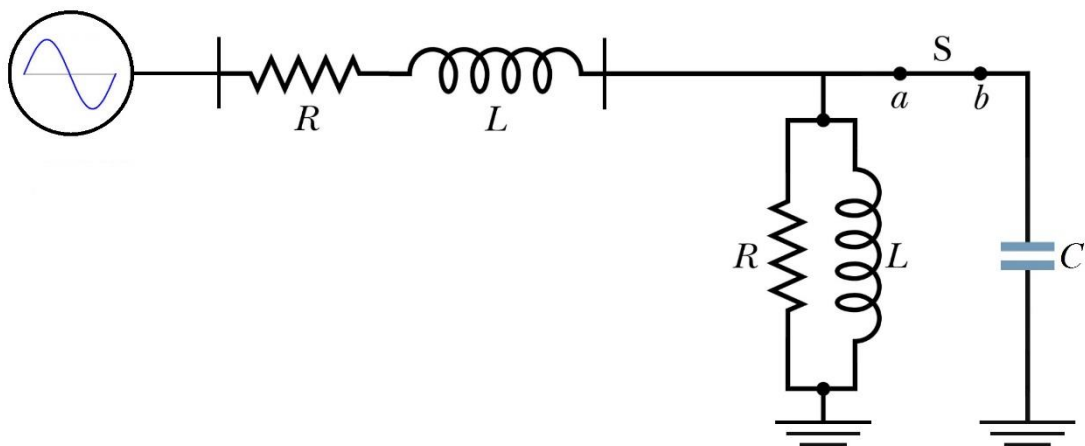


# ENE 111881

## Laboratório de Conversão Eletromecânica de Energia

### *Laboratório 1: Correção do fator de potência*



## 1. Objetivos

São objetivos desse ensaio:

- Familiarizar o aluno com a bancada de trabalho utilizada em todos os ensaios da disciplina;
- Aprender a utilizar equipamentos de medição: voltímetro, amperímetro e wattímetro;
- Verificar as potências ativa, reativa e aparente, consumidas por uma carga alimentada em corrente alternada;
- Verificar as potências aparente, ativa e reativa consumidas antes e depois da correção do fator de potência.

## 2. Revisão de conceitos básicos

Fator de potência é a relação entre a energia ativa e a energia total, conforme equação:

$$FP = \frac{kWh_{medido}}{\sqrt{kWh_{medido}^2 + kVAR_{medido}^2}}$$

Esta relação demonstra se a unidade consumidora consome energia elétrica adequadamente ou não; pois relaciona o uso eficiente da energia ativa e reativa de uma unidade consumidora, sendo um dos principais indicadores de eficiência energética. O fator de potência próximo de 1 (um) indica pouco consumo de energia reativa em relação à energia ativa. Uma vez que a energia ativa é aquela que efetivamente produz trabalho, quanto mais próximo da unidade for o fator de potência, maior é a eficiência da instalação elétrica. O fator de potência é classificado em indutivo ou capacitivo. Fator de potência indutivo significa que a instalação elétrica está absorvendo a energia reativa. A maioria dos equipamentos elétricos possui características indutivas em função das suas bobinas (ou indutores), que induzem o fluxo magnético necessário ao seu funcionamento. Fator de potência capacitivo significa que a instalação elétrica está fornecendo a energia reativa. São características dos capacitores que normalmente são instalados para fornecer a energia reativa que os equipamentos indutivos absorvem. O fator de potência torna-se capacitivo quando são instalados capacitores em excesso. Isso ocorre, principalmente, quando os equipamentos elétricos indutivos são desligados e os capacitores permanecem ligados na instalação elétrica (<http://servicos.celpe.com.br>).

Responda as questões a seguir para melhor compreender o ensaio a ser realizado.

a) Qual a importância da correção do fator de potência? \_\_\_\_\_

---



---



---



---

b) Por que são utilizados capacitores para corrigir o fator de potência? \_\_\_\_\_

---



---



---



---

c) Qual a relação entre potência ativa (P), potência reativa (Q), potência aparente (S) e fator de potência (FP)? \_\_\_\_\_

---



---



---



---

d) Para uma instalação com  $P = 3 \text{ kW}$  e  $Q = 4 \text{ kVAr}$ , como corrigir o fator de potência para 0.8? \_\_\_\_\_

---



---



---



---

e) Para os valores indicados no circuito da figura 1,

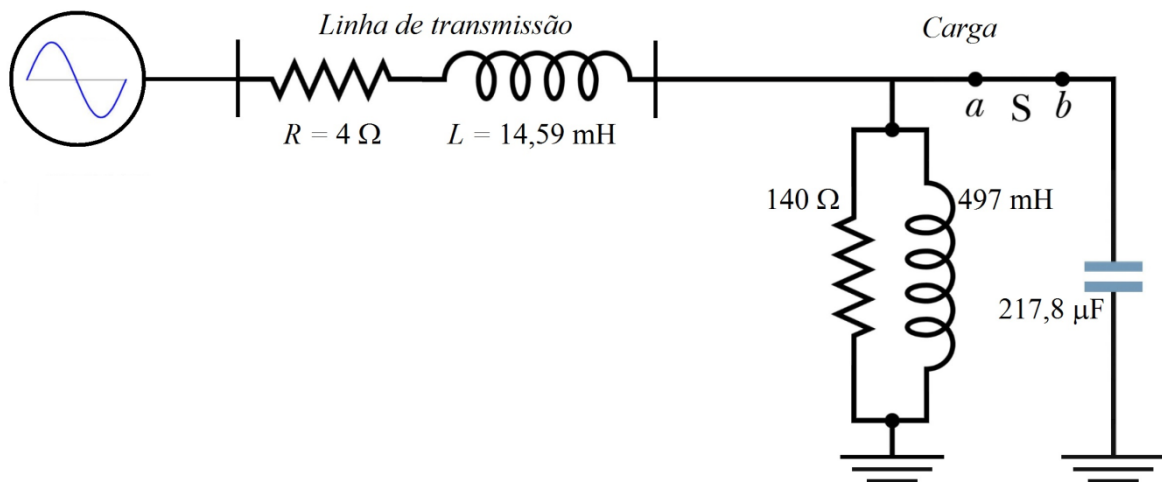


Figura 1. Circuito elétrico com correção de fator de potência

considerando inicialmente a chave S aberta, ou seja, com o banco de capacitores desligado:

I) Qual a corrente na linha de transmissão em 60Hz?

II) Calcule:

- $P_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_ W
- $P_{\text{DISSIPADA}}$  na linha de transmissão: \_\_\_\_\_ W
- $P_{\text{TOTAL}}$  fornecida pelo gerador: \_\_\_\_\_ W
- $S_{\text{TOTAL}}$  fornecida pelo gerador: \_\_\_\_\_ VA
- $Q_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_ VAr
- $S_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_ VA
- $FP_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_

Considerando a chave S fechada, ou seja, com o banco de capacitores corrigindo o fator de potência:

III) Qual a corrente na linha de transmissão?

IV) Calcule:

- $P_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_ W
- $P_{\text{DISSIPADA}}$  na linha de transmissão: \_\_\_\_\_ W
- $P_{\text{TOTAL}}$  fornecida pelo gerador: \_\_\_\_\_ W
- $S_{\text{TOTAL}}$  fornecida pelo gerador: \_\_\_\_\_ VA
- $Q_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_ VAR
- $S_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_ VA
- $FP_{\text{CARGA}}$ : \_\_\_\_\_

Levando em conta os resultados obtidos, responda:

- Com a utilização do banco de capacitores, o que aconteceu com a corrente no condutor? É possível utilizar um condutor de menor seção? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

- O que aconteceu com a potência aparente fornecida pela fonte? Se fosse necessário utilizar um transformador entre a fonte e o condutor, qual deveria ser a sua potência nominal, em VA, antes e depois da correção do fator de potência? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

- Houve redução das perdas por efeito Joule no condutor? Qual foi o percentual de redução? Compare o percentual da corrente com as perdas no condutor. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

### 3. Introdução para o Laboratório 1

Apresentamos, a seguir, algumas fotos e informações úteis dos principais equipamentos que são utilizados no Ensaio 1 do Laboratório de Conversão Eletromecânica de Energia.

#### a) Bancada de Trabalho

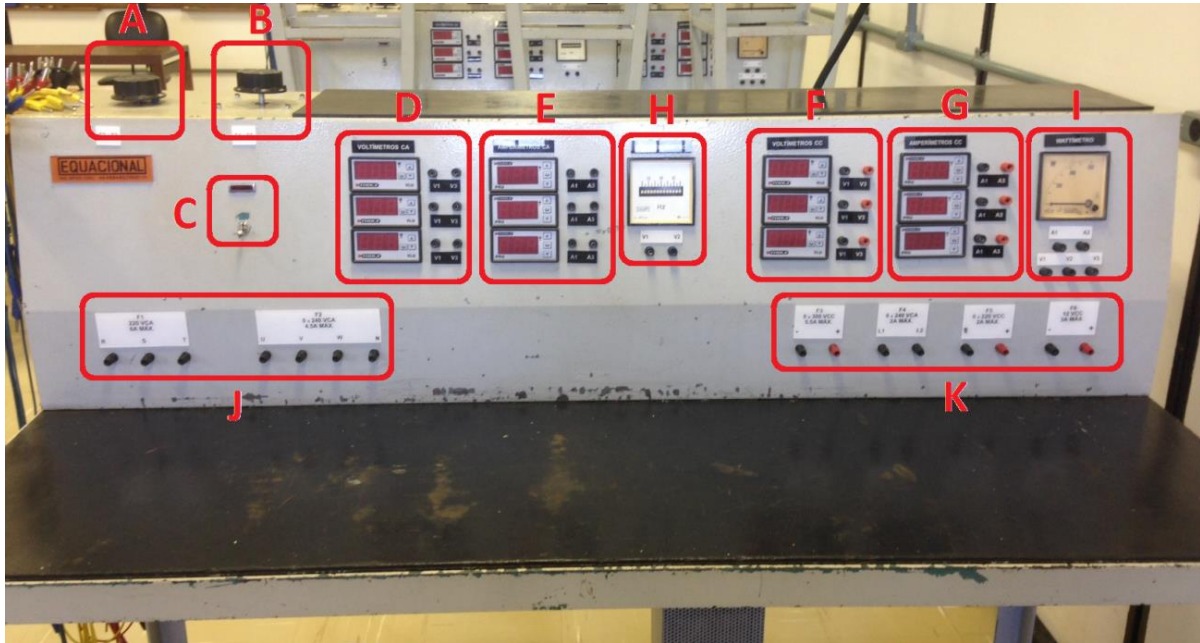


Figura 2 – Bancada de trabalho

Conforme as indicações na Figura 2, a bancada de trabalho é constituída dos seguintes elementos:

- A) Varivolt que regula as tensões das fontes F2 e F3;
- B) Varivolt que regula as tensões das fontes F4 e F5;
- C) Chave para ligar e desligar a bancada;
- D) Conjunto de três voltímetros CA (para medições em corrente alternada);
- E) Conjunto de três amperímetros CA (para medições em corrente alternada);
- F) Conjunto de três voltímetros CC (para medições em corrente contínua);
- G) Conjunto de três amperímetros CC (para medições em corrente contínua);
- H) Frequencímetro analógico com sistema de lâminas vibráveis;
- I) Wattímetro analógico trifásico;
- J) Fontes CA, trifásicas, F1(220V / 8,0A) e F2(0...240V / 4,5A);
- K) Fontes CC: F3(0...300V / 5,5A), F5(0...220V / 2,0A), F6(12V / 3,0A)  
e fonte CA monofásica: F4(0...240V / 2,0A)

**b) Wattímetro Analógico**

Um wattímetro faz um trabalho complexo, medindo a potência que flui através de um circuito elétrico. Ele mede simultaneamente os valores de tensão e corrente e multiplica-os para obter a potência em watts. O Wattímetro analógico funciona por meio de três bobinas: duas fixas ligadas em série com a carga elétrica e uma bobina móvel, em paralelo com a carga. As bobinas em série, que têm impedância muito baixa (próxima de zero) fazem a medida da corrente que flui através do circuito, enquanto a bobina em paralelo mede a tensão. Um resistor em série limita a corrente através da bobina móvel que está situada entre as duas bobinas fixas e é fixada a uma agulha indicadora. Os campos magnéticos em todas as três bobinas influenciam o movimento de uma agulha. Uma mola retorna a agulha ao valor zero quando não há corrente ou tensão presentes.

O wattímetro da Figura 2 possui duas escalas: uma para correntes até 1A e outra para correntes até 5A. Deve-se optar pela menor escala que suporte a corrente que atravessa a bobina durante a medição. No caso do emprego da escala de 5A, o valor indicado pelo ponteiro deve ser multiplicado por 5. A bobina de tensão apresenta uma impedância muito alta (próxima do infinito) e seus terminais devem estar conectados nos dois pontos em que se deseja medir a potência.

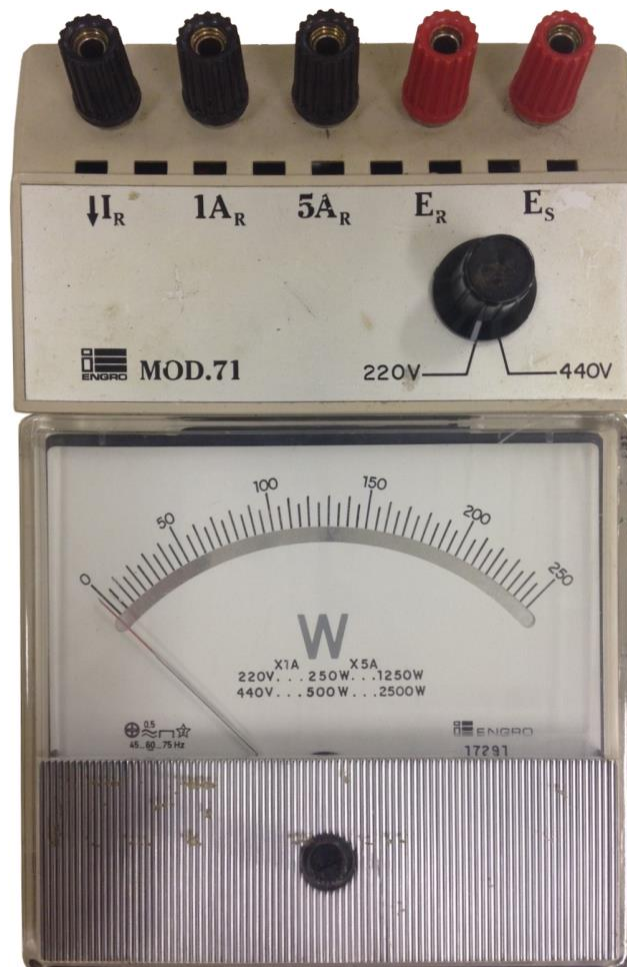


Figura 2 – Wattímetro Analógico

## c) Módulos de Cargas Resistivas, Capacitivas e Indutivas, trifásicas



Figura 3 – Visão geral dos módulos de cargas trifásicas

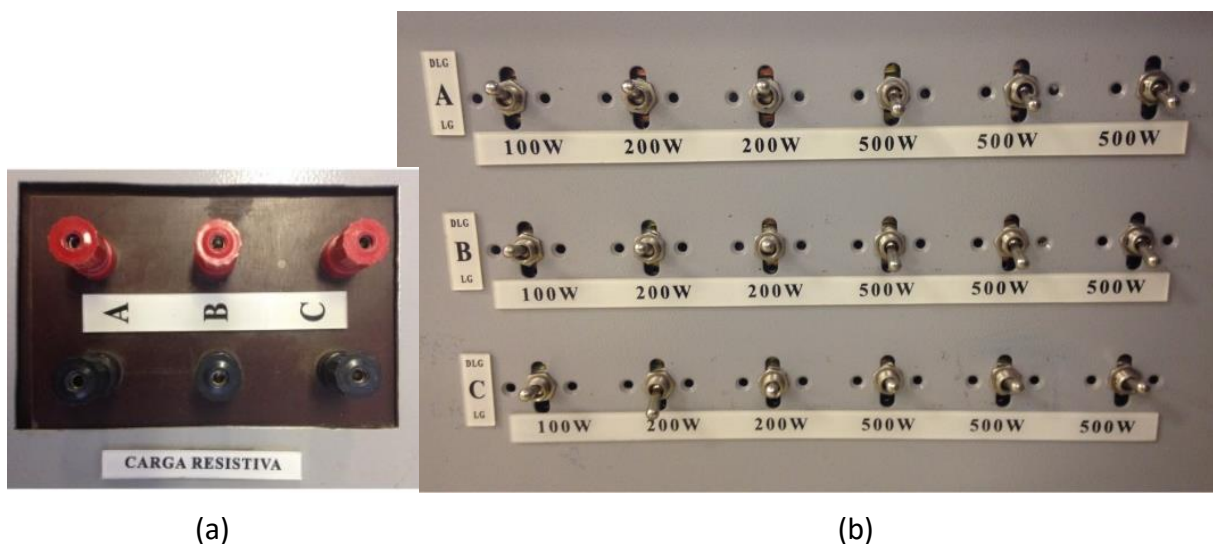


Figura 4 – (a) Identificação do módulo trifásico. (b) Chaves de ativação das resistências.

O módulo de cargas resistivas possui três conjuntos de resistências (A, B e C). Isso permite a utilização das suas resistências em circuitos monofásicos ou trifásicos conectados em delta ou em estrela. Quando uma chave está posicionada para cima, aquela resistência encontra-se desligada. O fato de uma chave estar voltada para baixo significa que aquela resistência está inserida no circuito em questão. A Figura 5 mostra o esquema de ligação do módulo de cargas resistivas.



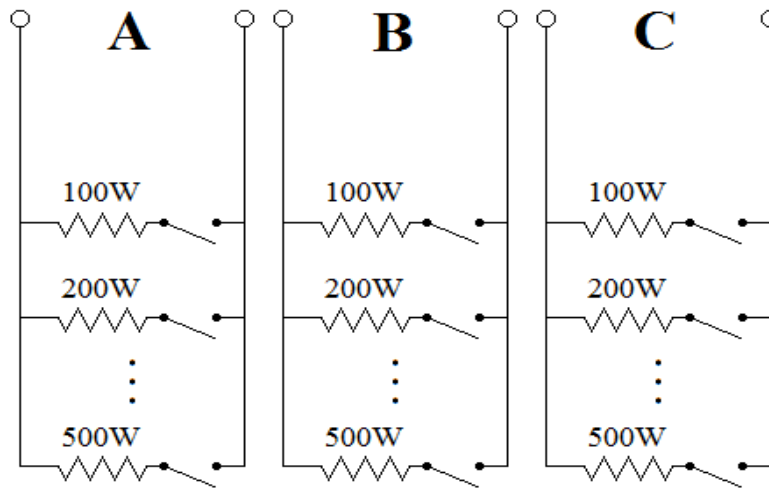
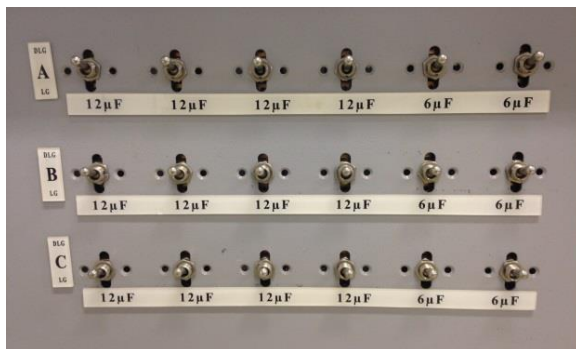


Figura 5 – Esquema do circuito elétrico do módulo de cargas resistivas

Os valores das potências ( $P$ ) indicadas são relativos uma fonte de tensão de 220 V. Portanto, o valor da resistência associada a cada chave pode ser calculado de acordo com a equação:

$$R[\Omega] = \frac{(220[V])^2}{P[W]}$$

Os módulos de cargas capacitivas e indutivas são similares ao módulo de cargas resistivas. A Figura 6 mostra as chaves de ativação destes módulos.



(a)



(b)

Figura 6 – Chaves de ativação das capacitâncias (a) e indutâncias (b).

## 4. Atividades experimentais

### Equipamentos utilizados

Fontes da bancada, voltímetros, amperímetros, wattímetro analógico, conectores, módulos de resistências, indutâncias e capacitâncias.



**Os capacitores conservam sua carga por um longo período, mesmo depois de desenergizados. Tome muito cuidado ao manusear estes componentes. Há risco de choque elétrico!**



O circuito da Figura 7 será utilizado como base para todos os ensaios com valores de carga especificados. Ajuste a fonte monofásica CA para que a tensão eficaz nos seus terminais, com carga, seja de 200V. Obtenha as leituras do voltímetro, amperímetro e wattímetro e preencha os espaços em branco para cada uma das condições de carga do respectivo ensaio.

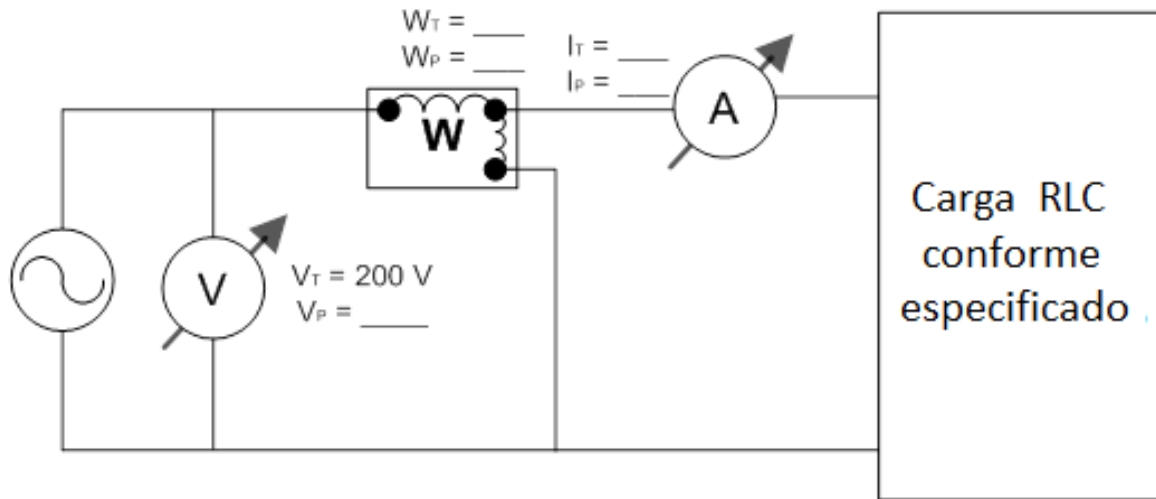


Figura 7 – Esquema básico para a ligação de cargas resistivas, indutivas e capacitivas

Observações: a resistência a ser conectada ao circuito é de  $485 \, \Omega$  ( $\cong$ ), especificada no banco de resistências como sendo de 100 W; a indutância a ser conectada com o circuito tem o valor de 0,585 H; a capacitância a ser conectada ao circuito tem o valor de 12  $\mu\text{F}$ .

Quais são os valores das reatâncias indutivas e capacitivas?  $X_L = \quad \Omega$ ;  $X_C = \quad \Omega$

Para cada ensaio, deverão ser calculados:

Os valores teóricos:

- $W_T$ : valor teórico da potência ativa (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $I_T$ : valor teórico da corrente (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $V_T$ : valor teórico da tensão (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $R_T$ : valor teórico da resistência (Ensaio 1, 3 e 4);
- $X_{LT}$ : valor teórico da indutância (Ensaio 2, 3 e 4);
- $X_{CT}$ : valor teórico da capacitância (Ensaio 4);
- $Z_T$ : valor teórico da impedância (Ensaio 1, 2, 3 e 4)
- $S_T$ : valor teórico da potência aparente (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $Q_T$ : valor teórico da potência reativa (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $FP_T$ : valor teórico do fator de potência (Ensaio 1, 2, 3 e 4);

Os valores práticos:

- $W_P$  : valor prático da potência ativa (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $I_P$  : valor prático da corrente (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $V_P$  : valor prático da tensão (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $R_P$  : valor prático da resistência (Ensaio 1, 3 e 4);
- $X_{LP}$  : valor prático da indutância (Ensaio 2, 3 e 4);
- $X_{CP}$  : valor prático da capacitância (Ensaio 4);
- $Z_P$  : valor prático da impedância (Ensaio 1, 2, 3 e 4).
- $S_P$  : valor prático da potência aparente (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $Q_P$  : valor prático da potência reativa (Ensaio 1, 2, 3 e 4);
- $FP_P$  : valor prático do fator de potência (Ensaio 1, 2, 3 e 4);

**Ensaio 1:** Conectar a resistência  $R$ , conforme o circuito a Figura 8, realizar as leituras dos instrumentos e calcular os valores indicados:

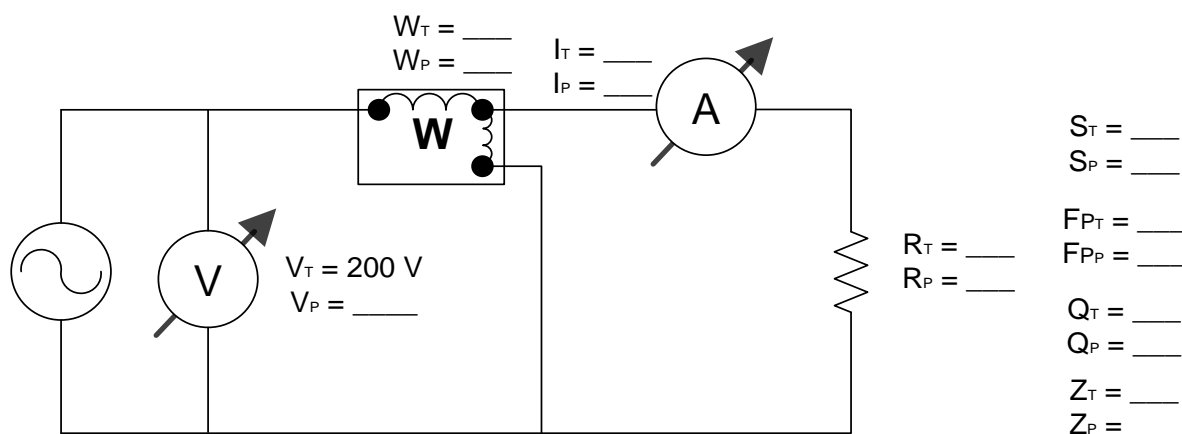


Figura 8 – Esquema básico para a ligação da carga resistiva

**Ensaio 2:** Desconectar a resistência  $R$ , conectar a indutância  $L$ , conforme o circuito da Figura 9, realizar as leituras dos instrumentos e calcular os valores indicados:

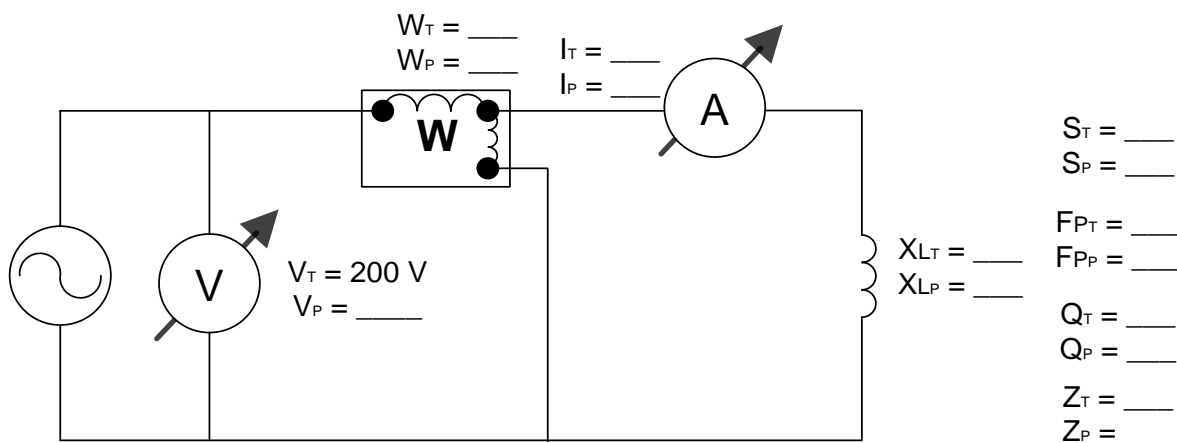


Figura 9 – Esquema básico para a ligação da carga indutiva

**Ensaio 3:** Conectar a resistência R e a indutância L, conforme o circuito da Figura 10, realizar as leituras dos instrumentos e calcular os valores indicados:

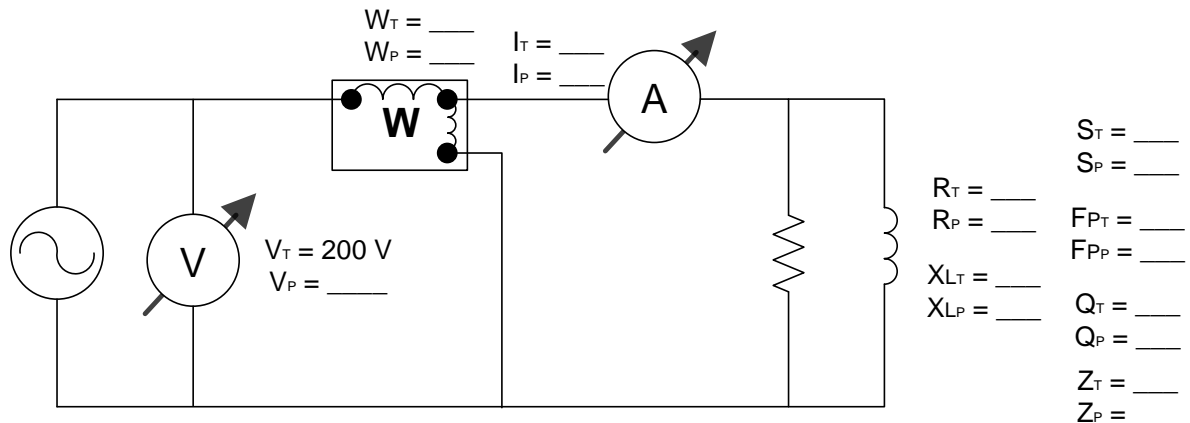


Figura 10 - Esquema básico para a ligação da carga resistiva e indutiva

**Ensaio 4:** Conectar a resistência R, a indutância L, a capacitância C conforme o circuito da Figura 11, realizar as leituras dos instrumentos e calcular os valores indicados:

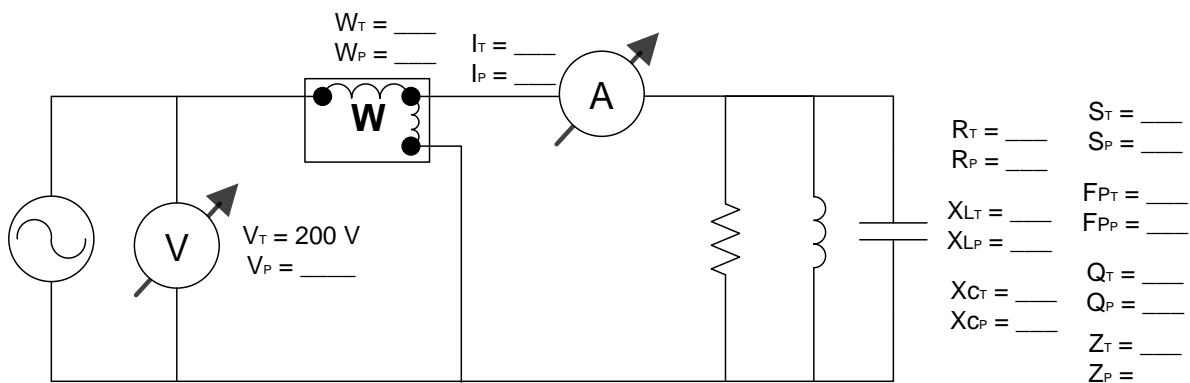


Figura 11 - Esquema básico para a ligação da carga resistiva, indutiva e capacitiva

## 5. Análise dos resultados:

1) Preencha a tabela abaixo com os dados medidos:

Grandeza	Carga R (Ensaio 1)	Carga L (Ensaio 2)	Carga R-L (Ensaio 3)	Carga R-L-C (Ensaio 4)
P				
Q				
S				
FP				
I				

2) O que justifica o valor de potência ativa medido no circuito contendo somente o indutor?

---

---

---

---

---

---

3) Por que a potência ativa não é igual para todos os casos (quando a resistência está conectada ao circuito)? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4) Quais são suas conclusões sobre os ensaios?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---