

4 Relatório

4.1 Introdução

Um retificador é um dispositivo elétrico que converte corrente alternada (AC) para corrente contínua (DC) que flui em apenas uma direção. Fisicamente e historicamente, retificadores assumiram várias formas como: Diodos de válvula termiônica, retificadores de óxido de selênio, retificadores baseados em semicondutores, etc. O objeto de nosso estudo neste experimento, no entanto, serão aqueles construídos a partir de diodos semicondutores.

A necessidade de retificadores surge de aplicações que requerem fontes de correntes DC , assim como as que seriam produzidas por uma bateria. Nestas aplicações, também é comum usar um filtro eletrônico, normalmente um capacitor, para que se reduza a pulsação de tensão. A Figura 3 mostra os blocos típicos que compõem uma fonte de tensão moderna. No entanto, o foco desta prática serão apenas os dois grupos principais de circuitos retificadores, os de meia-onda e os de onda completa.

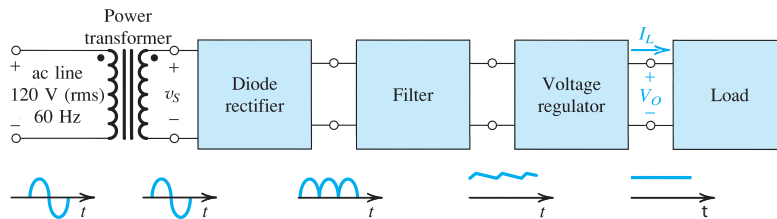


Figura 3: Diagrama de blocos de uma fonte DC .

Os circuitos retificadores de meia-onda, que tem uma implementação possível mostrada pela Figura 1, permitem a passagem de apenas um dos semiciclos de tensão de entrada para a saída. Como a tensão na entrada é alternada, o diodo permite a passagem do sinal, apenas quando estiver diretamente polarizado no semiciclo positivo. Quando estiver no semiciclo negativo, o diodo estará reversamente polarizado e não haverá tensão na saída. A Figura 4 nos mostra o output de um circuito retificador de meia onda dado uma entrada senoidal. Neste gráfico, podemos observar que, como um diodo não-ideal tem queda tensão, existe um certo *delay* na curva de output e que o pico do output é reduzido pela queda de tensão do diodo diretamente polarizado (V_D). Nota-se também que se este sinal é de pouco efeito prático, se for utilizado sem um filtro capacitivo, pois pode ser prejudicial aos componentes eletrônicos. A Figura 5 ilustra o funcionamento de um retificador de pico de

meia onda, que nada mais é que um retificador de meia onda com um filtro capacitivo.

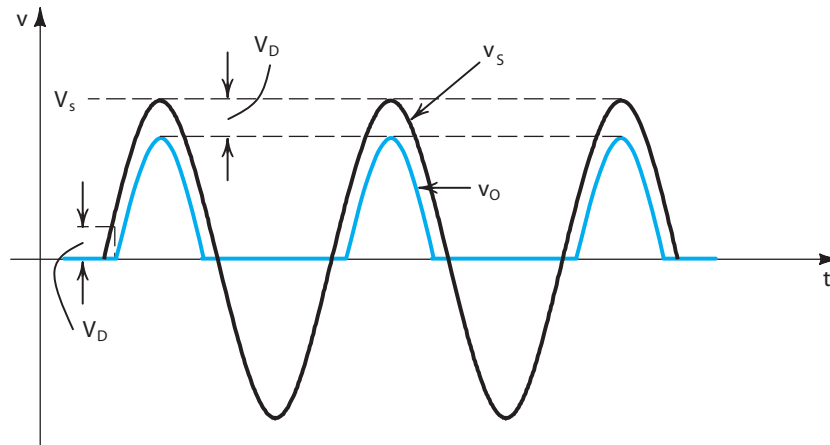


Figura 4: Entrada (preto) e saída (azul) de um circuito retificador de meia-onda. V_s representa tensão de pico da entrada, V_o a tensão de pico da saída, V_D a queda de tensão no diodo diretamente polarizado e v_o o sinal de saída.

Os circuitos retificadores de onda-completa, que tem uma implementação possível mostrada pela Figura 2, permitem a passagem de sinal por apenas alguns diodos a cada semiciclo positivo, ou negativo, invertendo qualquer sinal negativo para positivo. A Figura 2 é um retificador de onda completa em ponte; quando temos um semiciclo positivo, os diodos $D2$ e $D1$ estarão diretamente polarizados e $D4$ e $D3$ inversamente polarizados o que resultará em um caminho para corrente no “sentido horário” e o sinal de entrada pouco mudará, já quando a entrada muda para seu semiciclo negativo, apenas os diodos $D3$ e $D4$ estarão diretamente polarizados, o que resultará em uma inversão do sinal. Podemos analisar estes efeitos com a Figura 6

Nota-se que diferentemente do retificador de meia-onda não “desperdiçamos” o semiciclo negativo, o que fará com que este circuito tenha uma tensão média de output maior que o anterior. Aqui, também a prática de utilizar um filtro capacitivo é de extrema importância para se aproximar do sinal desejado DC , como é ilustrado na Figura 7

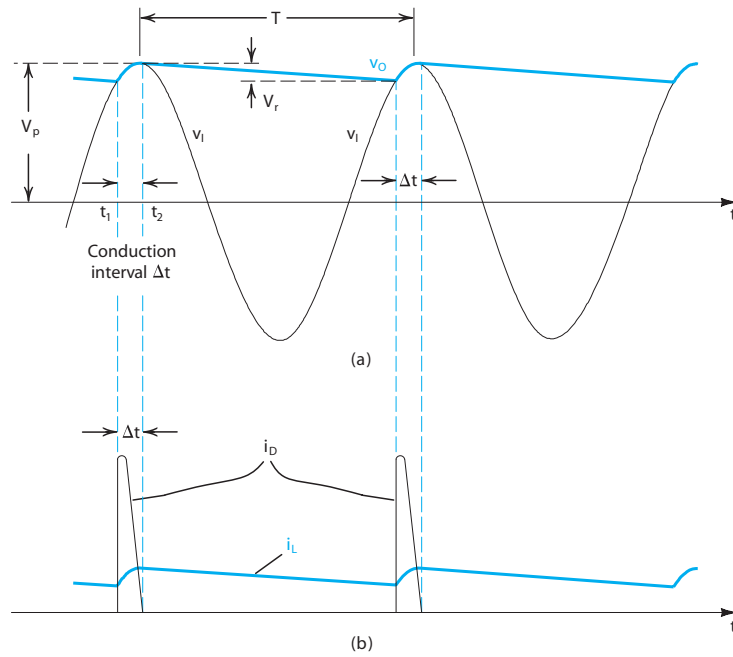


Figura 5: **(a)** Comportamento da tensão de entrada e saída de um filtro capacitor em um retificador de meia onda. **(b)** Corrente entregue a carga acoplada ao retificado de pico de meia-onda. **Obs:** Em ambas figuras assumiu-se um diodo ideal.

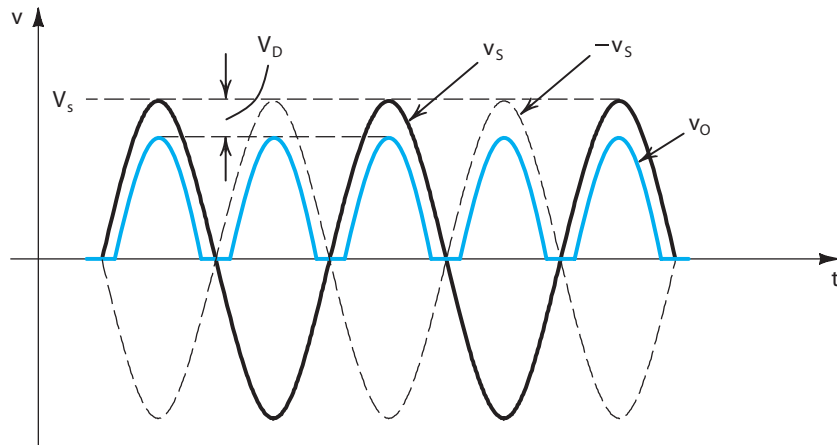


Figura 6: Entrada (preto) e saída (azul) de um circuito retificador de onda completa. V_s representa tensão de pico da entrada, V_s a tensão de pico da saída, V_D a queda de tensão no(s) diodo(s) diretamente polarizado e v_o o sinal de saída.

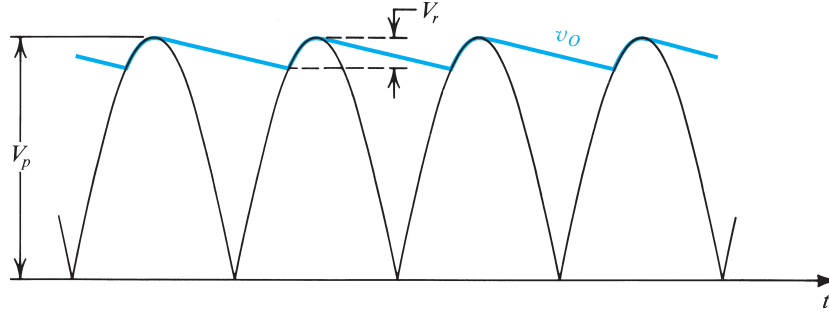


Figura 7: Comportamento de um retificador de onda completa com filtro capacitivo, também chamado de retificador de pico de onda completa.

4.2 Análise

No experimento de número 1 foi montado um retificado de meia onda conforme a Figura 1. Com o auxílio de um osciloscópio verificou-se os seguintes valores:

$$\begin{aligned} V_{Avg} &= 6.353V \\ V_{Min} &= -0.437V \\ V_{Max} &= 20.266V \\ V_{CA} &= \end{aligned}$$

Ao adicionarmos um capacitor, notamos que os valores se alteraram para:

$$\begin{aligned} V_{Avg} &= 18.995V \\ V_{Min} &= 17.588V \\ V_{Max} &= 20.322V \\ V_{CA} &= \end{aligned}$$

O gráfico da Figura 8 foi produzido através dos dados obtidos do osciloscópio com o circuito montado como na Figura 1. Em seguida adicionou-se um capacitor no circuito, o que resultou no gráfico da Figura 9. Com os dados das Figuras 8-9, produzimos a Tabela 1, que nos auxiliou no cálculo do fator de ondulação. Para o experimento de número 2, montou-se o circuito descrito pela Figura 2, observou-se o comportamento nos terminais descrito pela Figura 11. A entrada do circuito está ilustrada pela Figura 10.

Com este mesmo circuito, adicionou-se um capacitor eletrolítico de $100\mu F$. Esta adição mudou o comportamento do sinal de saída, conforme a Figura 12 nos mostra. Em seguida, o mesmo passo foi repetido, no entanto, com um capacitor de $220\mu F$, o que gerou a Figura 13.

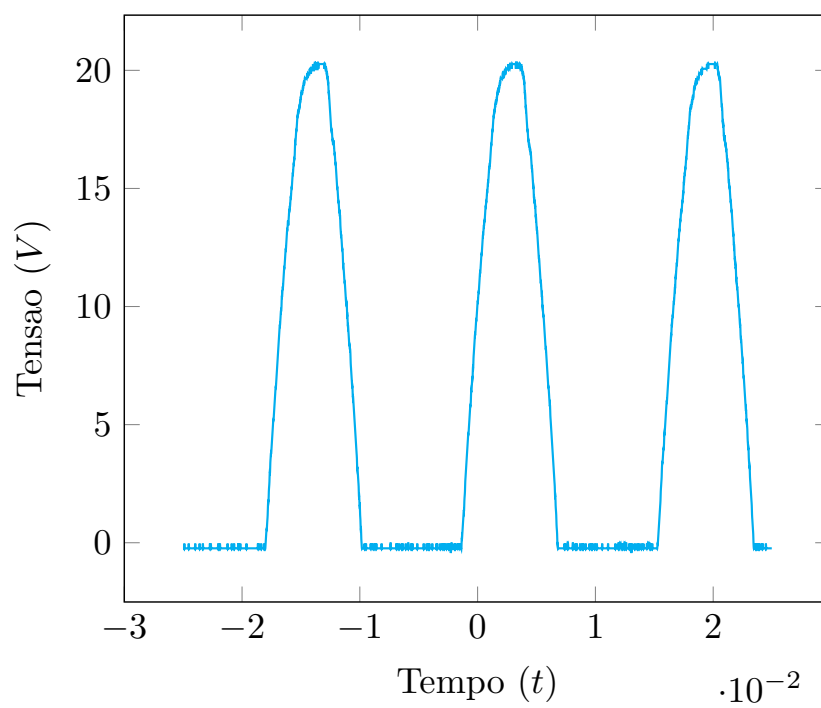


Figura 8: Sinal de saída do circuito retificador de meia onda sem filtro capacitivo, do experimento de número 1.

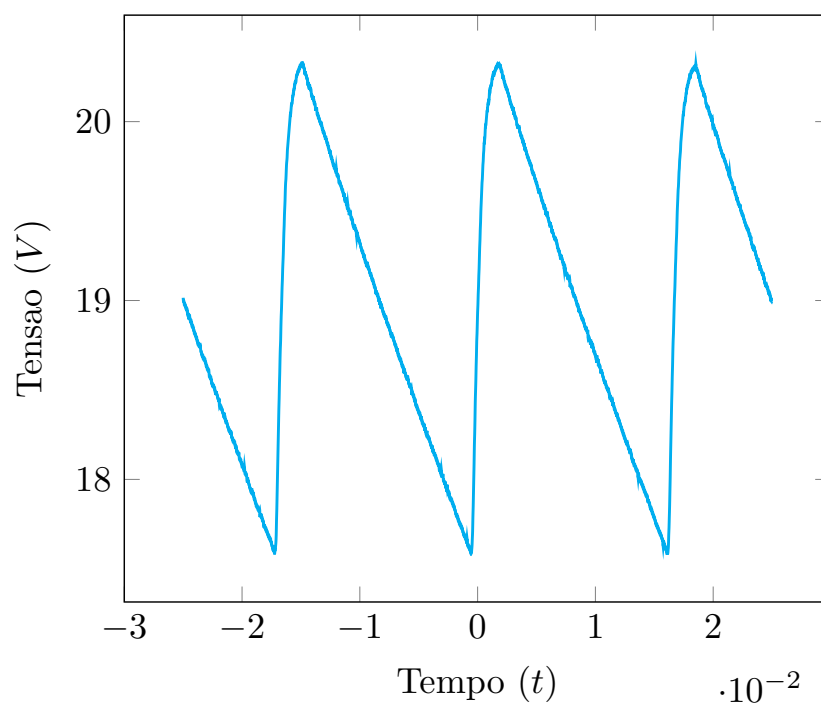


Figura 9: Sinal de saída do circuito retificador de meia onda com filtro capacitivo, do experimento de número 1.

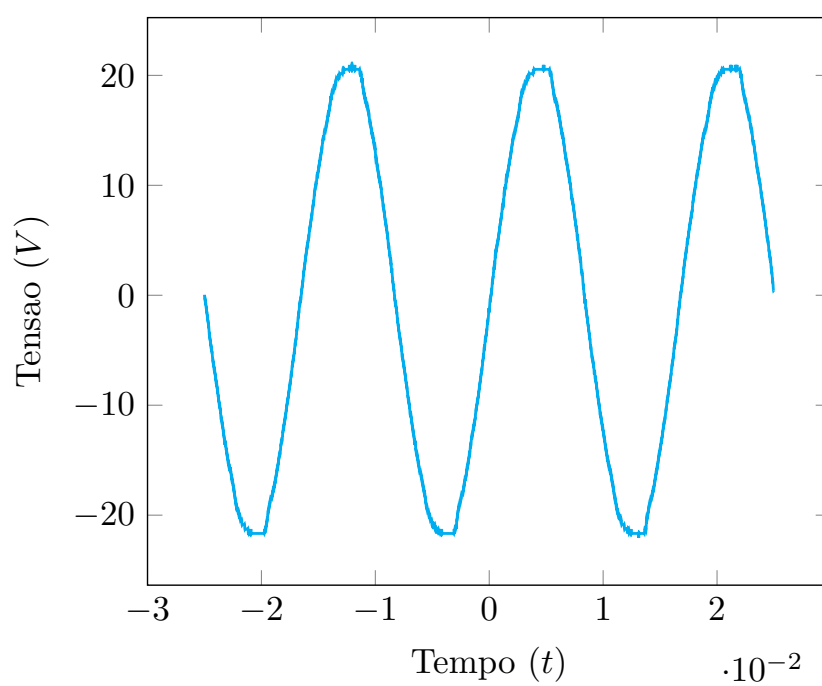


Figura 10: Sinal de entrada do circuito retificador de onda completa do experimento de número 2.

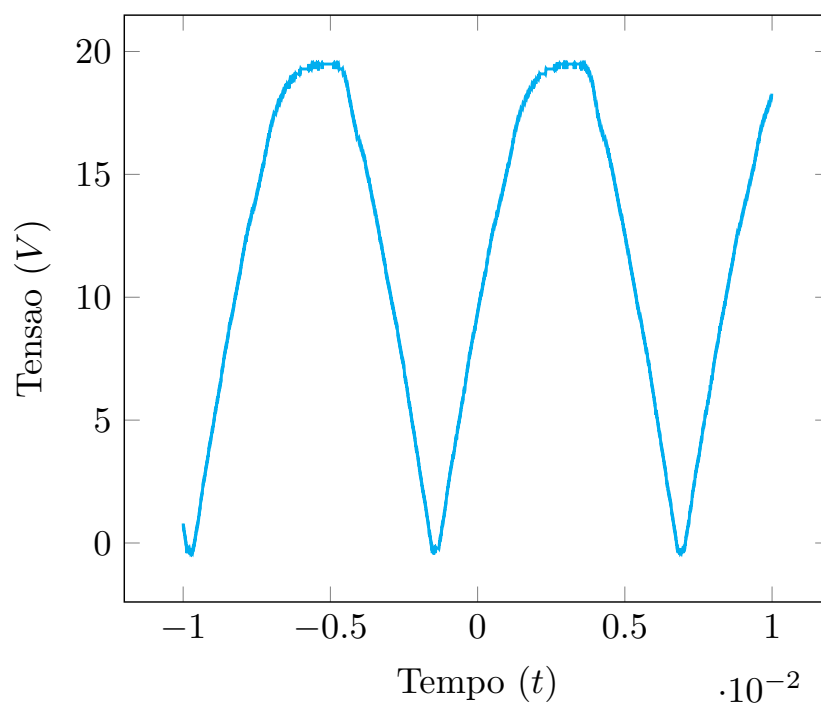


Figura 11: Sinal de saída do circuito retificador de onda completa sem um filtro capacitivo do experimento de número 2.

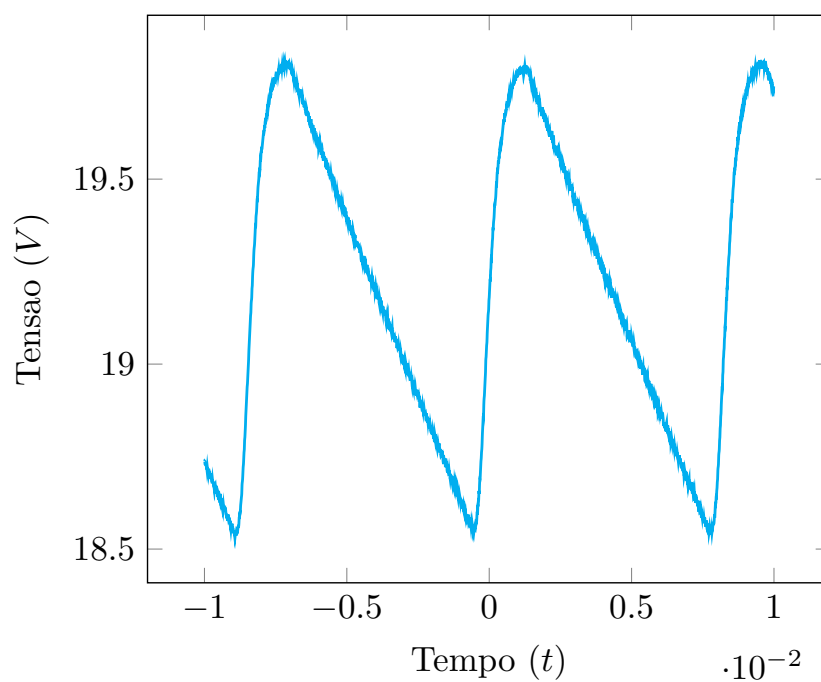


Figura 12: Sinal de saída do circuito retificador de onda completa com um filtro capacitivo de $100\mu F$ do experimento de número 2.

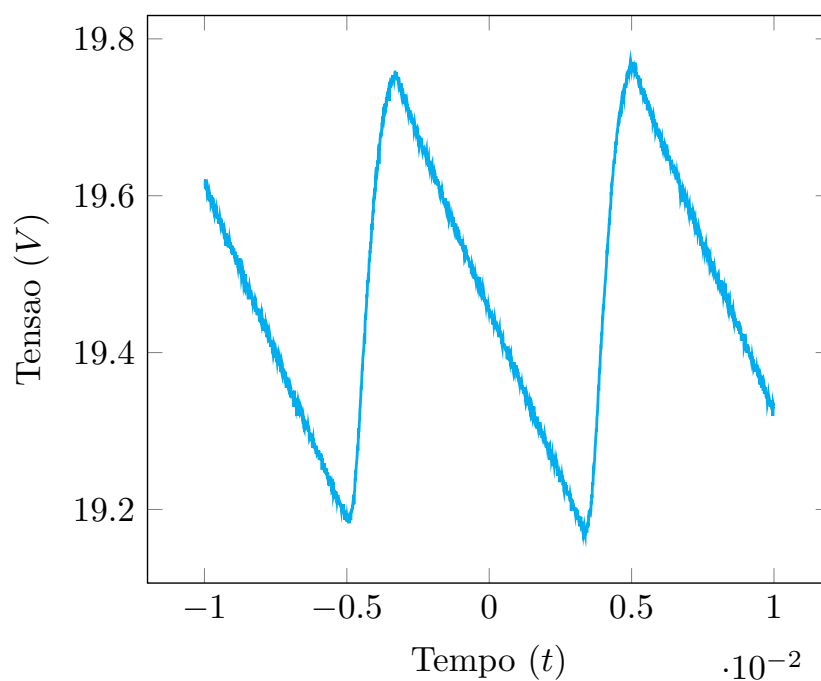


Figura 13: Sinal de saída do circuito retificador de onda completa com um filtro capacitivo de $200\mu F$ do experimento de número 2.

4.3 Discussões

Com a ajuda de um osciloscópio, calculou-se o fator de ondulação dos circuitos retificadores com e sem a presença do capacitor. Sabemos que o fator de ripple é dado por:

$$r = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \quad (1)$$

Sendo que V_{dc} , para o retificador de meia onda, é dado por:

$$V_{dc} = 0.318V_m \quad (2)$$

A Tabela 3 sumariza esta nova informação e o fator de onda obtido na Tabela 1. Esperávamos um valor para o fator de ripple de aproximadamente 121% ($\frac{0.385V_m}{0.315V_m}$), observou-se valores suficientemente próximos.

Tabela 3: Fator de ondulação para as medidas realizadas com o multímetro e com o osciloscópio.

Multímetro		Osciloscópio	
Sem Capacitor	Com Capacitor	Sem Capacitor	Com Capacitor
123%	4.3%	126.97%	4.53%

Levando os dados da Tabela 2 em consideração, pudemos calcular o fator de ondulação de cada uma das três configurações do circuito. O valor V_{dc} , para o retificador de onda completa, foi calculado pela equações abaixo, a equação 3 se refere ao circuito sem capacitor, e a equação 4 se refere aos circuitos retificadores de onda completa com filtros capacitivos. O valor do V_{rms} foi obtido através da função do osciloscópio.

$$V_{dc} = 0.636V_m \quad (3)$$

$$V_{dc} \approx V_m \quad (4)$$

$$r_1 = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{6.5V}{11.63 \times 0.636V} = 55.88\% \quad (5)$$

$$r_2 = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \approx \frac{V_{rms}}{V_m} = \frac{411mV}{19.22} = 0.021\% \quad (6)$$

$$r_2 = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \approx \frac{V_{rms}}{V_m} = \frac{164mV}{19.48} = 0.008\% \quad (7)$$

Tabela 4: Fator de ondulação para o circuito retificador de onda completa.

	Sem capacitor	Capacitor $100\mu F$	Capacitor $220\mu F$
Fator de ondulação	55.88%	0.021%	0.008%

O resultado é descrito na Tabela 4. Esperávamos valores de r próximos a 48.7% ($\frac{0.308V_m}{0.636V_m}$) para o retificador de meia onda sem capacitor.

Assim, como desejamos um sinal com baixo fator de ondulação, pode-se concluir que o circuito que melhor desempenha é o com capacitor de $220\mu F$. Isto pode ser verificado com os gráficos gerados a partir dos dados obtidos no osciloscópio; quando observamos a Figura 11, notamos uma excursão do sinal de 0 a 20V, como desejamos um sinal *DC* adicionou-se o capacitor de $110\mu F$, e observou-se na Figura 12 uma excursão de 1V entre 18.5V e 19.5V, o que já se parece com um sinal *DC*. No entanto, ao aumentarmos a capacitância do capacitor no circuito para $220\mu F$ observou-se uma excursão de apenas 0.4V, entre 19.2V e 19.6V, o que rendeu um sinal *DC* melhor, conforme foi confirmado pelo fator de ondulação da Tabela 4.

O efeito do capacitor foi, em outras palavras, diminuir de forma significativa o efeito de ondulação, já que o sinal excursionou menos e ficou mais constante, assim como desejamos que uma fonte *DC* se comporte. Capacitores maiores tendem a diminuir a excursão e consequentemente o ripple no sistema é menor.

Nota-se também, pela equação 8, o relacionamento entre o resistor e o fator de ondulação. Quando a resistência da carga é diminuída, o fator de ondulação tende a aumentar.

$$r = \frac{2.4}{R_L C} \times 100\% \quad (8)$$

4.4 Conclusão