresentava sua solução no <i>Falstad</i> e o professor mostrava a comprovação dos valores encontrados, mediante a solução do respectivo exercício, reforçando o uso dos métodos de análise.</li> </ul>
IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>No apêndice F está um conjunto de exercícios para subsidiar a escolha de questões para composição da atividade em tela.</li> </ul>
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar a correção das questões propostas na atividade avaliativa, utilizando o <i>Falstad</i>, bem como aplicando os métodos tradicionais de análise de circuitos elétricos de corrente contínua com mais de uma fonte.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente produto educacional possibilitou o acompanhamento da evolução conceitual dos alunos no que diz respeito ao estudo dos circuitos elétricos, as aulas experimentais propostas se mostraram como uma ferramenta útil para a motivação dos estudantes, instigando o aluno a pensar na eletricidade não apenas do ponto de vista teórico, mas também, como algo a ser vivenciado no seu dia-a-dia. Concebido para uso no ambiente fundamentado no ensino remoto e a realização de atividades assíncronas, o uso do simulador motivou os discentes. O uso da ferramenta de forma planejada e pensada com objetivos especificados dentro das habilidades conceituais, procedimentais e/ou atitudinais produziu um ganho no processo ensino-aprendizagem, facilitando a compreensão da teoria e mostrando a aplicabilidade de conceitos aprendidos durante as aulas síncronas.

A implementação em tela mostrou que o aprender circuitos elétricos por intermédio das experiências e das representações, recursos que estão intrínsecos a essa disciplina com a função de favorecer e facilitar, foi menos árduo e mais prazeroso. A assimilação de conceitos, as comparações, as análises e a obtenção de resultados, sejam eles exatos ou não, ficaram mais seguras e imediatas. Nessa perspectiva, as aulas com o uso do simulador possibilitam práticas interativas, enriquecendo a discussão didática, mediante uma abordagem contextualizada dos conceitos, promovendo a mediação dos conceitos por meio da troca de informações entre alunos e professor, criando no educando um espírito crítico e aguçando sua curiosidade para a pesquisa, estimulado pela proximidade das práticas com fenômenos físicos presentes no estudo dos circuitos elétricos. Mas, todas essas facilidades não são suficientes no processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos. O uso de laboratórios físicos é realidade inquestionável em um curso técnico.

Por tudo isso, acredita-se que o caminho para a construção de uma consciência crítica mediada pela utilização de tecnologias digitais, em especial relativas ao uso de simulações, passa por uma reflexão sobre o seu uso cotidiano e a sua aplicação para a proposição de soluções para problemas reais. Para que a implementação das práticas laboratoriais seja feita de forma adequada, deve haver a preocupação em se elaborar um material didático adequado aos conceitos que se quer trabalhar, bem como ter um professor, personagem condutor do processo didático, convencido de que a prática didática, utilizando um laboratório não convencional, lhe possibilitará realizar profundas mudanças na aprendizagem do aluno. Ao ressignificar o uso das tecnologias para reflexão e resolução de problemas, os discentes trazem consigo novas possibilidades para a construção de uma consciência crítica.

## REFERÊNCIAS

ALEGRO, Regina Célia. **Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de conceitos históricos no Ensino Médio** – Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, (Campus de Marília). Marília, 2008.

ARAÚJO, Denise Lino de. O que é (e como faz) sequência didática. **Revista Entre Palavras**, Ceará, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013. Disponível em: <http://www.entrepalavras.ufc.br/revista/index.php/Revista/article/view/148/181>. Acesso em: 18 set. 2021.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Resolução nº 6, de 20 de setembro de 2012**. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio, Brasília - DF, set. 2012. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc\\_download&gid=11663&Itemid](http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc_download&gid=11663&Itemid). Acesso em: 20 out. 2021.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Secretária de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Terceira Versão. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc\\_download&gid=11663&Itemid](http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc_download&gid=11663&Itemid). Acesso em: 05 nov. 2021.

CARRARO, Francisco Luiz; PEREIRA, Ricardo Francisco. **O uso de simuladores virtuais do phet como metodologia de ensino de eletrodinâmica**. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, Paraná, v.1, 2014. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_uem\\_fis\\_artigo\\_francisco\\_luiz\\_carraro.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uem_fis_artigo_francisco_luiz_carraro.pdf) Acesso em 18 set. 2021.

CARVALHO, Luzia Alves de. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC’S) e a sala de aula. **Perspectivas Online**, v. 17, n. 6, p. 22-30, 2016. Disponível em:

[http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas\\_sociais\\_e\\_aplicadas/article/download/999/837](http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/download/999/837). Acesso em 18 set. 2021.

CORDEIRO, K. M. A. **O Impacto da Pandemia na Educação: A Utilização da Tecnologia como Ferramenta de Ensino**. 2020. Disponível em: <http://oscardien.myoscar.fr/jspui/bitstream/prefix/1157/1/O%20IMPACTO%20DA%20PANDEMIA%20NA%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20A%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20TECNOLOGIA%20COMO%20FERRAMENTA%20DE%20ENSINO.pdf>. Acesso em 22 set. 2021.

DAMIANI, Magda Floriana. Sobre Pesquisas do Tipo Intervenção. *In: Encontro Nacional de Didática e Práticas de ensino*, Campinas: Junqueira e Marin Editores, p. 02882-02890, 2012. Disponível em: [http://www.infoteca.inf.br/endipe/smarty/templates/arquivos\\_template/upload\\_arquivos/acervo/docs/2345b.pdf](http://www.infoteca.inf.br/endipe/smarty/templates/arquivos_template/upload_arquivos/acervo/docs/2345b.pdf). Acesso em: 10 ago. 2021.

DE OLIVEIRA MIRANDA, Kacia Kyssy Câmara et al. **Aulas remotas em tempo de pandemia: desafios e percepções de professores e alunos**. VII Encontro Nacional de Educação. Maceió, AL, 2020. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2020/TRABALHO\\_EV140\\_MD1\\_SA\\_ID5382\\_03092020142029.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2020/TRABALHO_EV140_MD1_SA_ID5382_03092020142029.pdf). Acesso em: 10 set. 2021.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GNU Operating System. **O que o software livre tem a ver com a Educação?** Página da web. Tradução de Rafael Beraldo. Disponível em : <https://www.gnu.org/> . Acesso em: 22 nov. 2021.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 6ª ed.

MACEDO, Suzana da Hora. **Uso de técnicas de Realidade Aumentada no processo de**

**ensino-aprendizagem de Eletromagnetismo.** Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 7. ed., São Paulo:Atlas, 2010.

MAYRINK, M. F.; ALBUQUERQUE-COSTA, Heloísa. **Ensino presencial e virtual em sintonia na formação em línguas estrangeiras.** The ESPecialist: Descrição, Ensino e Aprendizagem, São Paulo, v. 38, n. 1, 2017.

MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia.** 2012. 348 f. Tese (Doutorado em Enseñanza de las Ciencias) - Universidad de Burgos, Burgos, 2012.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade.** 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MORAN, José Manuel. Integrar as tecnologias de forma inovadora. *In:* MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica.** 21. ed. Campinas: Papirus, 2013. p. 36-46. Disponível em: [http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias\\_eduacao/utilizar.pdf](http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_eduacao/utilizar.pdf). Acesso em: 12 ago. 2020

MORAN, José Manuel. Tecnologias digitais para uma aprendizagem ativa e inovadora .*In:* MORAN, José. **A Educação que Desejamos: novos desafios e como chegar lá.** cap. 4. 5. ed. Campinas: Papirus, 2013. p. 36-46. Disponível em: [http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2017/11/tecnologias\\_moran.pdf](http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2017/11/tecnologias_moran.pdf) . Acesso em: 12 set. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. O mestrado (profissional) em ensino. **Revista Brasileira de Pós-Graduação,** v. 1, n. 1, p. 131-142, 2004.

PEÑA, Antônio Ontoria et al. **Mapas conceituais: uma técnica para aprender.** São Paulo:

Loyola, 2005.

PRENSKY, Marc. **Nativos digitais, imigrantes digitais**. De On the Horizon, NCB University Press, v. 9, n. 5, out. 2001. Disponível:

<http://poetadasmoreninhas.pbworks.com/w/file/fetch/60222961/Prensky%20-%20Imigrantes%20e%20nativos%20digitais.pdf>. Acesso em: 25 de abr. de 2020.

PRETTO, Nelson de Luca; PINTO, Cláudio da Costa. **Tecnologias e novas educações**. Revista Brasileira de Educação, v. 11, n. 31, p. 19-30, 2006. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/rbedu/v11n31/a03v11n31.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v11n31/a03v11n31.pdf). Acesso em 22 mar. 2021.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3. ed., São Paulo: Atlas, 2015.

RONCA, Antônio Carlos Caruso; ESCOBAR, Virginia Ferreira. **Técnicas pedagógicas - domesticação ou desafio à participação**. Rio de Janeiro: Vozes, 1980.

SANTIAGO, Sandra A. da S. Educação, Escola e perspectiva de futuro: O que pensa a juventude. **Revista Espaço do Currículo**, João Pessoa- PB, v. 9, n. 1. Universidade Federal da Paraíba, 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rec/article/view/rec.2016.v9i1.039047>. Acesso em: 07 abr. 2021.

SILVA, Bento; DUARTE, Eliane; SOUZA, Karine (2013). **Tecnologias digitais de informação e comunicação: artefactos que potencializam o empreendedorismo da geração digital**. In: Morgado, José Carlos; Santos, Lucíola Licínio; Paraíso, Marlucy (Org.), Estudos curriculares. Um debate contemporâneo. Curitiba: Editora CRV, p. 165-180.

SILVA, Lucimar da; STOCHI, Claudia Roberta Rosa S. **As novas tecnologias no contexto educacional e a formação continuada: a busca permanente**. 2017. Disponível em: <https://blog.abmes.org.br/as-novas-tecnologias-no-contexto-educacional-e-a-formacao-continuada-a-busca-permanente/>.

TAPSCOTT, Don. **A hora da geração digital**. Rio de Janeiro: Agir, 2010.

VALENTE, José Armando. A comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias



Digitais da Informação e Comunicação. **Revista UNIFESO** - Humanas e Sociais. v. 1, n. 1, 2014.

VALENTE, José Armando. A telepresença na formação de professores da área de informática em Educação: implantando o construcionismo contextualizado. *In: IV Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação –RIBIE98*, Brasília, 1998.

VALENTE, José Armando. *Blended learning* e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, n. 4, p. 79-97, 2014.

VALENTE, José Armando; BIANCONCINI DE ALMEIDA, Maria Elizabeth; FLOGI SERPA GERALDINI, Alexandra. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. **Revista Diálogo Educacional**, [S.l.], v. 17, n. 52, p. 455-478, jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/9900/12386>. Acesso em: 28 abr. 2021.

VIEIRA, Matheus Machado. Educação e novas tecnologias: o papel do professor nesse cenário de inovações. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 129, fev. 2012. Disponível em: <http://ojs.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/viewFile/14359/8641>. Acesso em: 01 out. 2021.

ZABALA, Antoni. **A prática Educativa**: como Ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## APÊNDICE A – VERIFICAÇÃO INICIAL

**Objetivo:** Os exercícios visam, basicamente, revisar conceitos já estudados, bem como fornecer um conjunto de dados referentes aos conhecimentos prévios necessários ao estudo de circuitos elétricos com mais de uma fonte. Sento assim, os seguintes pontos deverão ser observados nas resoluções apresentadas pelos alunos:

1. Grau de familiaridade com as configurações em paralelo e série-paralelo e solução de problemas envolvendo tensão, corrente e/ou potência de qualquer elemento individual ou de qualquer combinação de elementos do circuito;
2. Uso eficaz do divisor de tensão e do divisor de corrente;
3. Compreensão clara das leis de Kirchhoff para correntes e tensões, bem como a sua aplicação para a análise de circuitos elétricos;
4. Aplicação correta da transformação triângulo - estrela.

Assim, os comandos dos exercícios propostos contem, basicamente, solicitações para determinação da resistência equivalente, tensões, correntes e potências, assuntos já trabalhados em aulas anteriores com os alunos, no semestre anterior.

Essa atividade possibilita conhecer o estágio em que os participantes, efetivamente, estão no momento anterior à aplicação da SD. Segundo Ausubel et al (1980),

[...]se quiséssemos reduzir a psicologia educacional em um único princípio este seria: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que sabe e baseie nisso seus ensinamentos.(AUSUBEL et al, 1980, p.137)

- 1) No circuito da figura P1, determine o valor da corrente elétrica que atravessa o resistor de  $4\ \Omega$ .

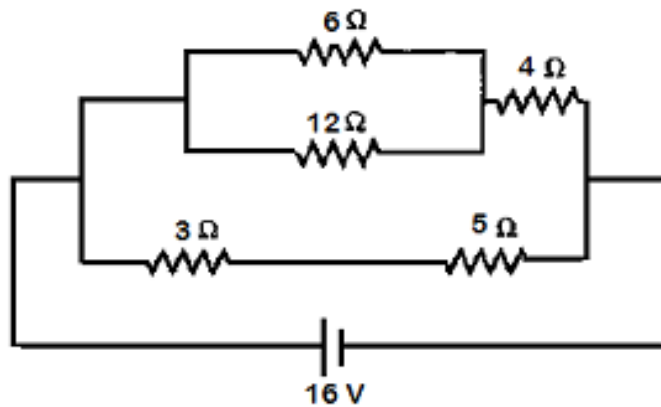


Figura P1

Resposta:  $I_{4\Omega} = 2,0\text{ A}$

- 2) Para o circuito da figura P2, determine:
- a resistência equivalente vista pela fonte;
  - a corrente total que percorre o circuito;
  - a potência total dissipada pelo circuito.

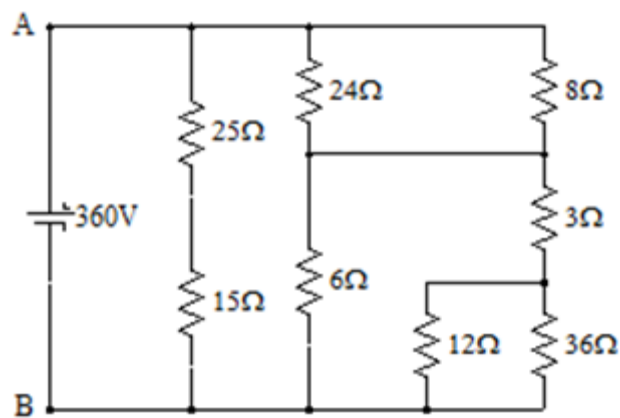


Figura P2

Respostas: a)  $8\ \Omega$ ; b)  $45\text{ A}$ ; c)  $16200\text{ W}$

- 3) Determine a potência consumida no resistor de  $54\ \Omega$  do circuito mostrado na figura P3.

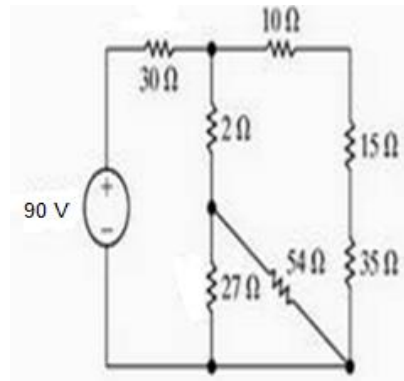


Figura P3

Resposta: 13,5 W

- 4) Determine a tensão no resistor de  $10\ \Omega$  do circuito mostrado na figura P4.

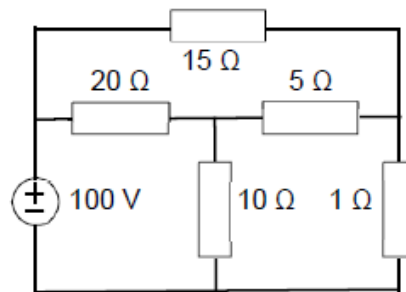


Figura P4

Resposta: 19,00 (V)

- 5) Para o circuito da figura P5, determine:
- a resistência equivalente vista pela fonte;
  - a corrente total que percorre o circuito;
  - a potência total dissipada pelo circuito.

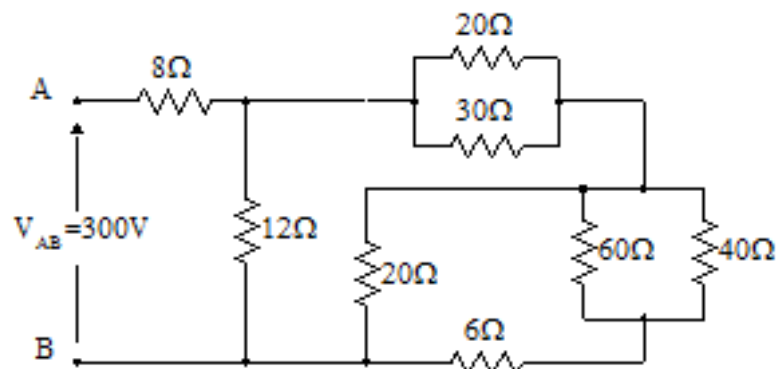


Figura P5

Respostas: a)  $16\ \Omega$ ; b)  $18,75\text{A}$ ; c)  $5625\text{W}$

- 6) A tabela da figura P6 mostra os principais eletrodomésticos e suas quantidades em uma residência com quatro pessoas, a potência elétrica de cada equipamento e o tempo mensal de funcionamento em horas. Supondo que a companhia de energia elétrica cobre R\$ 0,80 por cada KWh consumido, determine o custo mensal da energia elétrica para essa residência.

APARELHO	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	TEMPO MENSAL DE USO (h)
Chuveiro	1	5500	30
Ferro elétrico	1	1000	10
Geladeira	1	500	720
Lâmpadas	10	100	120
TV	2	90	20

Figura P6

Resposta: R\$ 526,88

- 7) Considere o circuito da figura P7 e determine:
- a leitura do amperímetro;
  - a leitura do voltímetro 1;
  - a leitura do voltímetro 2.

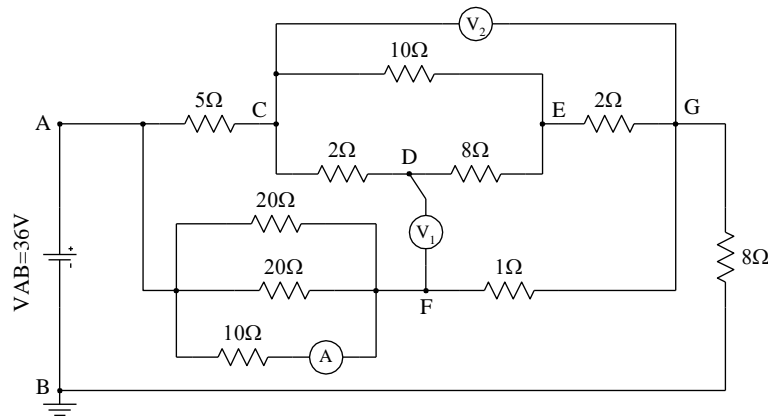


Figura P7

Respostas: a) 1A; b) 4V; c) 7V

8) Determine a potência total consumida e a tensão  $V$  no circuito da figura P10.

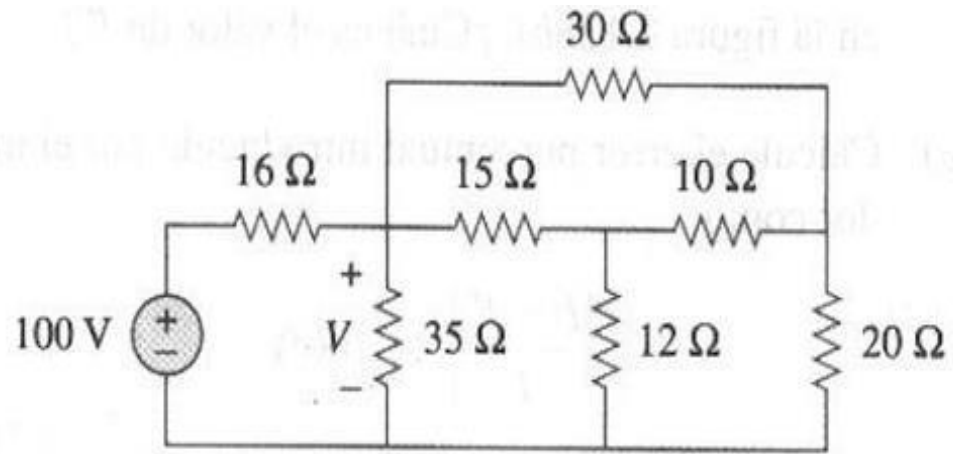


Figura P8

Resposta:  $V = 42,18 \text{ V}$  e  $P = 361,39 \text{ W}$

## APÊNDICE B – VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM

**Objetivo:** Os exercícios visam, basicamente, verificar conceitos e métodos estudados, bem como fornecer um conjunto de dados referentes aos conhecimentos adquiridos pelos alunos no que tange á análise de circuitos elétricos com mais de uma fonte.

- 1) Determine os valores e anote na figura P1 todas as correntes do circuito, indicando os seus sentidos.

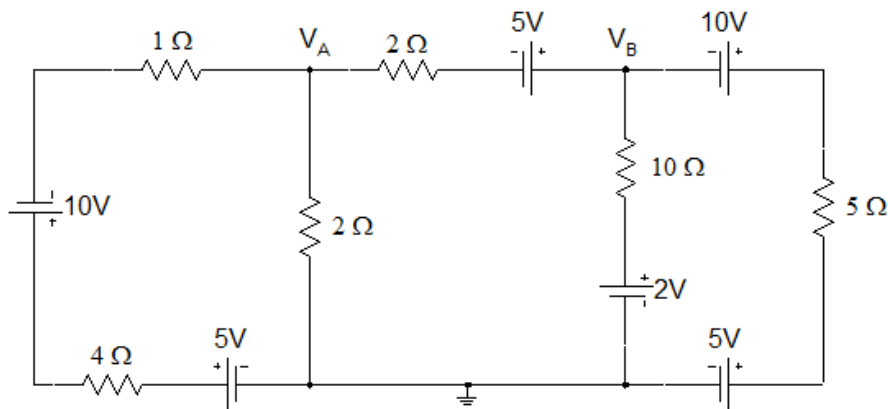
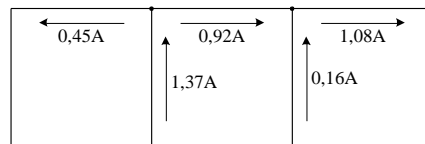


Figura P1

Resposta:



- 2) No circuito da figura P2, determine o valor das correntes, utilizando o método das correntes de malha:

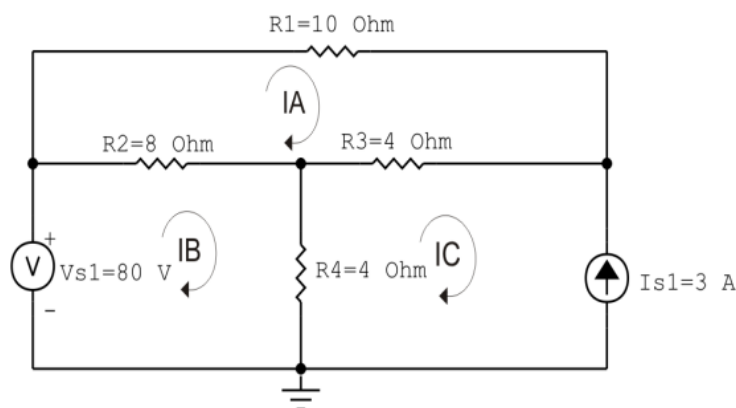


Figura P2

Resposta:  $I_A = 2 \text{ A}$ ;  $I_B = 7 \text{ A}$ ;  $I_C = -3 \text{ A}$

- 3) Determine as correntes em todos os ramos do circuito mostrado nas figuras P3. Anote-as nas figuras, indicando os seus sentidos.

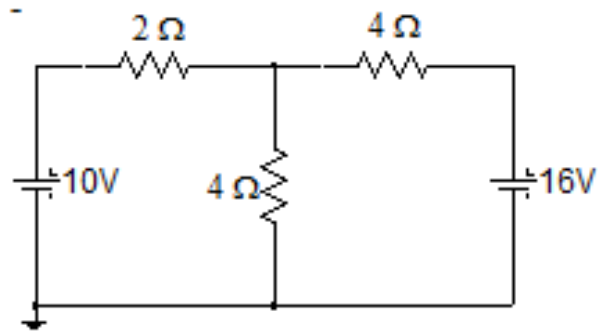


Figura P3

Resposta: 0,5A, 2,25A e 1,75 A

- 4) Calcule as tensões  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  do circuito da figura P4.

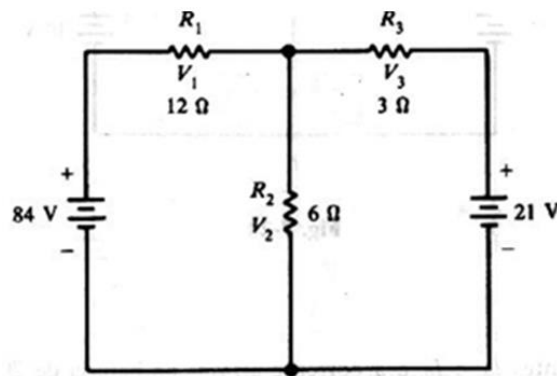


Figura P4

Resposta:  $V_1 = 60$  V;  $V_2 = 24$  V;  $V_3 = 3$  V

- 5) No circuito da figura P5, encontre os valores de  $V_1$  e  $V_2$ .

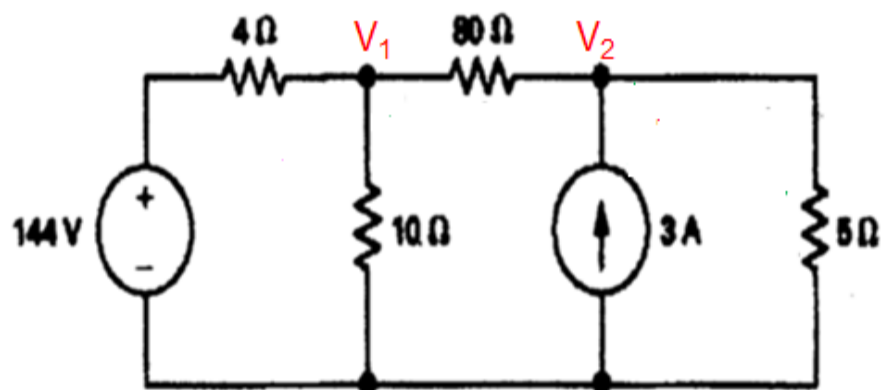


Figura P5

Resposta:  $V_1 = 100$  V;  $V_2 = 20$  V



6) Determine as tensões nodais  $V_1$  e  $V_2$  no circuito da figura P6 (Boylestad, pg. 206).

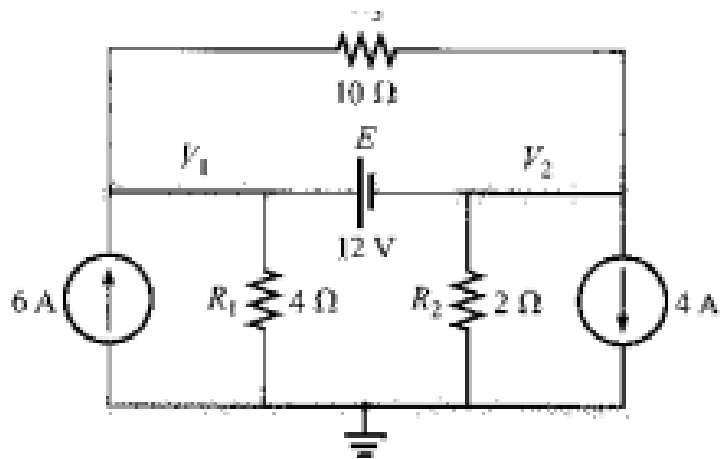


Figura P6

7) Determine a tensão  $v_0$  no circuito da figura P7.

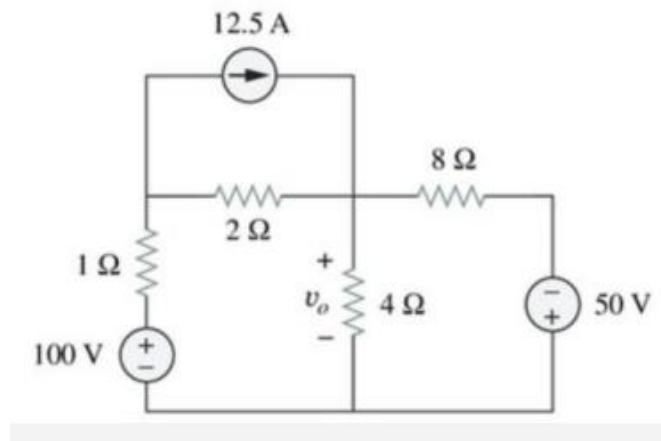


Figura P7

Resposta:  $v_0 = 50 \text{ V}$

8) No circuito da figura P8, calcule as potências nas fontes e nos resistores para  $R = 1 \Omega$ .

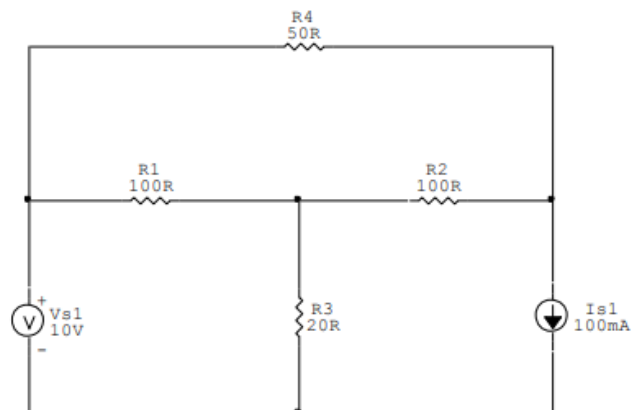


Figura P8

## APÊNDICE C – ATIVIDADE COMPUTACIONAL I

- 1) Determine a corrente em cada um dos resistores do circuito da figura 1.

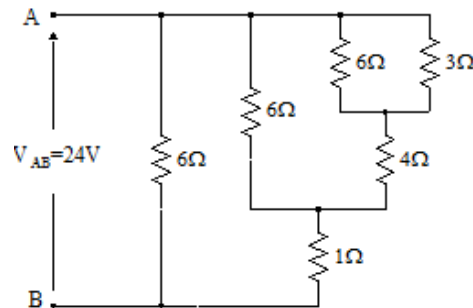


Figura 1

- 2) No circuito esquematizado na figura 2, o amperímetro acusa uma corrente de 30mA.

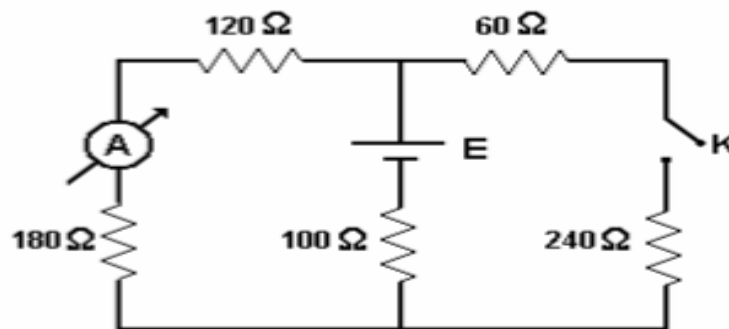


Figura 2

- Qual o valor da tensão da fonte E?
  - Qual o valor da corrente que o amperímetro passa a registrar quando a chave k é fechada?
  - Qual a potência fornecida pela fonte?
  - Qual a potência dissipada em cada resistor?
- 3) Determine a corrente  $I_0$  no circuito da figura 3, bem como a potência dissipada em cada um dos resistores. Qual será a potência dissipada em cada resistor, se reduzirmos a tensão da fonte para 110 V? E se aumentarmos para 130 V? Explicar o que houve?

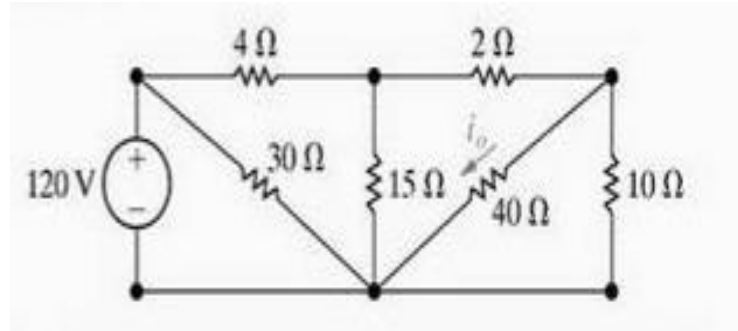


Figura 3

- 4) Determine a corrente  $I$  e a potência dissipada em cada resistor do circuito da figura 4. Qual será a potência em cada resistor se houver redução da tensão da fonte para 120 V?

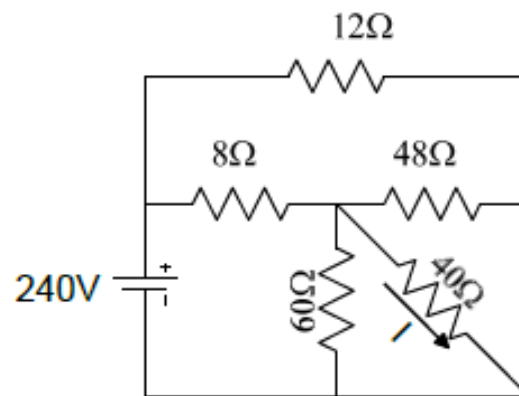


Figura 4

- 5) Considere o circuito da figura P5 e determine:
- a leitura do amperímetro;
  - a leitura do voltímetro 1;
  - a leitura do voltímetro 2.

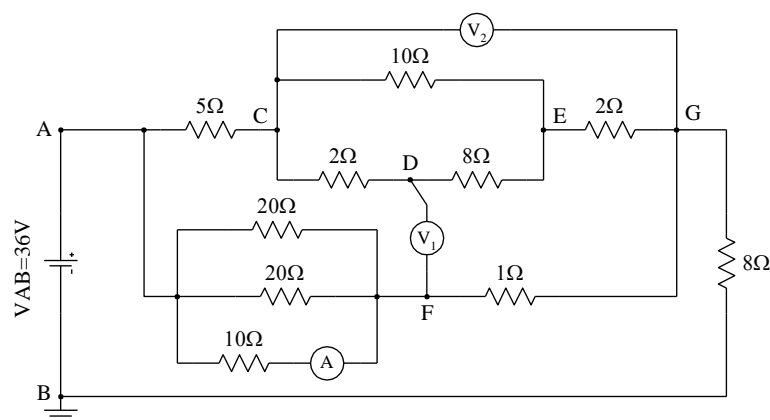


Figura P5

6) Determine a potência consumida em cada resistor do circuito da figura 6.

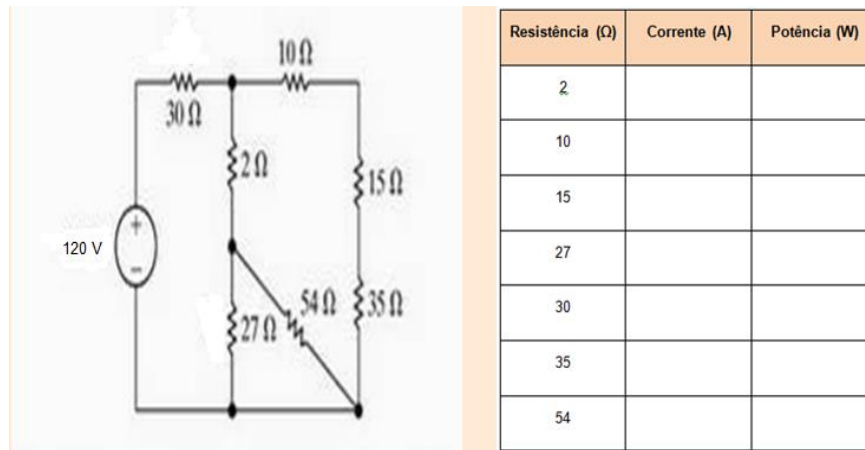


Figura 6

7) Considere o circuito da figura P7 e determine:

- o potencial em todos os nós do circuito;
- a corrente em todos os ramos do circuito (indique os sentidos).

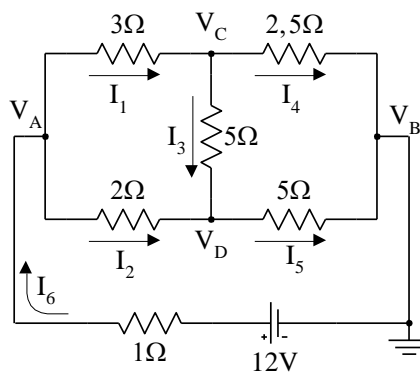


Figura P7

8) Determine a potência total consumida e a tensão  $V$  no circuito da figura 8.

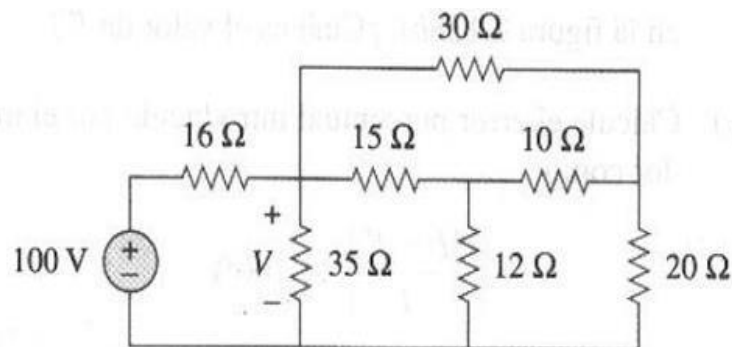


Figura 8

## APÊNDICE D – ATIVIDADE COMPUTACIONAL II

**Objetivo:** Realizar a construção de circuitos elétricos no *Falstad*, visando familiarizar os estudantes com os recursos disponíveis, bem como efetuar análises de circuitos elétricos em corrente contínua com o uso do referido simulador.

- 1) Determine a corrente em cada um dos resistores, bem como as tensões  $V_A$  e  $V_B$ , do circuito da figura P1.

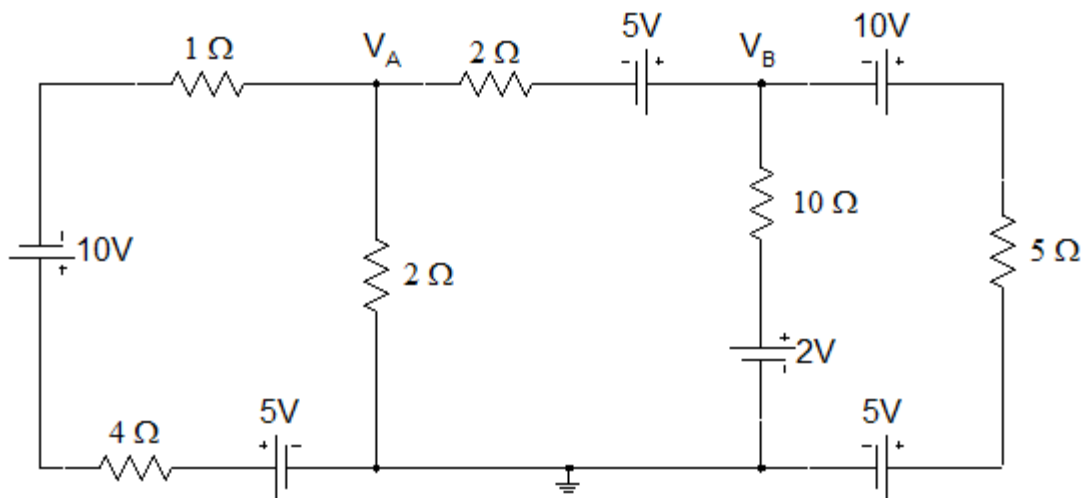


Figura P1

- 2) No circuito da figura 1, se multiplicarmos os resistores com valores pares por 3 e os com valores ímpares por cinco, como ficarão os novos valores de correntes? Mostre o novo circuito com os respectivos valores.

E, se os valores das fontes de tensão forem duplicados?

A resposta deverá ser mostrada em uma tabela.

- 3) No circuito esquematizado na figura 2, determine a corrente e potência dissipada em cada um dos resistores, bem como as tensões  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ .

Quais serão os novos valores das tensões acima, se a tensão da fonte for de 220 V?

A resposta deverá ser mostrada em uma tabela. Não há necessidade de desenhar o circuito novamente, só efetuar a alteração do valor da tensão e anotar os novos valores de corrente em cada um dos resistores, bem como as tensões  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ .

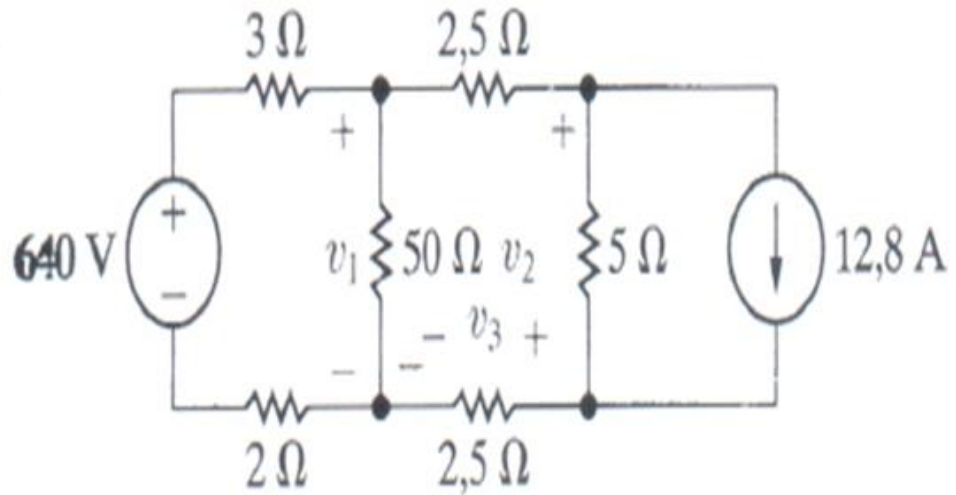


Figura P2

- 4) No circuito da figura P3, encontre os valores de potência em cada um dos resistores.

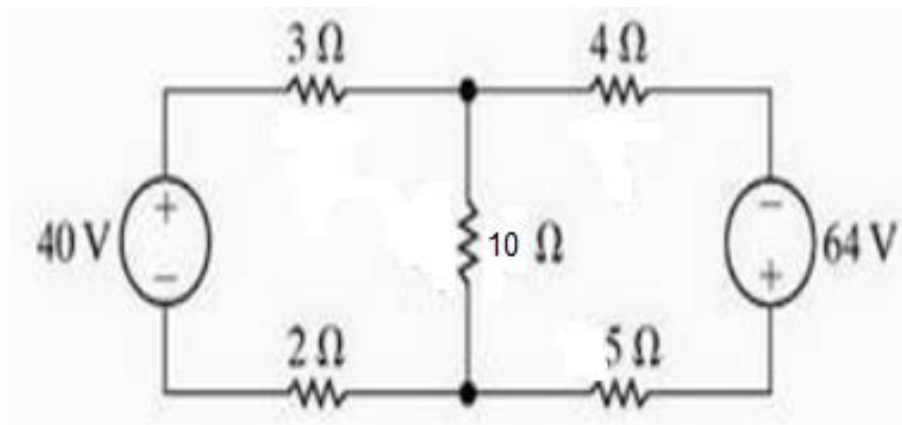


Figura P3

- 5) Determine as correntes em todos os ramos do circuito da figura P4.

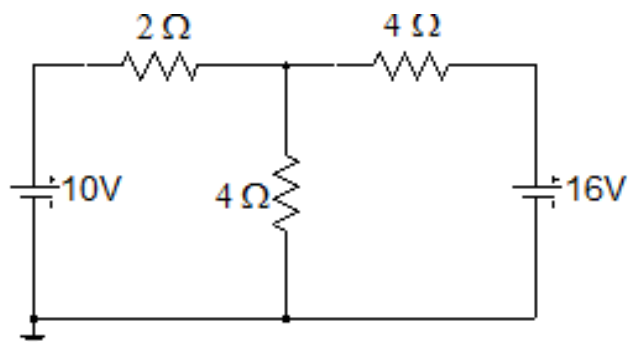


Figura P4

- 6) Determine as correntes em todos os ramos do circuito da figura P5.

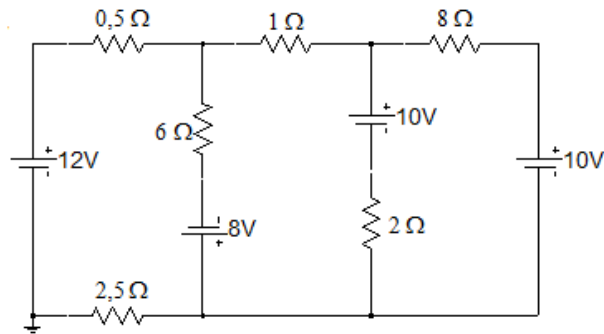


Figura P5

- 7) Determine a tensão  $V_0$  no circuito da figura P6, utilizando-se *Falstad* para simular a aplicação do teorema da superposição de fontes.

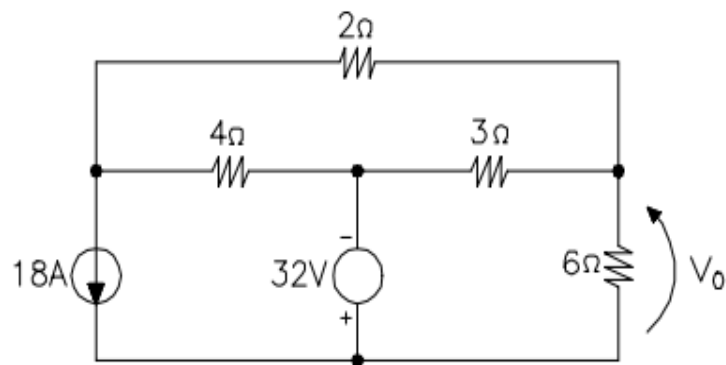


Figura P6

- 8) Para o circuito da figura P7, calcule o valor da tensão  $I_0$ , utilizando o *Falstad* para simular o sua do teorema da superposição de fontes.

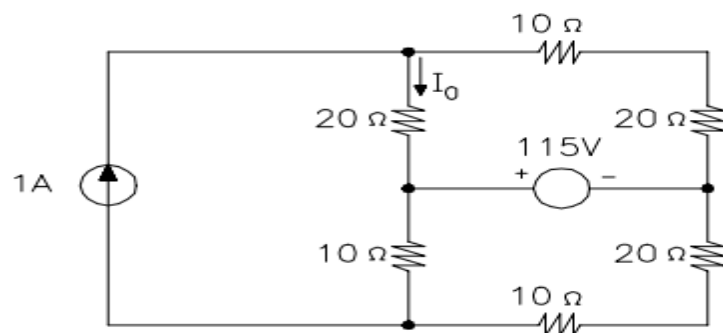


Figura P7

## ANEXO A – TEOREMA DA SUPERPOSIÇÃO DE FONTES

### USANDO O *FALSTAD*

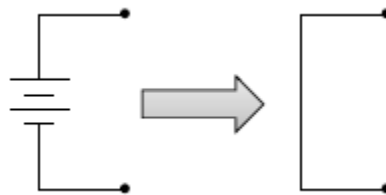
Apresenta-se aqui o teorema da superposição fontes, utilizando-se o *Falstad* para inclusão e retirada das fontes e verificação dos novos valores.

O teorema da superposição afirma que em um circuito linear com mais de uma fonte, é possível calcular a corrente ou a tensão em qualquer ponto do circuito como a soma algébrica das contribuições individuais das fontes.

Para calcular a contribuição de cada fonte independentemente, todas as outras fontes devem ser removidas e substituídas sem afetar o resultado final. Ao remover uma fonte de tensão, sua tensão deve ser definida como zero, o que equivale a substituir a fonte de tensão por um curto-circuito. Ao remover uma fonte de corrente, sua corrente deve ser definida como zero, o que equivale a substituir a fonte de corrente por um circuito aberto. As figuras 1 e 2 mostram como se deve representar no circuito elétrico.

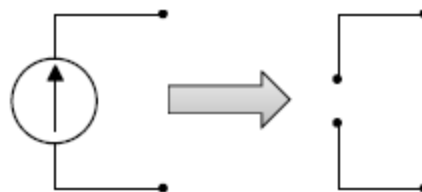
Fontes de Tensão não analisadas (inativas) são consideradas curto circuitos:

Figura 1 – Anulando fontes de tensão



Fontes de corrente não analisadas (inativas) são consideradas circuitos abertos:

Figura 2 – Anulando fontes de corrente



O método de superposição, utilizando o simulador foi utilizado no circuito a seguir.



Para o circuito da figura 3, calcule o valor da corrente  $I_0$ , utilizando o *Falstad* para simular o sua do teorema da superposição de fontes.

Figura 3 – Exercício de aplicação do teorema da superposição

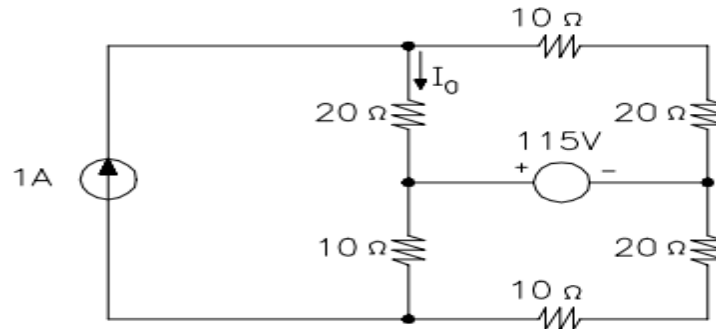
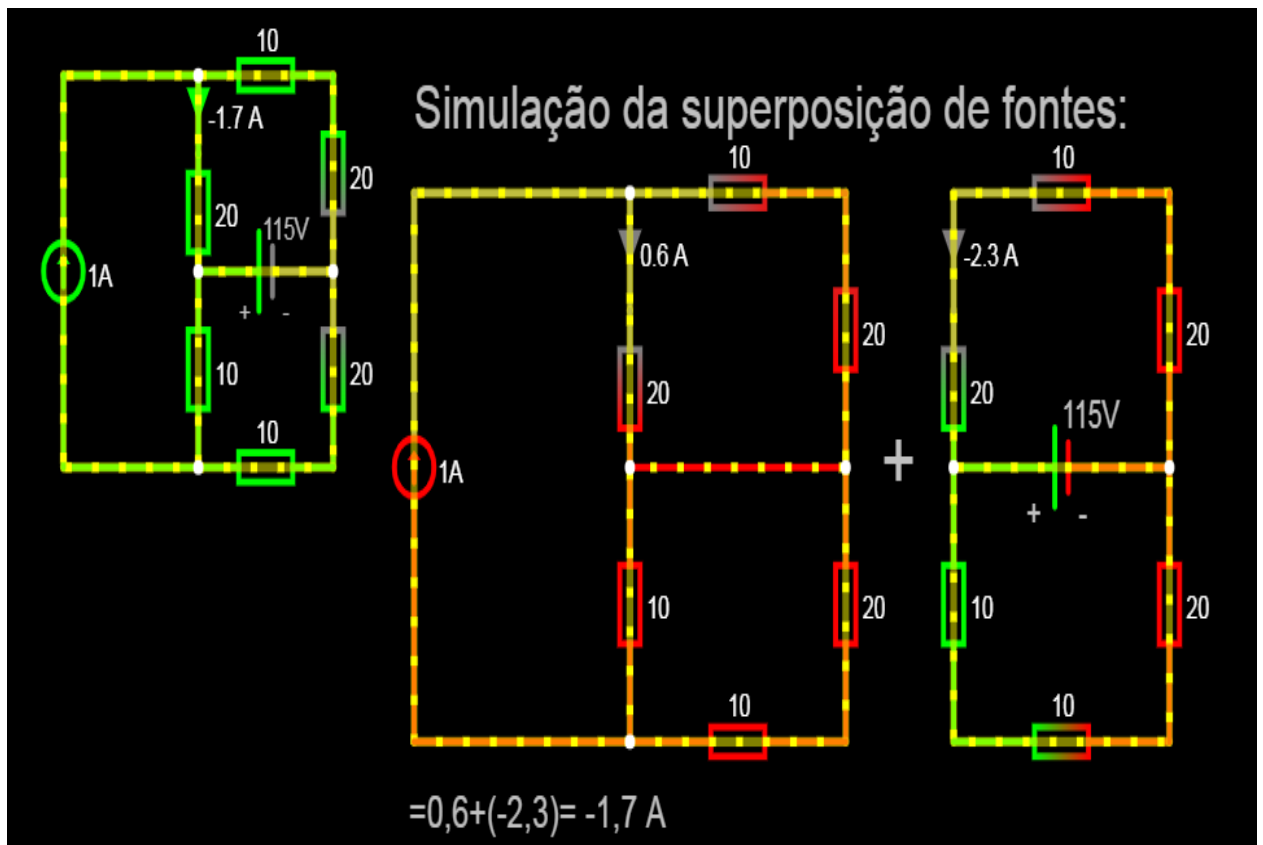


Figura 4 – Exercício de aplicação do teorema da superposição no *Falstad*



Fonte: Elaboração própria

## ANEXO B – LEIS DE KIRCHHOFF USANDO O *FALSTAD*

Nesse caso, o *Falstad* é utilizado para inclusão e retirada das fontes e verificação dos novos valores, conforme mostrado nos exemplos a seguir:

Exemplo 1: Determine as correntes em todos os ramos do circuito da figura 1.

Figura 1 – Exemplo 1 de aplicação das leis Kirchhoff

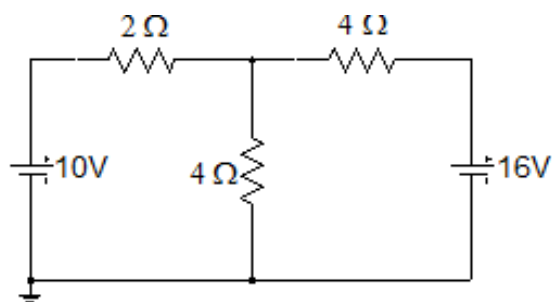
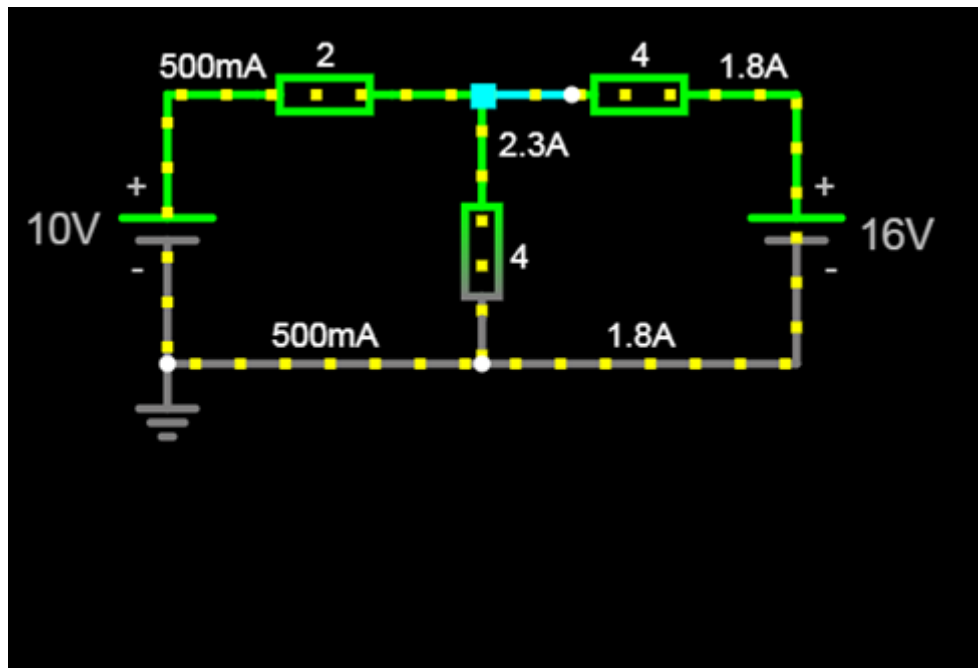


Figura 2 – Exemplo 1 de aplicação das leis Kirchhoff no *Falstad*



Fonte: Elaboração própria

Assim, os alunos identificavam, rapidamente, os valores de corrente, além de poderem alterar o os valores das fontes e dos resistores e verificarem os novos valores de correntes e tensões de imediato.

Exemplo 2: No circuito da figura 3, encontre os valores de tensão e corrente em cada um dos resistores.

Figura 3 – Exemplo 2 de aplicação das leis Kirchhoff

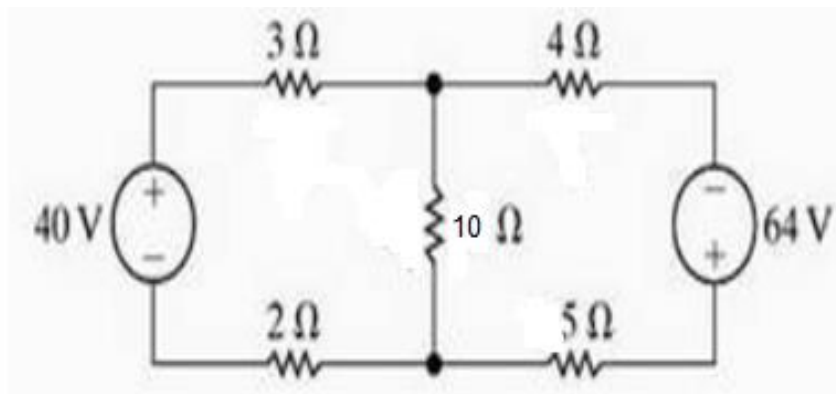
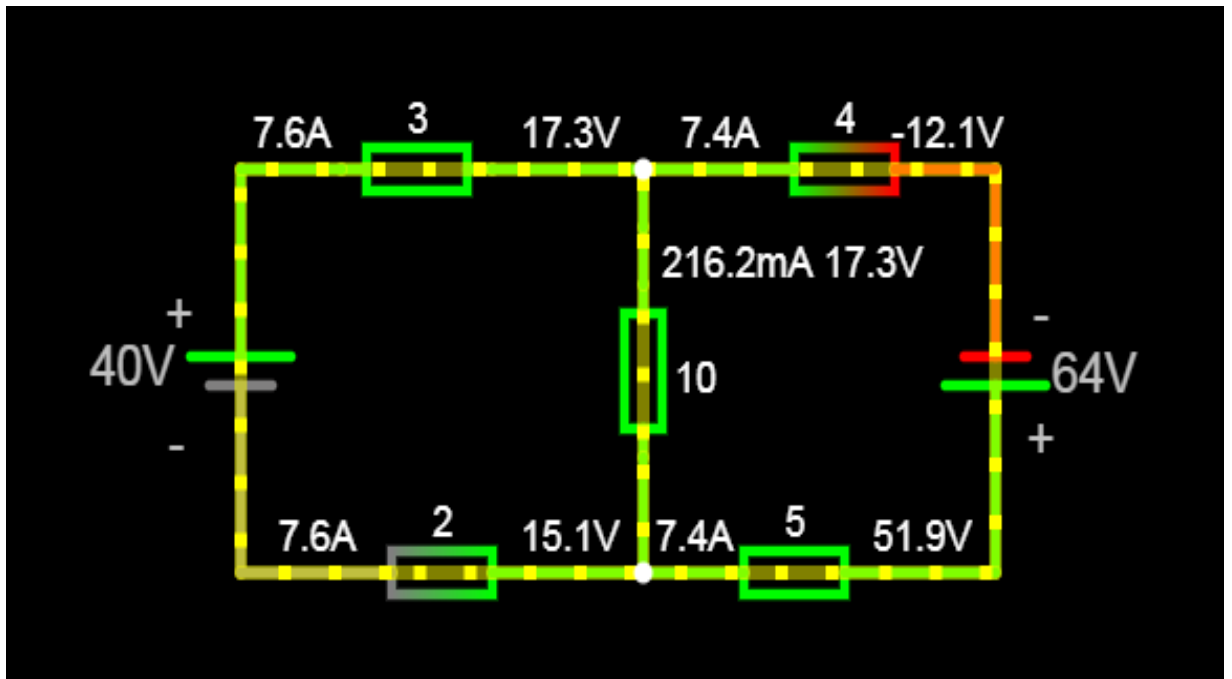


Figura 4 – Exemplo 2 de aplicação das leis Kirchhoff no *Falstad*



Fonte: Elaboração própria

## ANEXO C – GUIA SUCINTO DE USO DO *FALSTAD*

O *Falstad (Circuit Simulator Applet)* é uma ferramenta que contém simulações computacionais para experimentos de circuitos elétricos e trata-se de um software livre, que possui uma interface gráfica simples, mas com uma grande variedade de simulações que não se restringem apenas aos circuitos elétricos, mas aborda fenômenos da eletrodinâmica, eletromagnetismo, mecânica quântica, vetores, termodinâmica, ondulatória, oscilações, álgebra linear e outros. CSA é uma aplicação web, sendo possível acessá-la das seguintes modalidades:

- **Simulador online**
  - <http://www.falstad.com/circuit/>
- **Simulador offline (arquivo java circuit.js +outros arquivos)**
  - <http://www.falstad.com/circuit-java/circuit.zip>

(Necessita java no computador).

Nesta seção serão descritos os aspectos metodológicos da Sequência Didática desenvolvida com o uso do simulador *Falstad* para potencializar a aprendizagem de circuitos elétricos em corrente contínua com mais de uma fonte.

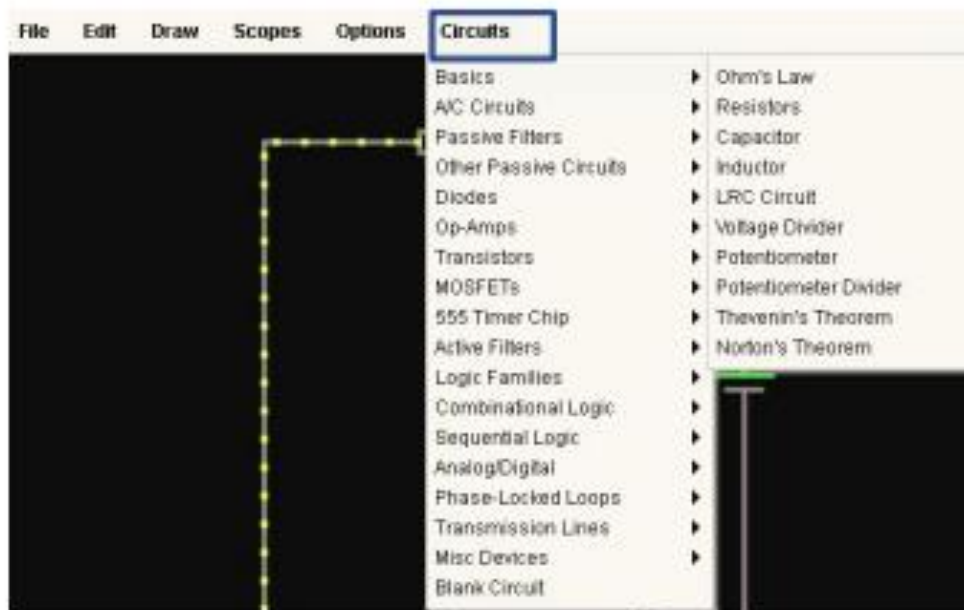
Inicialmente, ao abrir o programa em seu navegador, o usuário terá acesso à tela mostrada na figura 1. Nesta figura, pode-se observar que quando o software é aberto pela primeira vez, o circuito de partida é um simples circuito LRC (Isto significa Indutor, Resistor, Capacitor. Estes são os principais componentes deste circuito). Ao se abrir o aplicativo, os botões da barra de ferramentas são:

- **Arquivo** - Importar, Exportar e Sair.
- **Escopo** - Empilhar tudo, desempilhar tudo.
- **Opções** - Mostrar Corrente, Mostrar Tensão, Mostrar Potência, Mostrar Valores, Rede Pequena, Resistores Europeus, Fundo Branco, Movimento de Corrente Convencional.
- **Circuitos** - Listar todos os circuitos separados seria bastante inútil, pois há muitos deles. Esses circuitos vêm com o programa que o criador deve ter pré-programado. O menu Arquivo permite carregar ou salvar arquivos de descrição de circuitos. Você

também pode exportar uma descrição de circuito como um link para poder compartilhar um circuito com outras pessoas; esse link pode ser encurtado opcionalmente, o que geralmente é melhor.

O botão Reset redefine o circuito para um estado razoável. O botão Executar/Parar permite interromper a simulação. O controle deslizante Velocidade da simulação permite ajustar a velocidade da simulação. Se a simulação não for dependente do tempo (ou seja, se não houver capacitores, indutores ou fontes de tensão dependentes do tempo), isso não terá nenhum efeito. O controle deslizante Current Speed permite ajustar a velocidade dos pontos, caso as correntes sejam tão fracas (ou fortes) que os pontos estejam se movendo muito devagar (ou muito rápido).

Figura 1 – Tela inicial do *Falstad*



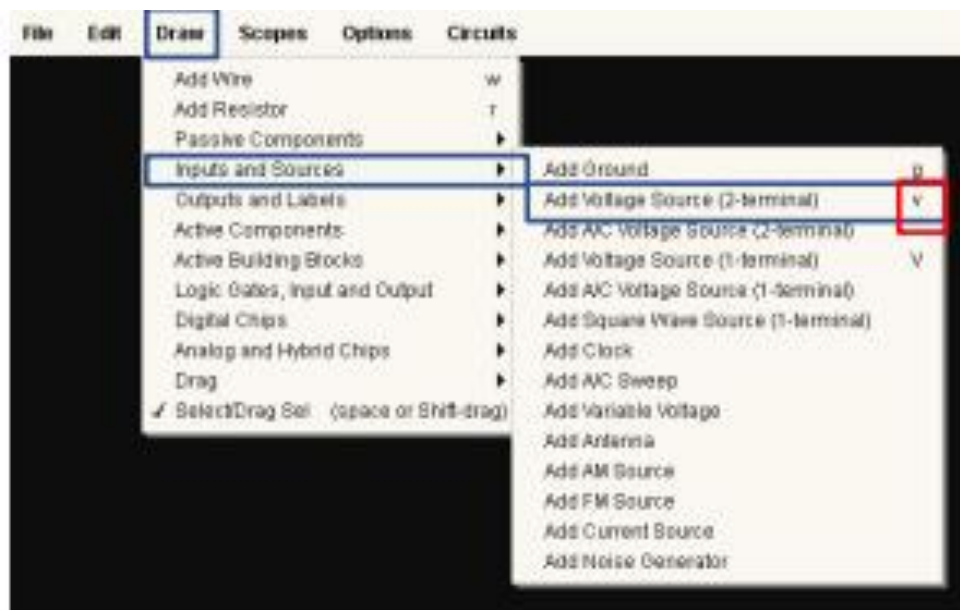
Fonte: <https://sites.google.com/view/cdx-groups-univesp/p%C3%A1gina-inicial/simuladores/simulador-de-circuitos-falstad>

Assim, nessa tela é possível obter uma série de exemplos de circuitos previamente disponíveis para serem analisados e modificados pelos usuários. Além disso, na aba Draw é possível desenhar os circuitos, conforme a necessidade do usuário. A figura 2 ilustra essa opção.

Figura 2 – Opção *Draw* do *Falstad*

Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Para adicionar componentes ou um fio é necessário escolher uma das opções no menu "*Draw*". Note que os componentes comuns têm atalhos de teclado para selecionar seu modo de adição. Quando no modo adicionar, o cursor muda para um "+". Clique e arraste o mouse para adicionar um componente. A figura 3 ilustra a adição de uma fonte de tensão.

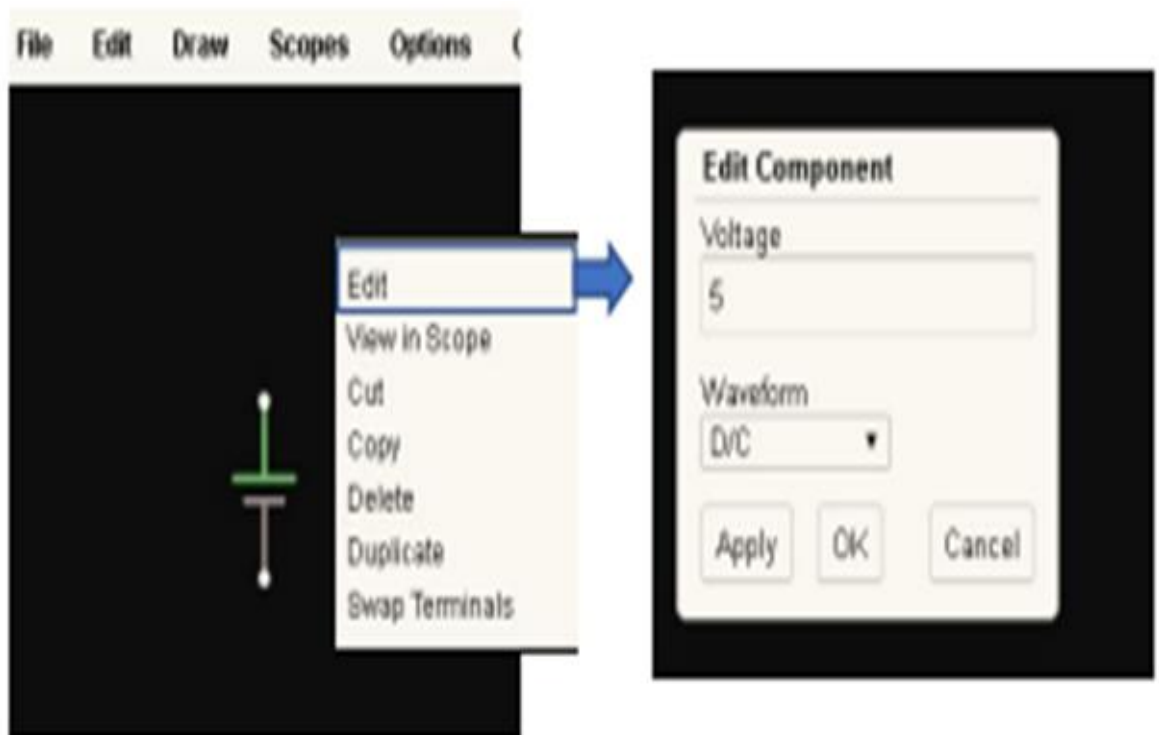
Figura 3 – Adição de uma fonte de tensão no *Falstad*

Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Adicionalmente, é importante destacar que os componentes podem ser movidos e redimensionados no modo de seleção, que provocará a mudança do cursor para uma seta. A figura 4 ilustra o processo para alterar a tensão de uma fonte.

É importante destacar que ao passar o mouse sobre um componente, ele será realçado e mostrará informações sobre aquele componente na área de informações. Clicar e arrastar em um componente moverá o componente. Se você clicar e arrastar as alças quadradas ou manter pressionada a tecla *ctrl*, isso redimensiona o componente e moverá os terminais.

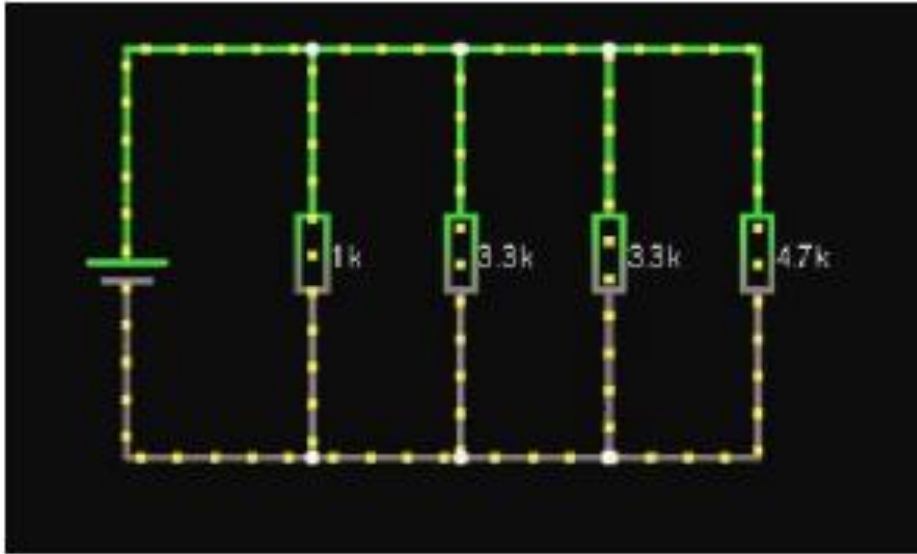
Figura 4 – Alteração de um uma fonte de tensão no *Falstad*



Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Por outro lado, após ter realizado a adição dos componentes necessários para realizar a simulação, o circuito será exposto conforme a figura 5. Os pontos fortes das simulações são: as cores que determinam os níveis elétricos; a possibilidade de alterar os atributos elétricos individuais e; a fácil avaliação do nível e direção da corrente no circuito.

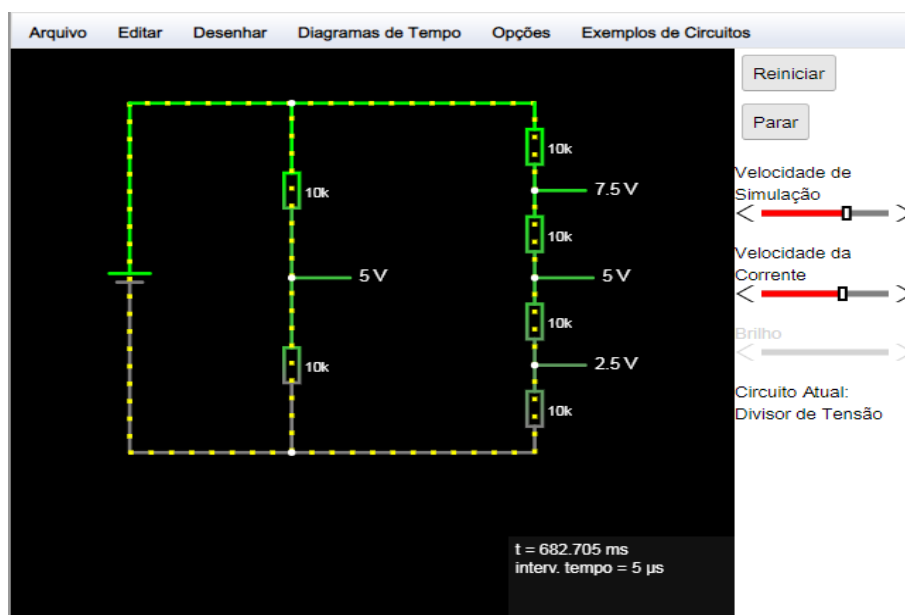
Figura 5 – Alteração de um uma fonte de tensão no *Falstad*



Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Por exemplo, tem-se na figura 6, um divisor de tensão, um circuito simples que pode ser usado para derivar uma tensão de referência de uma tensão de alimentação conhecida. No meio, dois resistores iguais geram uma tensão de 5 V da fonte de 10 V. À direita, quatro resistores fornecem 7,5 V, 5 V e 2,5 V.

Figura 6 – Um circuito divisor de tensão no *Falstad*

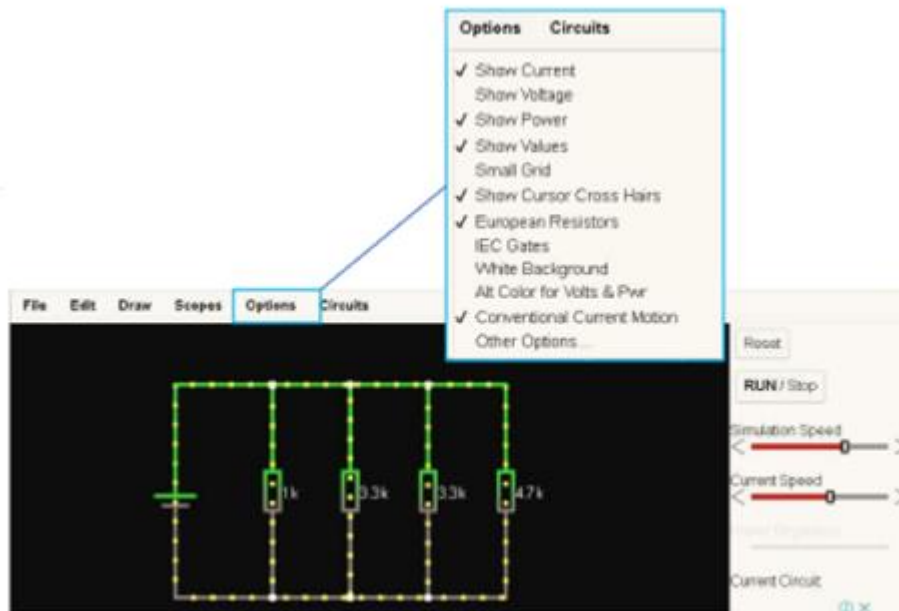


Fonte: <https://www.falstad.com/circuit/e-voltdivide.html/>



Além da simulação, o simulador permite alterar a velocidade da simulação e da corrente, além de outras opções que estão detalhadas na figura 7.

Figura 7 – Outras opções disponíveis no *Falstad*



Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Paralelamente, é possível exportar ou importar o circuito em formato de arquivo de texto (.txt). Essa funcionalidade do programa pode ser vista na figura 8:

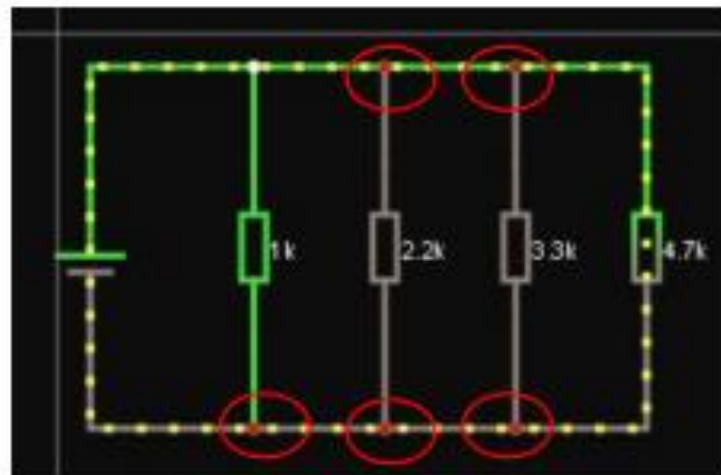
Figura 8 – Outras opções disponíveis no *Falstad*



Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Válido observar que há alguns erros que são informados pelo programa. O erro de ligação é indicado por pontos vermelhos, conforme detalha a figura 9:

Figura 9 – Indicação de erro de ligação no *Falstad*



Fonte: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

Adicionalmente, existem outros erros que são detalhados a seguir:

- **Loop da fonte de tensão sem resistência:** isso significa que uma das fontes de tensão em seu circuito está em curto. Certifique-se de que haja alguma resistência em todas as fontes de tensão.
- **Loop de capacitor sem resistência:** não é permitido ter nenhum circuito de corrente contendo capacitores, mas sem resistência. Por exemplo, capacitores conectados em paralelo não são permitidos; você deve colocar um resistor em série com eles. Capacitores em curto são permitidos.
- **Matriz singular:** isso significa que seu circuito está inconsistente (duas fontes de tensão diferentes conectadas uma à outra), ou que a tensão em algum ponto é indefinida. Isso pode significar que os terminais de alguns componentes estão desconectados; por exemplo, se você criar um amplificador operacional, mas não tiver conectado nada a ele ainda, receberá este erro.
- **Convergência falhou:** isso significa que o simulador não consegue descobrir qual deve ser o estado do circuito. Basta clicar em Redefinir e espero que isso conserte. Seu circuito pode ser muito complicado, mas às vezes isso acontece até mesmo com os exemplos.
- **Atraso da linha de transmissão muito grande:** o atraso da linha de transmissão é muito grande em comparação com o passo de tempo do simulador, portanto, muita memória seria necessária. Diminua o atraso.

- **Precisa aterrar a linha de transmissão:** os dois fios inferiores de uma linha de transmissão devem ser sempre aterrados neste simulador.

## REFERÊNCIAS

**FALSTAD CIRCUIT SIMULATOR.** Disponível em:

Disponível em: <https://www.falstad.com/circuit/>. Acesso em 22 nov. 2021.

OFUCHI, César Yutaka. **Tutorial FALSTAD Circuit.** Disponível em:

<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/ofuchi/intro-praticas-de-laboratorio-em-elet.-e-eleto/simulacao-falstad/EL65J-FalstadSimuladorV4.pdf/view>. Acesso em 20 mar. 2021.

---