

Laboratório de Circuitos Elétricos 1 – 2014/1

Experiência Nº 02: Medidas AC

I - Objetivos

Familiarização com os equipamentos de laboratório: gerador de funções, osciloscópio e multímetro.

II - Introdução Teórica

Sinais AC

A utilização de sinais AC (*alternate current*, corrente alternada) se deve ao engenheiro e físico sérvio Nikola Tesla. É dele o projeto e implementação das primeiras redes de distribuição AC, dos primeiros motores AC e da rede de distribuição polifásica (como a que utilizamos hoje, que é trifásica). Na época, se utilizava a rede de distribuição DC (*direct current*, corrente contínua), muito menos eficiente.

Sinais AC são sinais cuja intensidade varia com o tempo. Um gerador de sinais ou gerador de funções fornece um sinal de tensão AC de frequência e amplitude ajustáveis, para uso em circuitos elétricos. A frequência do sinal pode ser ajustada, tipicamente, de alguns hertz a alguns megahertz e a amplitude do sinal pode ser ajustada de alguns milivolts a alguns volts. O sinal é, normalmente, uma forma de onda senoidal, quadrada, retangular ou triangular. Exemplos dessas curvas, com a forma e a equação que a descreve, podem ser visualizadas na tabela 1.

No caso de um sinal senoidal, este pode ser descrito por:

$$v(t) = V_m + A \sin(\omega t),$$

em que A é chamada amplitude da senoide; ω é sua frequência angular e V_m é o valor médio da senoide. Como a parte senoidal varia de $-A$ a $+A$, essa curva possui valor mínimo $V_m - A$ e valor máximo $V_m + A$.

O valor médio de uma curva AC também é chamado seu valor DC, e pode ser calculado por:

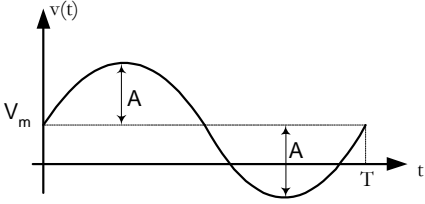
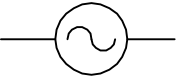
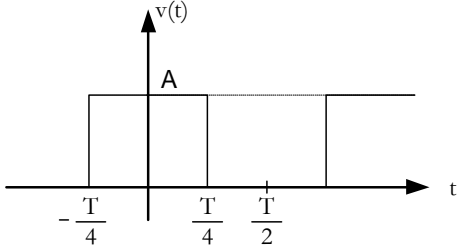

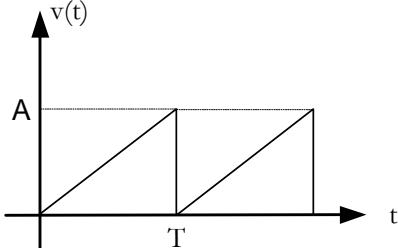

$$V_m = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v(t) dt.$$

em que $T = 1/\omega$ é o período da curva e t_0 é um instante de tempo arbitrário.

Chamamos de valor eficaz de uma onda periódica o valor DC ou constante que fornece a mesma potência média a determinado resistor que essa onda periódica. O valor eficaz, V_{ef} , de uma curva (tanto de tensão quanto de corrente) pode ser calculado por:

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt}.$$

Tabela 1 - Ondas senoidal, quadrada e dente-de-serra.

Gráfico da Curva	Símbolos
	
	
	

O valor eficaz também é chamado valor RMS (*root mean square*, raiz da média quadrática), já que seu cálculo envolve a determinação da raiz quadrada do valor quadrático médio. No caso do sinal senoidal descrito acima e supondo $V_m = 0$, o valor eficaz é igual a:

$$V_{ef} = \frac{A}{\sqrt{2}}.$$

Osciloscópio e multímetro na medição de sinais AC

O multímetro pode ser usado não somente para medidas de sinais DC, mas também para medida das características de sinais AC, geralmente senoides. A chave AC/DC do multímetro permite escolher o tipo de medida a ser realizada: valor médio ou DC; valor eficaz ou AC. A partir dessas duas medidas é possível reconstruir o sinal senoidal medido.

Enquanto multímetros fornecem informação numérica de um sinal aplicado, o osciloscópio permite visualizar a forma de onda desse sinal. O osciloscópio fornece uma representação visual de qualquer sinal aplicado aos seus terminais de entrada, apresentando um segmento de sua forma de onda. Existe uma ampla gama de modelos de osciloscópios, analógicos ou digitais, alguns adequados para medir sinais abaixo de uma frequência específica, outros para fornecer medidas de sinais com tempos de duração muito curtos. Um

osciloscópio pode ser construído para operar desde alguns hertz até centenas de megahertz. Osciloscópios podem também ser usados para medir intervalos de tempo de frações de nanossegundos a vários segundos.

Um osciloscópio ideal deveria apresentar uma resistência de entrada infinita. Entretanto, devido às características do seu circuito de entrada, na maioria das vezes esta resistência de entrada está longe dessa condição ideal. A experiência procura mostrar não somente o efeito resistivo, mas também o efeito capacitivo de carregamento do canal de entrada do osciloscópio sobre o circuito em estudo. De fato, o circuito de entrada de um canal do osciloscópio pode ser modelado por um circuito contendo um resistor (de valor de $1\text{ M}\Omega$ para o osciloscópio do laboratório) em série com um capacitor (de valor de 25 pF para o mesmo caso). Será então possível observar como, para determinadas condições, o osciloscópio pode alterar o próprio valor que se deseja medir.

A faixa de frequência em que um equipamento de medida fornece resultados corretos é um parâmetro importante, não só para um osciloscópio, mas também para outros equipamentos como, por exemplo, um multímetro. Esta experiência também procura chamar a atenção para as limitações dos multímetros; em particular, para o efeito da frequência sobre as medidas de tensão AC e DC. A limitação de frequência é um dos parâmetros que deve ser considerado e que deve orientar a escolha por um determinado equipamento; em geral, isto tem influência sobre o custo de um equipamento.

III - Procedimento Experimental

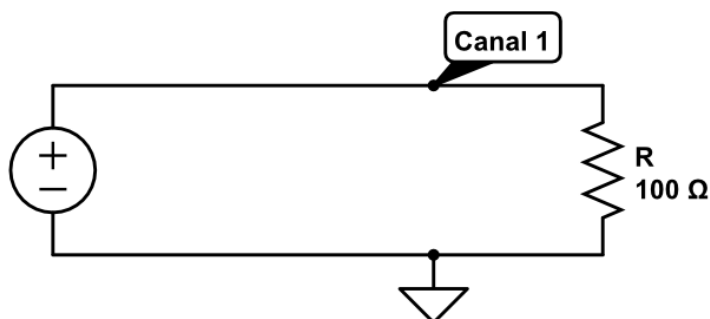
Realize o seguinte procedimento experimental:

- a) Ajuste o gerador de funções para gerar cada uma das formas de onda indicadas na tabela 2, **visualizando cada uma no osciloscópio**. Certifique-se de que o gerador de funções está ajustado no modo “alta impedância” (*Utility* \rightarrow *Output Setup* \rightarrow *High Z*). Verifique se o osciloscópio está ajustado para **acoplamento “DC”** (Sim, DC! Por quê? Inclua sua resposta no relatório do experimento) e o ganho da ponta de prova (*probe*) em $1\times$. Verifique se o *trigger* do osciloscópio está associado ao canal 1. Desenhe cada tela do osciloscópio nas grades anexadas correspondentes (páginas 7 e 8). Para cada curva, meça com o multímetro e com o osciloscópio os valores de tensão AC (eficaz) e DC (médio). Não esqueça que o valor AC medido pelo multímetro é o valor eficaz e não a amplitude. Em seu relatório, compare os valores medidos com os dois instrumentos.

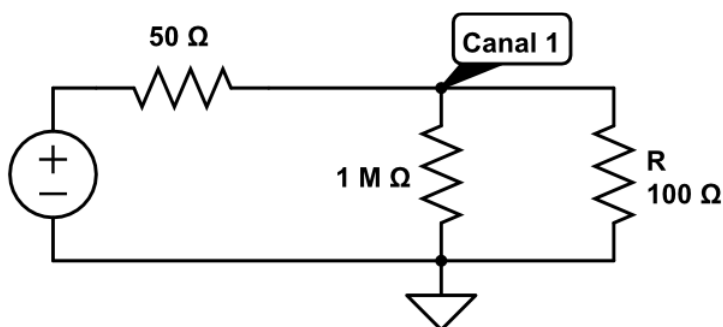
Tabela 2 – Ajustes do gerador de funções para o procedimento (a).

Forma de onda	Frequência (Hz)	Valor Médio (V)	Amplitude (V)
C1 – quadrada	15.000	1	2
C2 – triangular	4.000	0	2,5
C3 – senoide	1.000	0,5	5

- b) Utilizando a última curva ajustada (C3), altere a frequência para os seguintes valores: 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 250 kHz, 500 kHz e 1 MHz, medindo novamente com o multímetro os valores DC e AC da tensão para cada frequência. O que mudou? Este resultado faz sentido teoricamente? Os valores medidos correspondem aos valores teóricos calculados no pré-relatório? Explique em seu relatório, em termos da limitação de medida do multímetro para frequências muito altas e(ou) muito baixas.
- c) Ajuste o gerador de função para a última curva (C3) do item (a). Monte o circuito abaixo utilizando um resistor de $100\ \Omega$. Com o osciloscópio, visualize a tensão sobre o resistor. Lembre-se de desenhar a figura na tela do osciloscópio na grade correspondente na página 8.



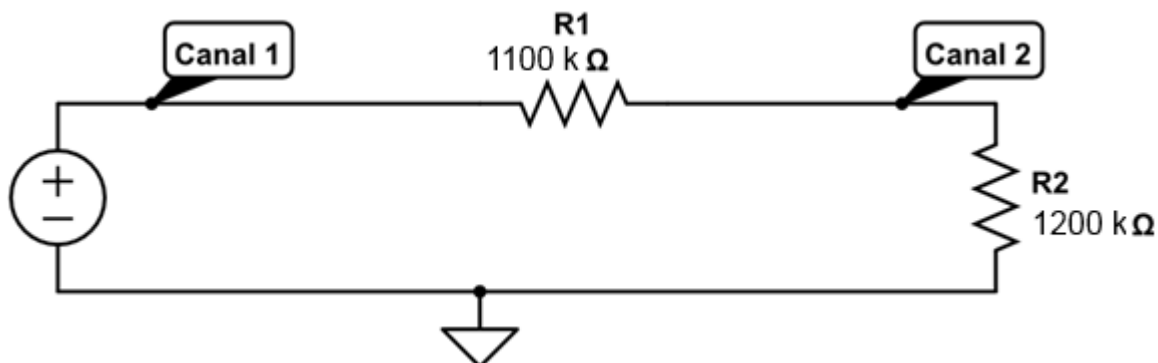
Note que o gerador de funções tem uma pequena resistência interna de saída (em série, na ordem de $50\ \Omega$), contudo, no circuito acima supõe-se que a fonte é ideal (resistência interna nula). Da mesma forma, o osciloscópio deveria ter uma resistência de entrada (em paralelo) infinita, mas, na prática, tal resistência é grande, mas finita (na ordem de $1\ \text{M}\Omega$). Assim, o circuito abaixo é uma representação mais realista do circuito montado (acima):



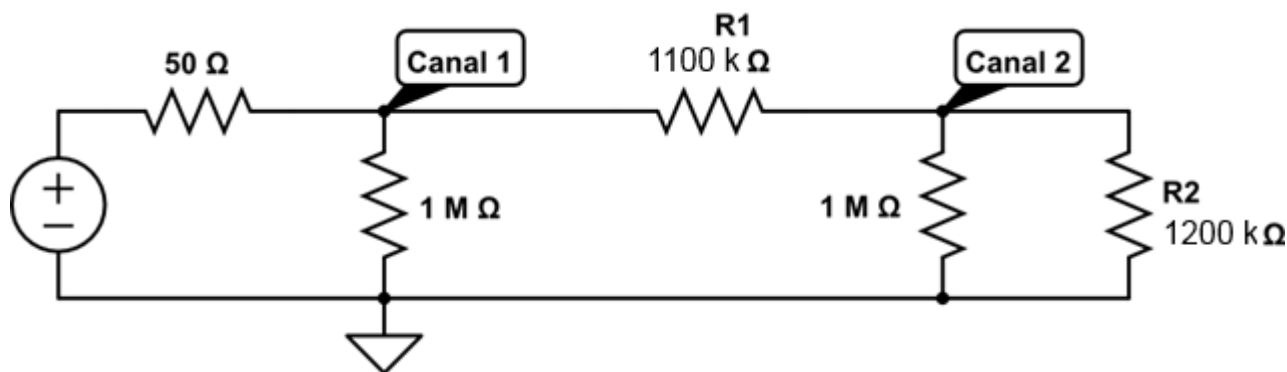
Com base nessa informação, e recordando-se do conceito de divisão de tensão, explique por que a tensão medida no resistor de $100\ \Omega$ teve amplitude menor do que o especificado no gerador de funções. Obs: por ser muito maior que a resistência da carga ($100\ \Omega$), a resistência de entrada do osciloscópio ($1\ \text{M}\Omega$) pode ser considerada infinita neste caso, isto é, a resistência de $1\ \text{M}\Omega$ pode ser desconsiderada em sua análise.

Com base na tensão medida no canal 1, e sabendo qual é a tensão nominal da fonte e resistência nominal dos resistores, estime a resistências interna do gerador de funções. Dica: use divisão de tensão.

- d) Ajuste o gerador de função para última curva (C3) do item (a). Monte o circuito abaixo e meça a tensão sobre R_2 usando o osciloscópio, conforme mostrado na figura abaixo. Lembre-se de desenhar a figura na tela do osciloscópio na grade correspondente na página 9.



Como R_1 e R_2 tem valores muito similares, era de se esperar, com base no conceito de divisão de tensão, que a tensão medida no canal 2 fosse aproximadamente igual à metade da tensão medida no canal 1 (explique). Contudo, as pontas de prova do osciloscópio deveriam ter resistência de entrada (em paralelo) infinita, mas, na prática, tal resistência é grande, mas finita (na ordem de $1\text{ M}\Omega$). Da mesma forma, o gerador de funções tem uma pequena resistência interna de saída (em série, na ordem de $50\ \Omega$), contudo, no circuito acima supôs-se que a fonte é ideal (resistência interna nula). Assim, o circuito abaixo é uma representação mais realista do circuito montado (acima):



Com base nessa informação, e recordando-se do conceito de divisão de corrente, explique por que a tensão medida no canal 2 teve amplitude consideravelmente menor que metade da amplitude medida no canal 1. Obs: por ser muito menor que a resistência da carga ($1200\text{ k}\Omega$), a resistência de entrada do osciloscópio ($50\ \Omega$) pode ser considerada nula neste caso, isto é, a resistência de $50\ \Omega$ pode ser desconsiderada em sua análise.

IV – Pré-relatório

- a) Esboce as formas de onda das curvas C1, C2 e C3 do item III.(a)
- b) Calcule o valor eficaz das curvas utilizadas no item III.(b). Dica: resolva para um valor f e depois substitua cada um dos valores de frequência no resultado. Qual a relação entre frequência da senoide e seu valor eficaz?
- c) Usando qualquer simulador de circuitos, faça a simulação do procedimento experimental descrito nos itens III.(c) e III.(d). Ao invés dos esquemáticos dos circuitos a serem montados (modelos ideais), simule os esquemáticos que incluem as resistências internas da fonte e do osciloscópio (modelos realistas). Além dos desenhos dos circuitos simulados, inclua em seu pré-relatório as formas de onda de cada canal, sobrepostas à forma de onda da fonte. **Ajuste as configurações de visualização do gerador para que se tenha pelo menos 400 pontos por período da senoide.** Em suas simulações, utilize a seguinte alteração no valor das resistências. Considere um estudante com número de matrícula 12/3456789. Então, o resistor de $100\ \Omega$ será substituído por um resistor de $100,67\ \Omega$, enquanto que os resistores R_1 e R_2 serão substituídos por resistores de $1108\ \text{k}\Omega$ e $1209\ \text{k}\Omega$, respectivamente. Utilize essa lógica para encontrar o valor para o seu número de matrícula.

IV - Relatório

No seu relatório, escreva uma breve descrição dos procedimentos realizados. Liste os equipamentos utilizados, apresentando uma breve explicação sobre cada um, e anexe as tabelas e gráficos. Sempre que possível, discuta os resultados observados, comparando os valores experimentais com os valores teóricos e simulados esperados. Não se esqueça de responder a todas as perguntas feitas ao longo do roteiro em seu relatório.

Laboratório de Circuitos Elétricos 1 - Experiência N° 02: Medidas AC - 2014/1

Turma: _____ **Data:** _____

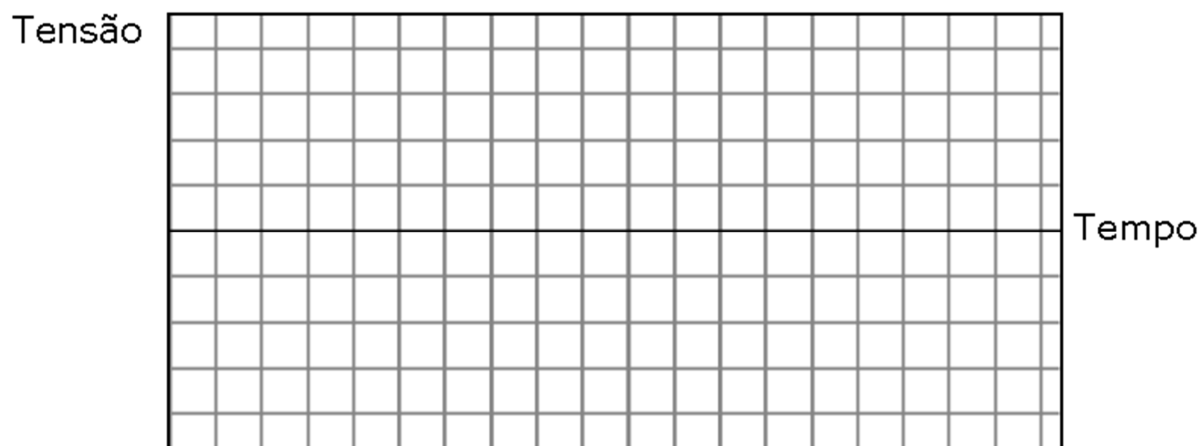
Alunos: _____ Matrícula: _____
 _____ Matrícula: _____
 _____ Matrícula: _____

Em **todos** os gráficos, indique os valores de amplitude e tempo, nos eixos x e y .

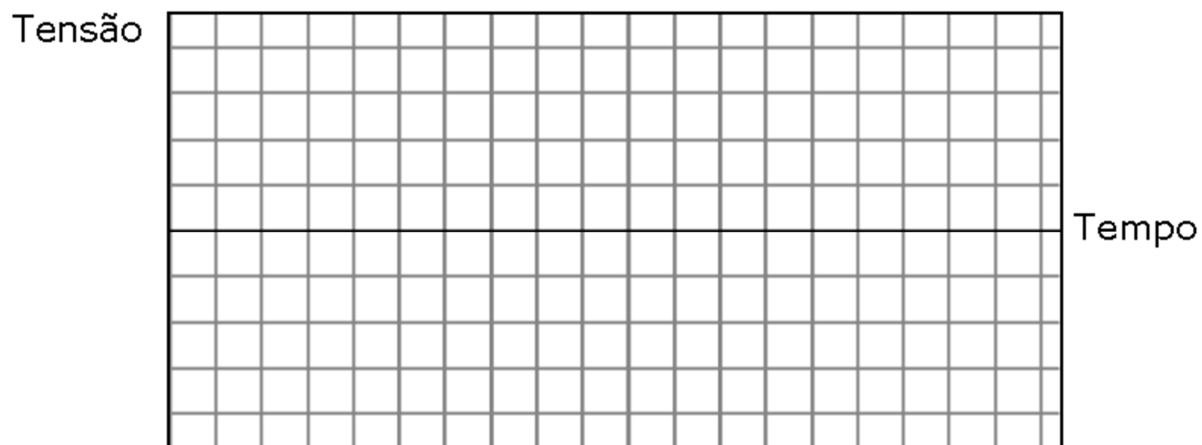
Procedimento (a)

curva	Multímetro		Osciloscópio	
	Tensão DC (V)	Tensão AC (V)	Tensão DC (V)	Tensão AC (V)
C1 - quadrada – 15 kHz				
C2 - triangular – 4 kHz				
C3 - senoide – 1 kHz				

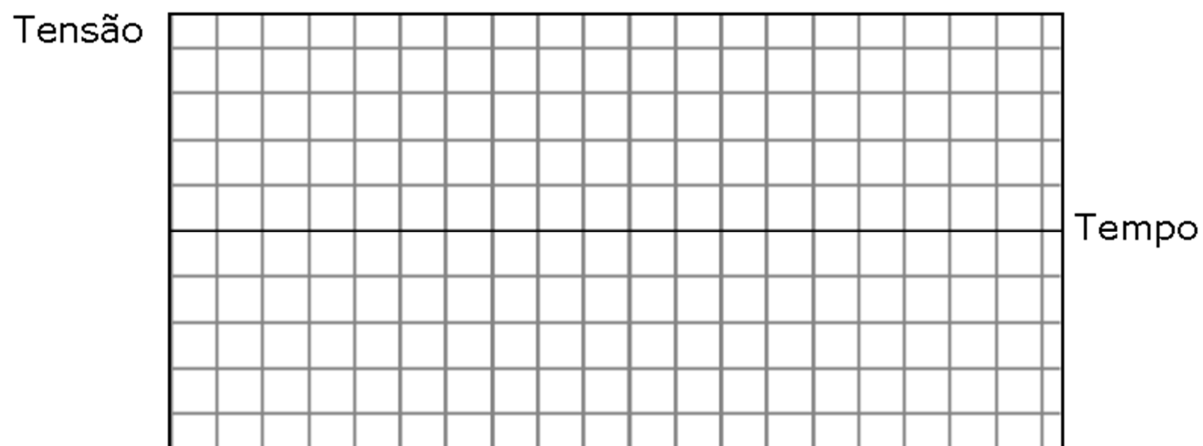
Onda quadrada



Onda triangular



Onda senoidal

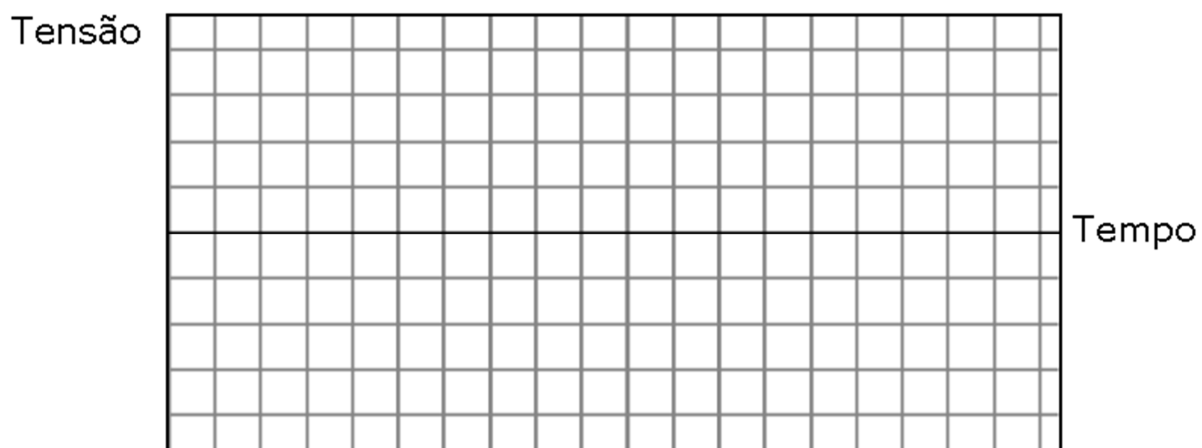


Procedimento (b)

Frequência	Tensão DC	Tensão AC
1 Hz		
10 Hz		
100 Hz		
1 kHz		
10 kHz		

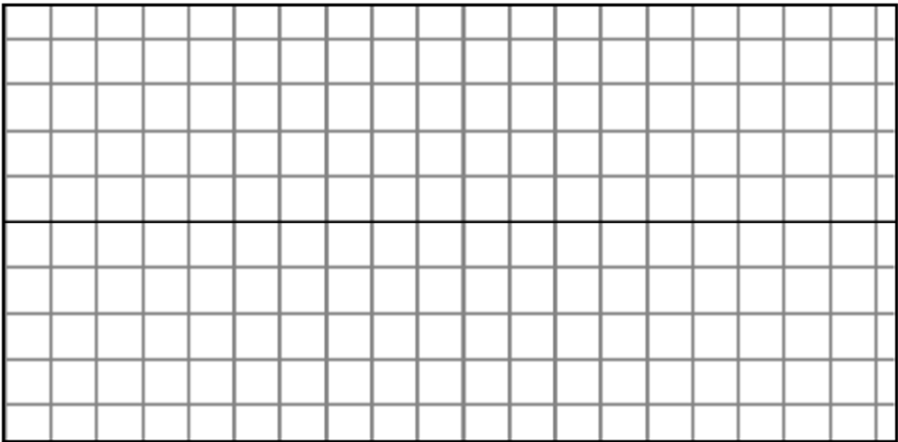
Frequência	Tensão DC	Tensão AC
50 kHz		
100 kHz		
250 kHz		
500 kHz		
1 MHz		

Procedimento (c)



Procedimento (d)

Tensão



Tempo