
TELECOMUNICAÇÕES

Prof. Bruno Hernandez Azenha Pilon

Modulação em Amplitude (AM)

4.1 Modulação em amplitude (AM – *amplitude modulation*)

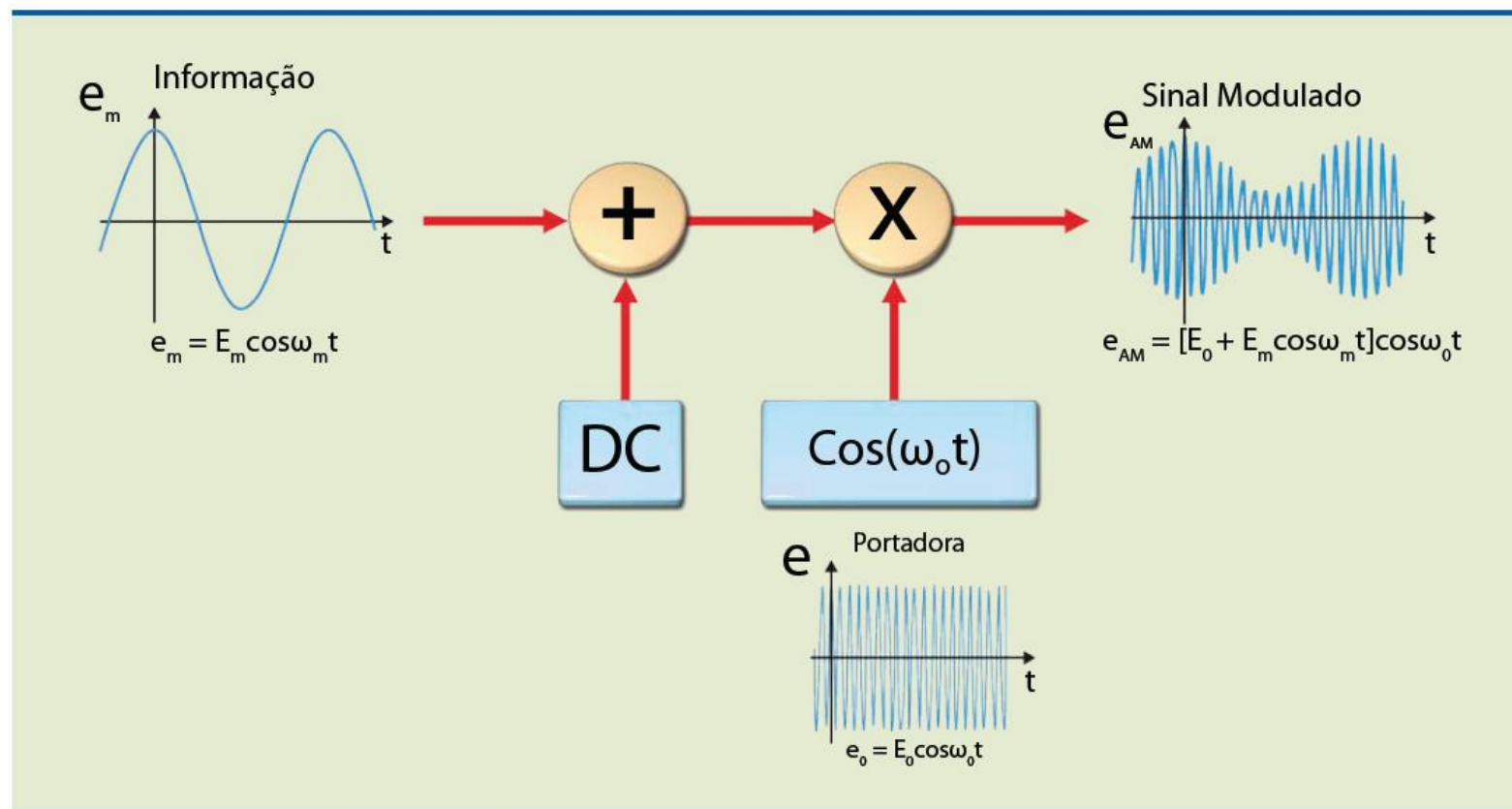
Nesse tipo de modulação, o sinal a ser transmitido (sinal modulante) será somado ao sinal de frequência alta (portadora), modificando sua amplitude.

Dentre os tipos de modulação em amplitude encontram-se as tecnologias:

- AM-DSB.
- AM-DSB/SC.
- AM-SSB.
- AM-VSB.

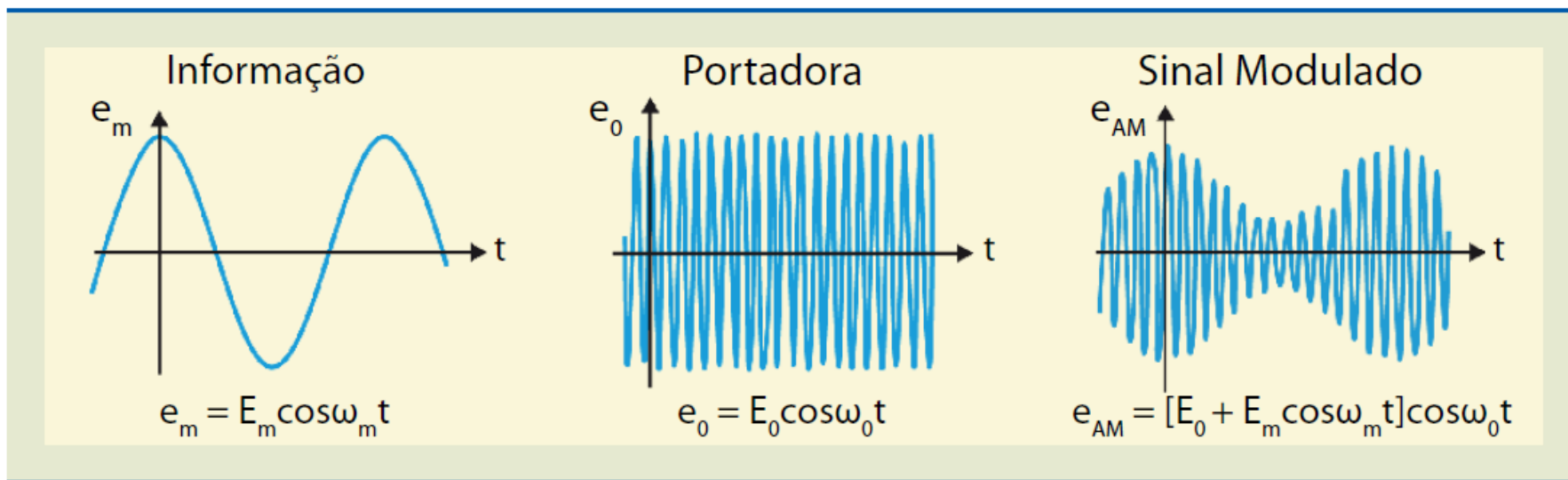
Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band



Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band



Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band

O espectro do sinal modulado AM-DSB (figura 4.3) pode ser obtido pela equação:

$$e_{AM} = [E_0 + E_m \cos \omega_m t] \cos \omega_0 t \quad (4.1)$$

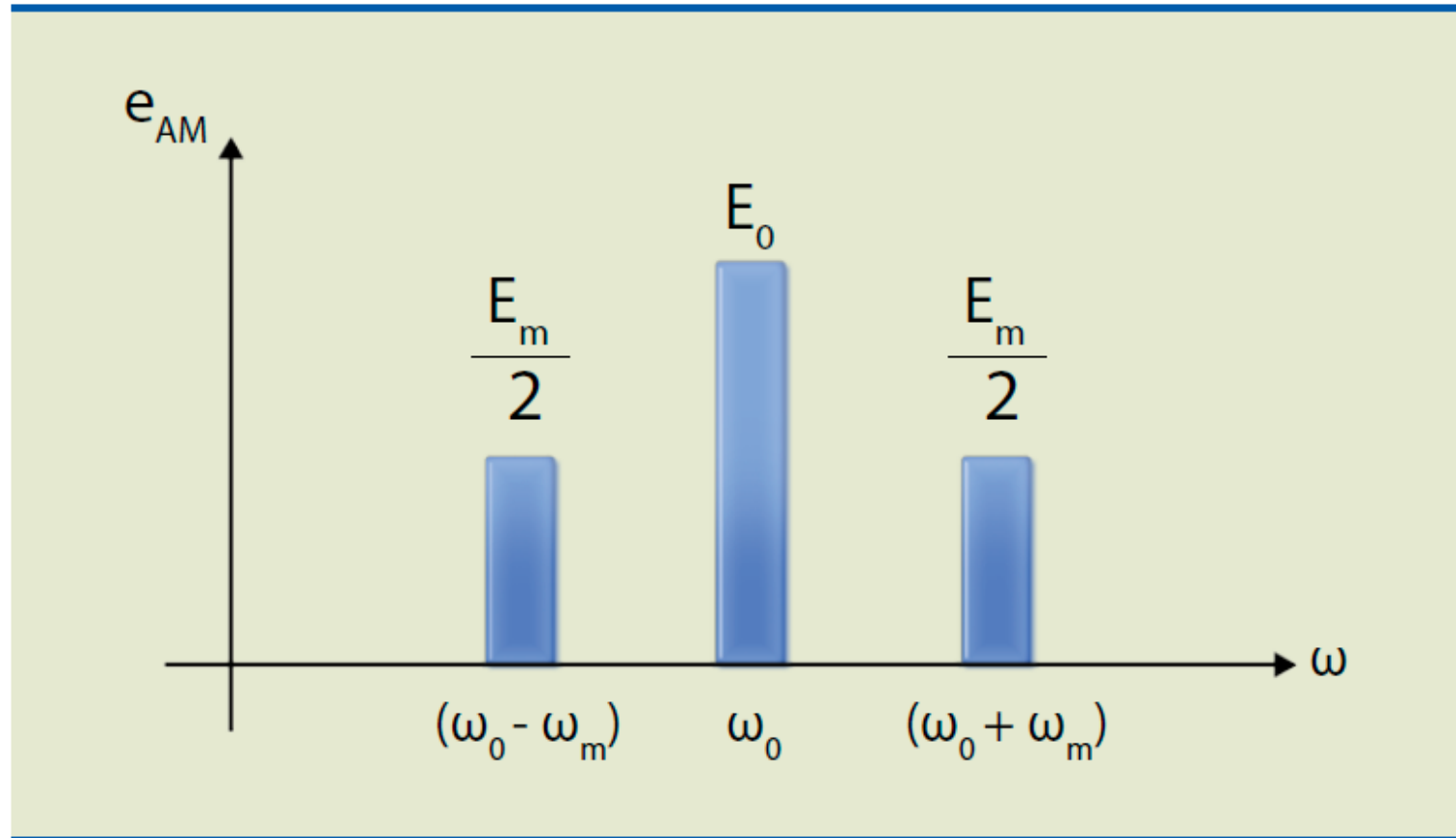
Lembrando que

$$\cos A \cdot \cos B = \frac{1}{2} [\cos(A + B) + \cos(A - B)], \text{ então:}$$

$$e_{AM} = E_0 \cos \omega_0 t + \frac{E_m \cos(\omega_0 + \omega_m)t}{2} + \frac{E_m \cos(\omega_0 - \omega_m)t}{2}$$

Modulação em Amplitude (AM)

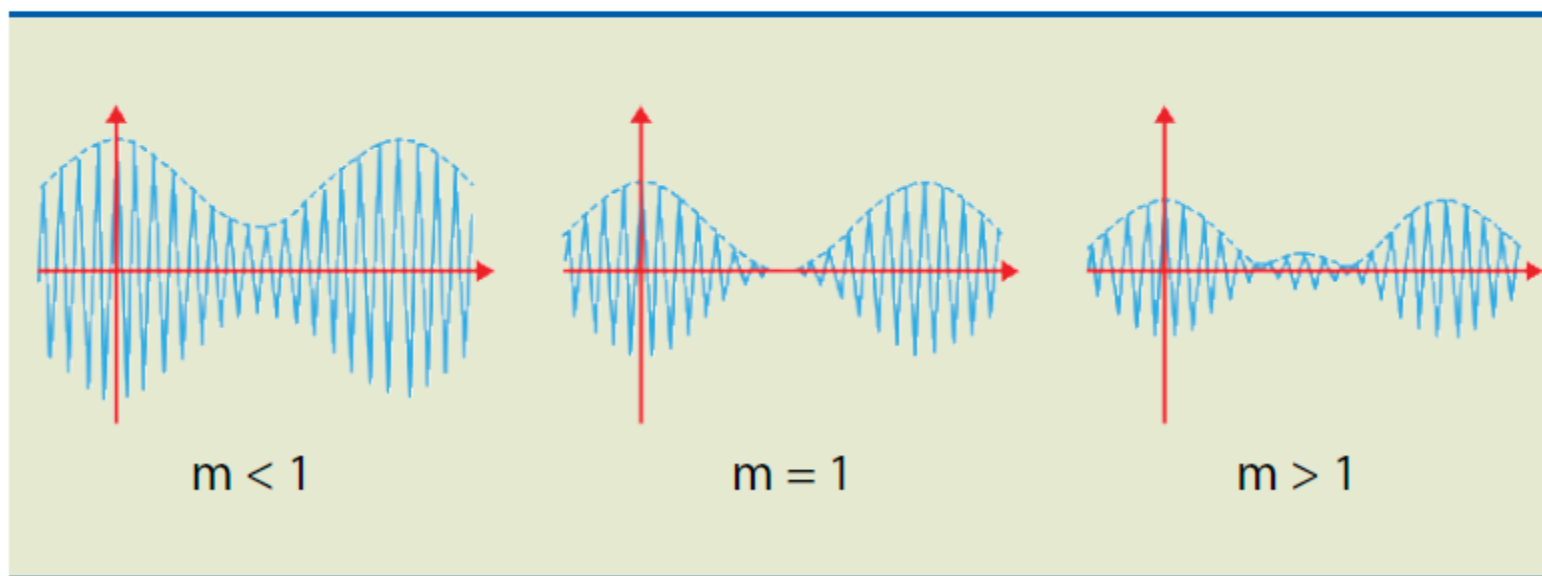
AM-DSB → amplitude modulation – double side band



Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band

O índice de modulação (**m**) é o valor obtido pela razão $m = E_m / E_0$ (figura 4.4). Esse valor não deve ser superior a 1 para que não haja distorção na recuperação do sinal modulado (informação).



Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band

Para calcularmos a **potência do sinal AM-DSB**, devemos considerar como impedância da antena o valor normalizado $R = 1 \, \Omega$, igual ao valor da impedância de saída do circuito, para que ocorra a máxima transferência de potência.

Levando em conta que a potência é dada pela expressão $P = V^2/R$ e o sinal é transmitido na envoltória da onda portadora, sendo esse sinal composto por duas bandas laterais, três potências estarão envolvidas: potência da portadora, potência da banda lateral inferior (BLI) e potência da banda lateral superior (BLS).

$$P_P = \frac{E_0^2}{2R}$$

Portanto,

$$P_P = \frac{E_0^2}{2}$$

em que:

- P_P é a potência da portadora;
- E_0 é a tensão da portadora.

Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band

$$P_{BLS} = \frac{\left(\frac{E_m}{2}\right)^2}{2R} = \frac{E_m^2}{8}$$

em que:

- P_{BLS} é a potência da banda lateral superior;
- E_m , a tensão da informação.

$$P_{BLI} = \frac{\left(\frac{E_m}{2}\right)^2}{2R} = \frac{E_m^2}{8}$$

em que:

- P_{BLI} é a potência da banda lateral inferior;
- E_m , a tensão da informação.

Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band

A potência total de transmissão AM será dada, então, pela soma das potências da portadora, da banda lateral superior e da banda lateral inferior.

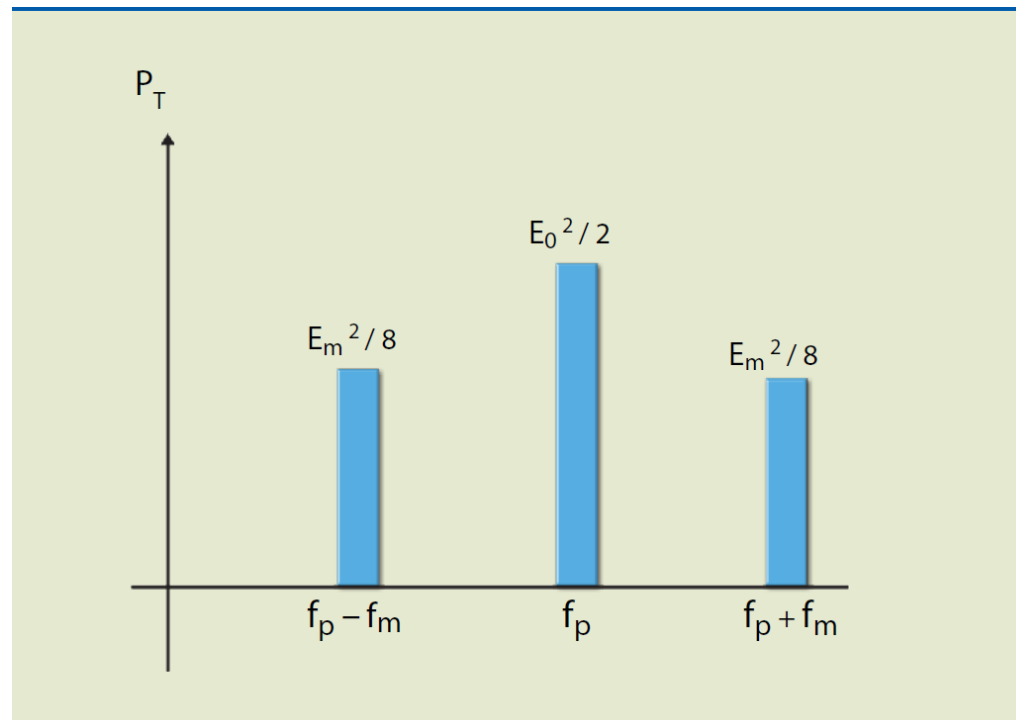
$$\text{Potência}_{\text{Total}} = P_t = P_P + P_{\text{BLS}} + P_{\text{BLI}}$$

$$P_T = \frac{E_0^2}{2} + \frac{E_m^2}{8} + \frac{E_m^2}{8} = \frac{E_0^2}{2} + \frac{E_m^2}{4}$$

Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB → amplitude modulation – double side band

A figura 4.7 mostra o espectro de potências do AM-DSB.



Modulação em Amplitude (AM)

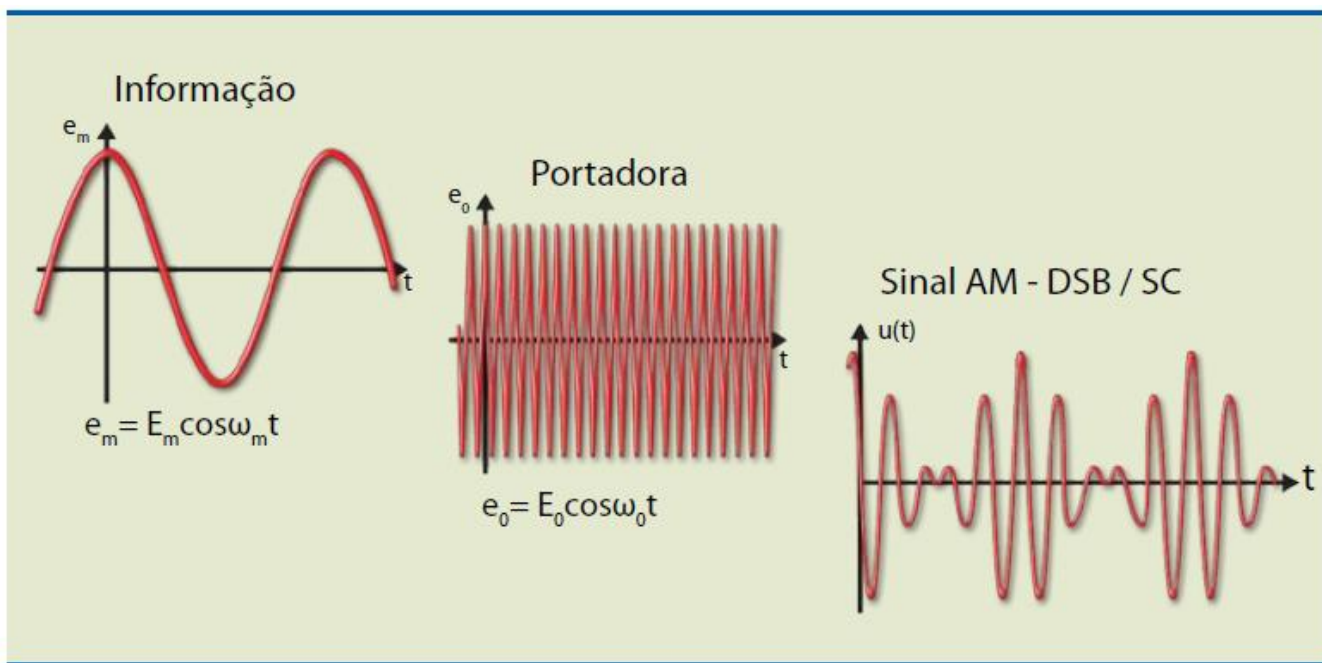
AM-DSB/SC → amplitude modulation – double side band/suppressed carrier

Como vimos, o AM-DSB transmite um sinal modulado em amplitude e, na etapa de transmissão, o circuito modulador envia para o espaço livre uma onda portadora mais duas bandas laterais, as quais contêm a informação.

De acordo com o espectro do sinal AM-DSB, a energia interessante se encontra nas bandas laterais (informação) e a energia transmitida pela portadora não contém informação alguma, que não precisaria ser transmitida. É por esse motivo que foi implementado o sistema AM-DSB/SC, que é a modulação em amplitude com duas bandas laterais e portadora suprimida, conforme mostra a figura 4.9.

Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB/SC → amplitude modulation – double side band/suppressed carrier

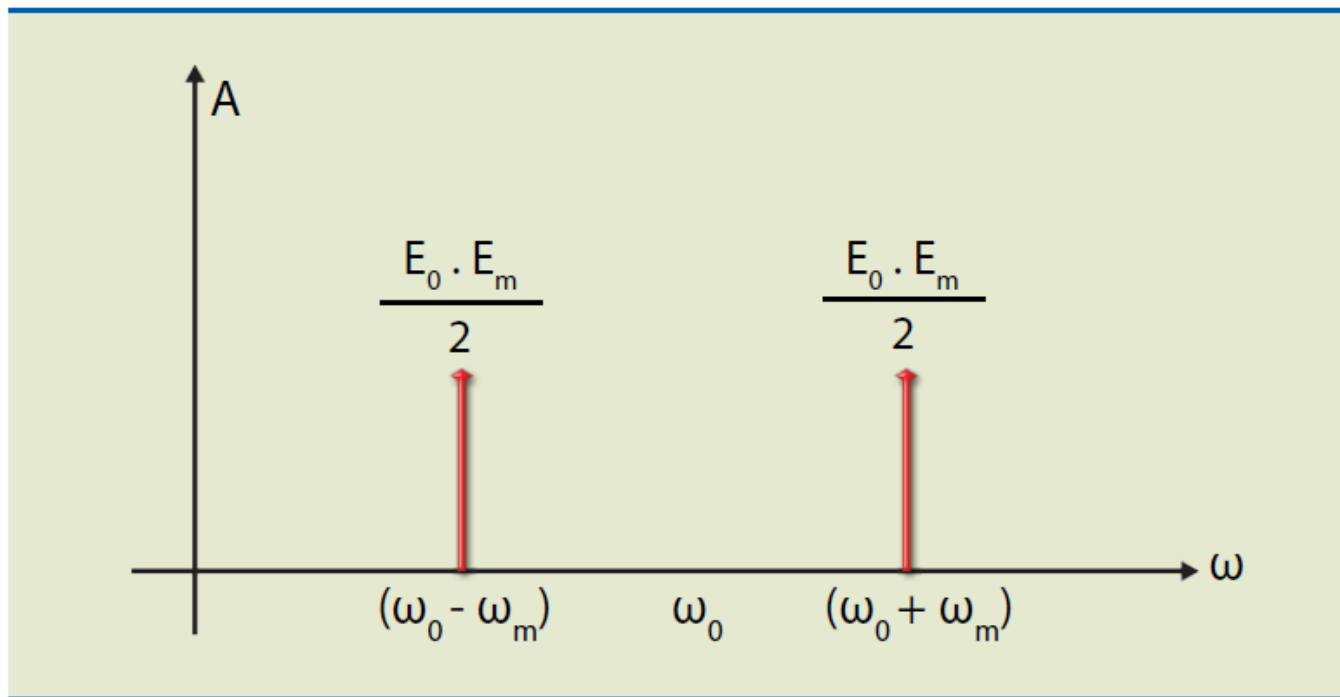


$$e_{\text{AM-DSB/SC}} = \frac{E_0 E_m}{2} \cdot \cos(\omega_0 + \omega_m)t + \frac{E_0 E_m}{2} \cdot \cos(\omega_0 - \omega_m)t$$

Modulação em Amplitude (AM)

AM-DSB/SC → amplitude modulation – double side band/suppressed carrier

O espectro de amplitudes do AM-DSB/SC pode ser visto na figura 4.10.



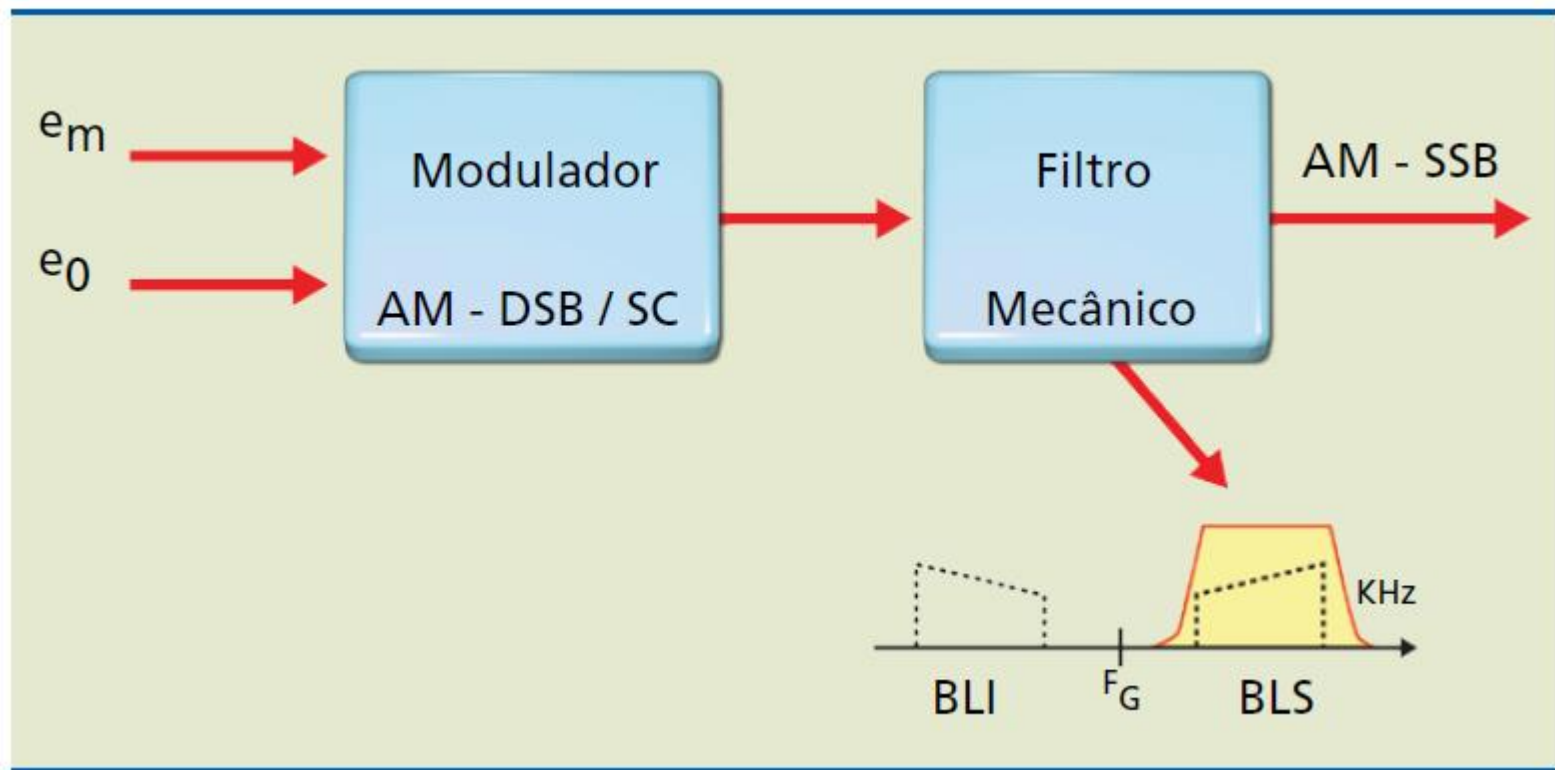
Modulação em Amplitude (AM)

AM-SSB → amplitude modulation – single side band

De maneira análoga ao AM-DSB, o AM-DSB/SC transmite duas bandas laterais, porém apenas uma das bandas contém a informação. Portanto, ele não precisa transmitir as duas bandas, ocasionando economia de energia, já que interessa apenas a potência de uma das bandas laterais. Foi, então, implementado o AM-SSB, que contém uma única banda lateral. Uma vez obtido o sinal AM-DSB/SC, ele passa por um filtro mecânico que separa somente uma banda a ser transmitida (figura 4.14). Um exemplo de aplicação do AM-SSB é o radioamadorismo.

Modulação em Amplitude (AM)

AM-SSB → amplitude modulation – single side band



Modulação em Amplitude (AM)

AM-VSB → amplitude modulation – vestigial side band

No modulador de amplitude com vestígio de banda lateral, também obtido da modulação AM-DSB/SC, são transmitidos uma banda lateral completa e um vestígio da outra banda lateral. Um exemplo de aplicação do AM-VSB é a transmissão de sinais de televisão (figura 4.15).

