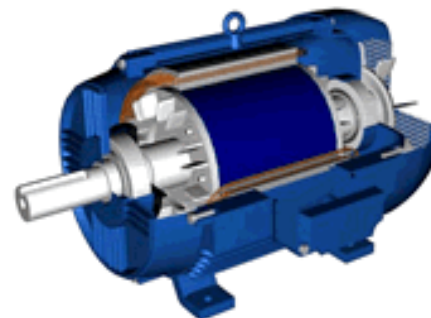
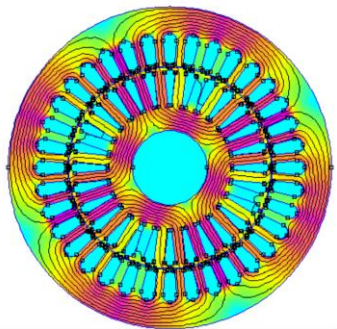
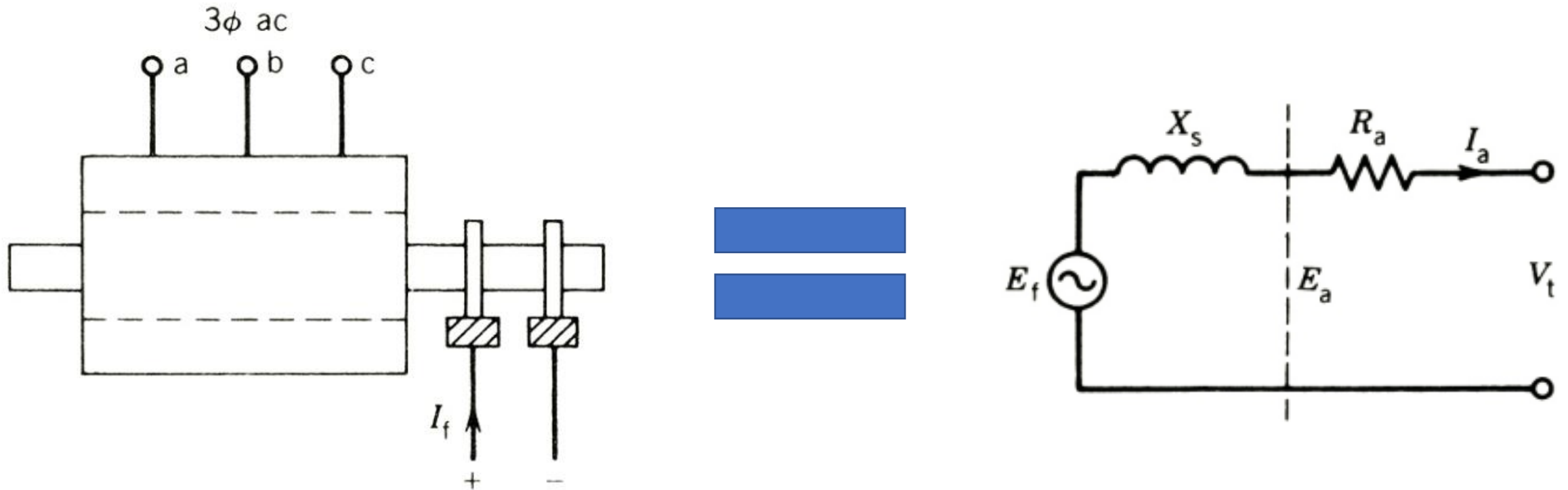


Ensaio para determinação dos parâmetros de uma máquina síncrona

Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org



Circuito equivalente da máquina síncrona



Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Ensaio para determinação dos parâmetros

- ❑ Ensaio são realizados com a máquina operando como gerador;

- ❑ São realizados 3 ensaios:
 - Ensaio de determinação da resistência de estator;
 - Ensaio de circuito aberto;
 - Ensaio de curto-circuito.

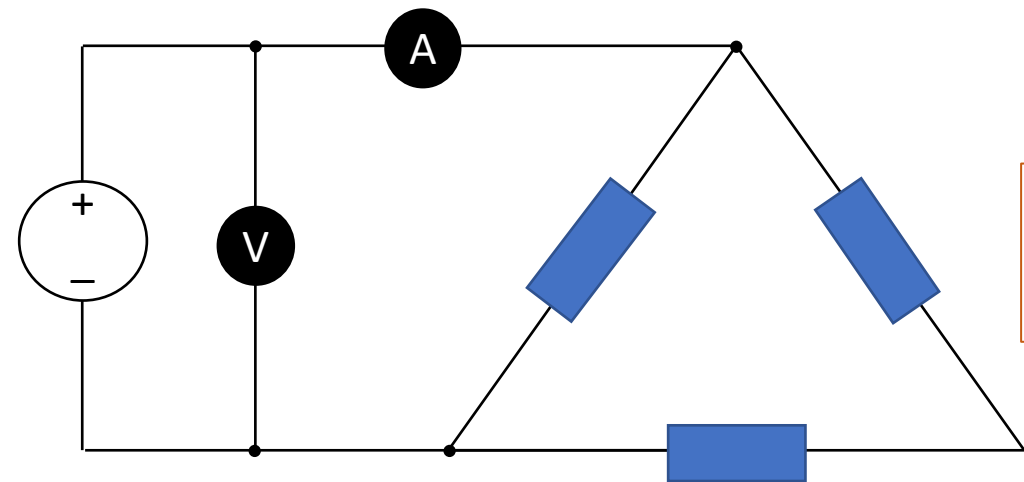
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Determinação da resistência do estator

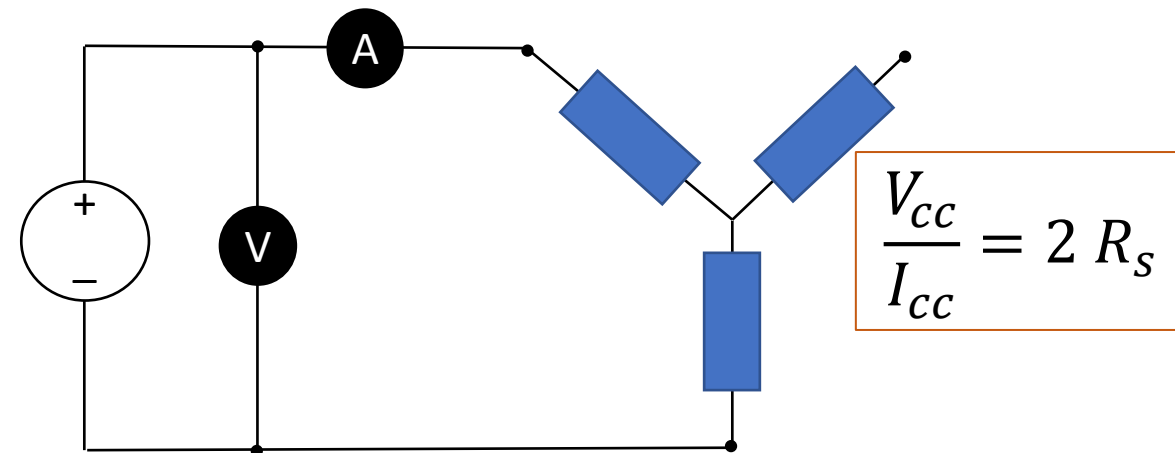
- ❑ Desafios de utilização de multímetros (resistência pequena);
- ❑ Solução 1: Ponte dupla de Kelvin.
- ❑ Solução 2: Aplicação de corrente contínua no estator.

Ensaio com corrente contínua

- ❑ Em regime permanente, a corrente será limitada pela resistência de estator;
- ❑ Aplica-se uma tensão contínua e mede-se a corrente;
- ❑ Deve-se ter cuidado com a ligação;
- ❑ Pode-se fazer a correção do valor medido para a temperatura de operação;
- ❑ Devido ao efeito pelicular, esta estimativa ainda apresenta certo erro.



$$\frac{V_{cc}}{I_{cc}} = \frac{2}{3} R_s$$

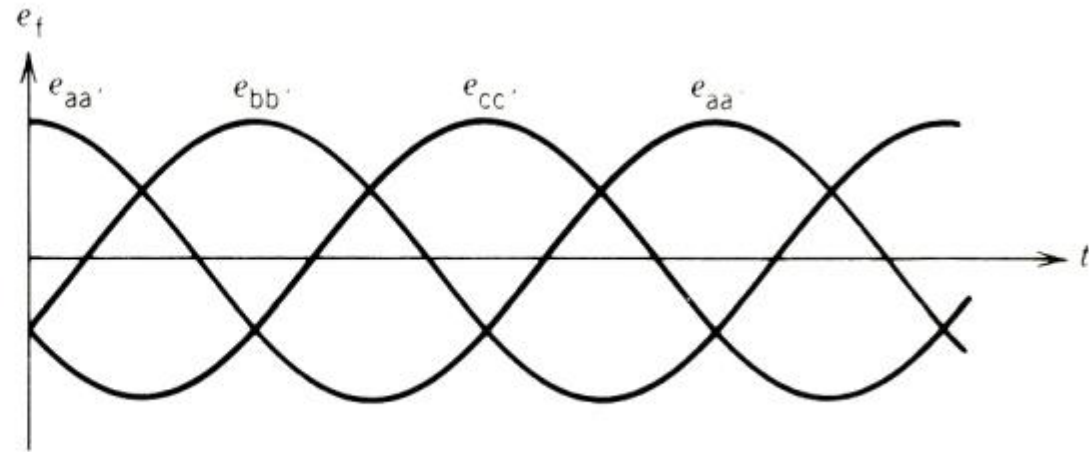
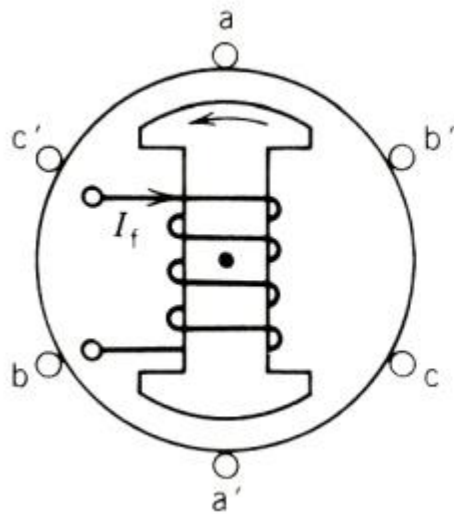


$$\frac{V_{cc}}{I_{cc}} = 2 R_s$$

Ensaio de circuito aberto

- ❑ Aciona-se a máquina síncrona na **velocidade síncrona** por meio de uma máquina primária;
- ❑ Mantem-se o estator aberto. Desta forma, $I_a = 0$ e $V_t = E_f$;
- ❑ Varia-se a corrente aplicada no circuito de campo e mede-se a tensão eficaz induzida no enrolamento de estator;
- ❑ Devido a saturação do material magnético, a curva apresenta um comportamento não linear.

Comportamento da máquina durante o ensaio de circuito aberto



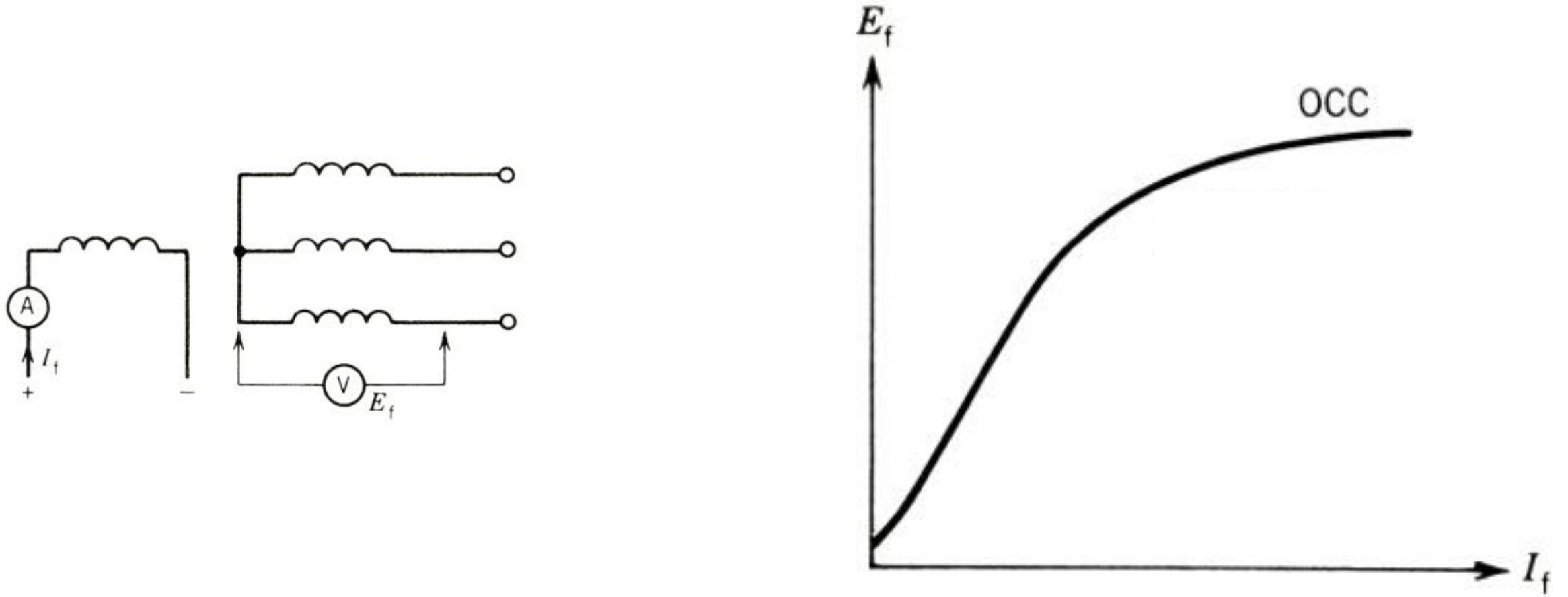
$$E_f = K_f \Phi_f \omega_m$$

$$n_m = n_s = \frac{120 f}{p}$$

- ❑ K_f depende de aspectos construtivos da máquina (pode já incluir dispersão);
- ❑ Φ_f é o fluxo magnético gerado pela bobina do circuito de campo.

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Ensaio de circuito aberto




Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

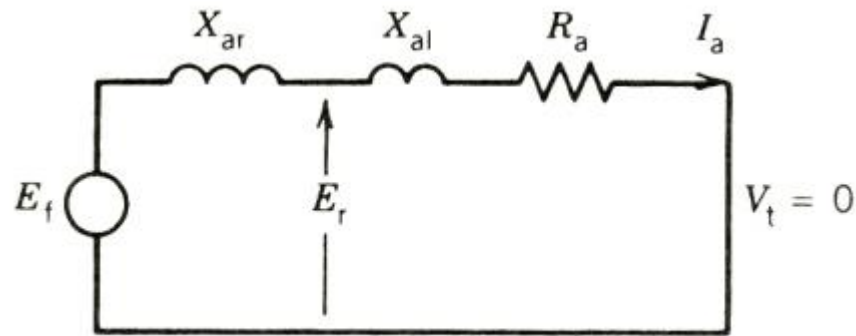
Ensaio de curto-circuito

- ❑ Aciona-se a máquina síncrona na **velocidade síncrona** por meio de uma máquina primária;
- ❑ Mantem-se o estator em curto-circuito. Desta forma, $V_t = 0$;
- ❑ Varia-se a corrente aplicada no circuito de campo e mede-se a corrente no enrolamento de estator;
- ❑ Devido ao baixo nível de fluxo no entreferro, a curva não satura e apresenta um comportamento linear.

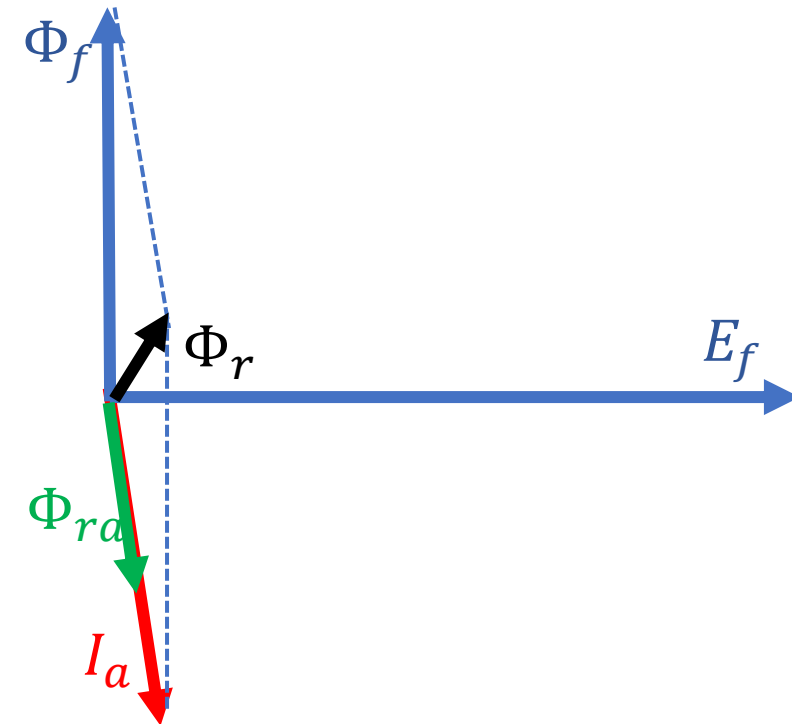
Comportamento da máquina durante o ensaio de curto-circuito

- ❑ Deve-se lembrar que $R_a \ll X_s$.
- ❑ Corrente estará aproximadamente 90° defasado em relação a E_f ;
- ❑ Nesta situação, o fluxo resultante é baixo; 
- ❑ Não observa-se saturação.

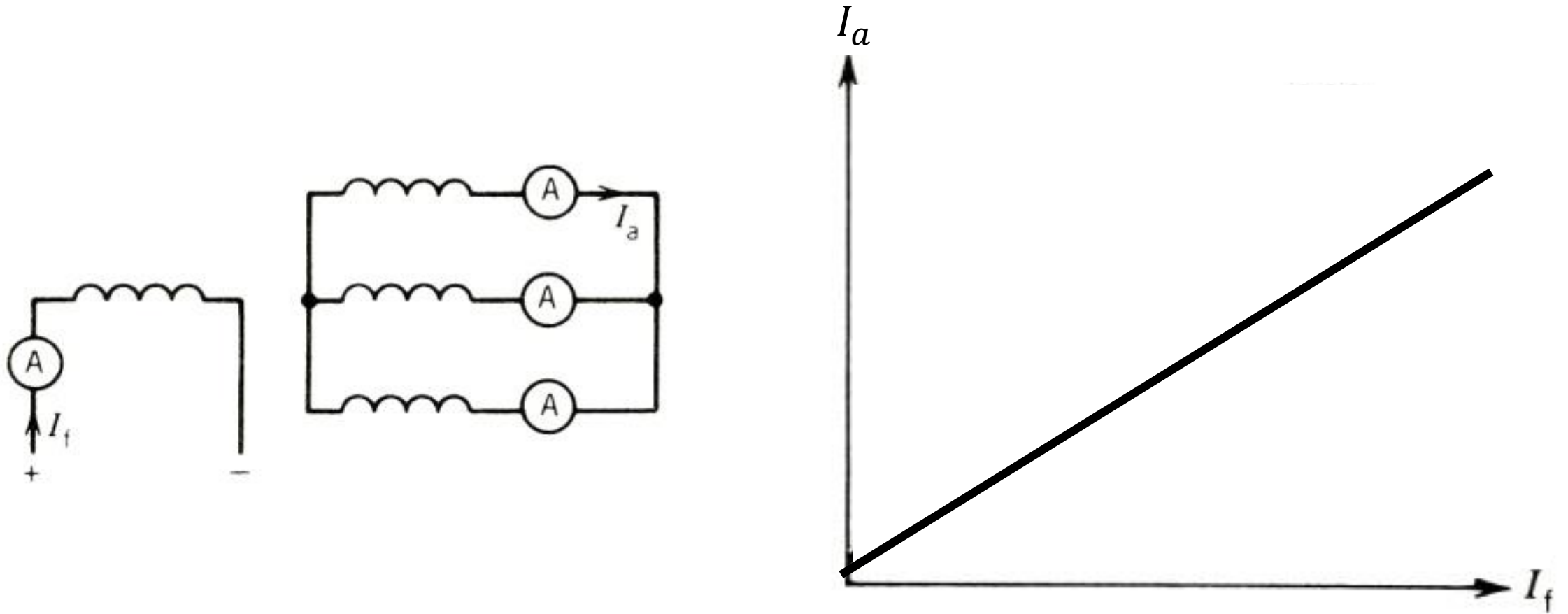
$$\Phi_r = \Phi_f + \Phi_{ar}$$



Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

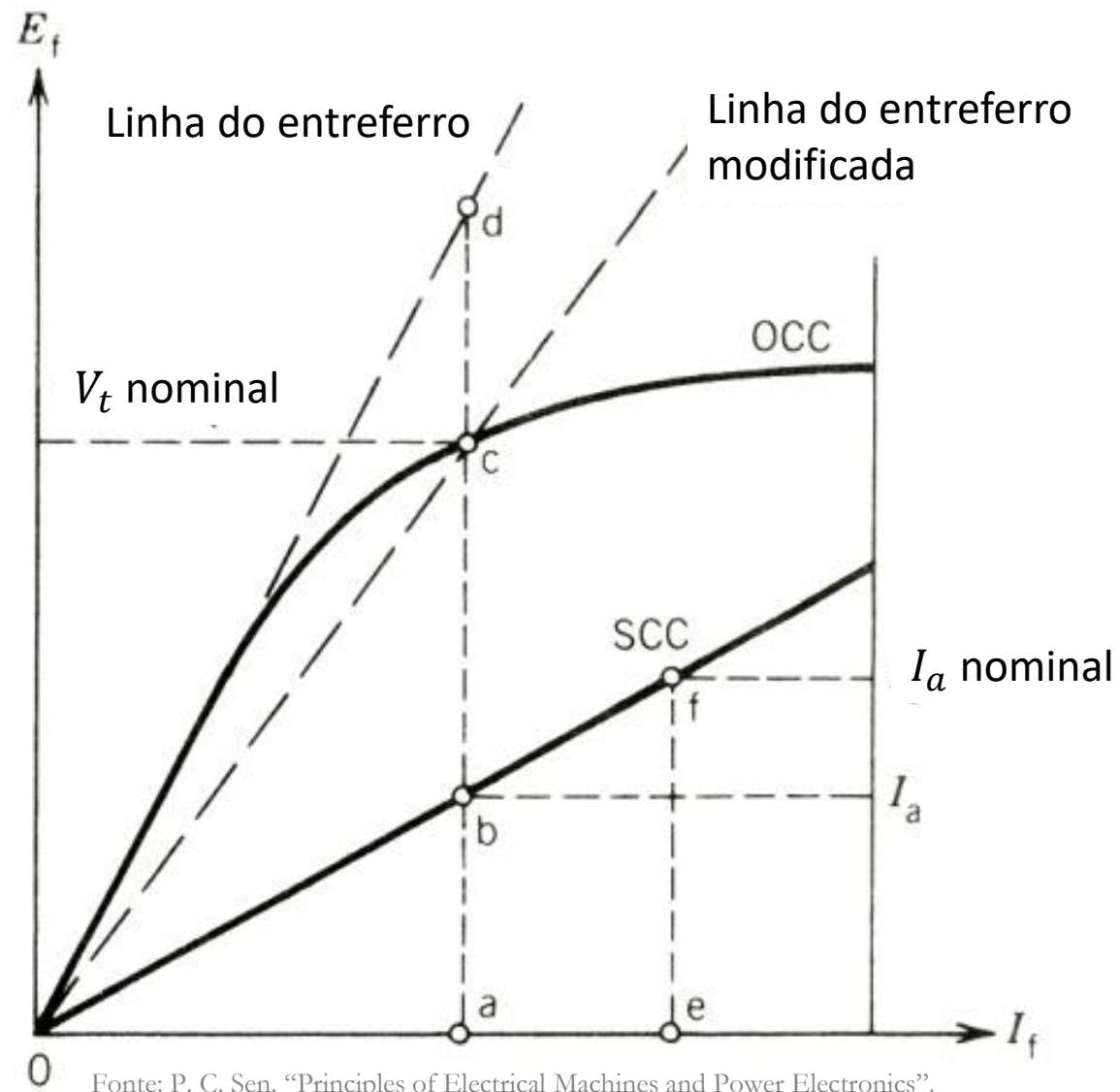


Ensaio de curto-circuito

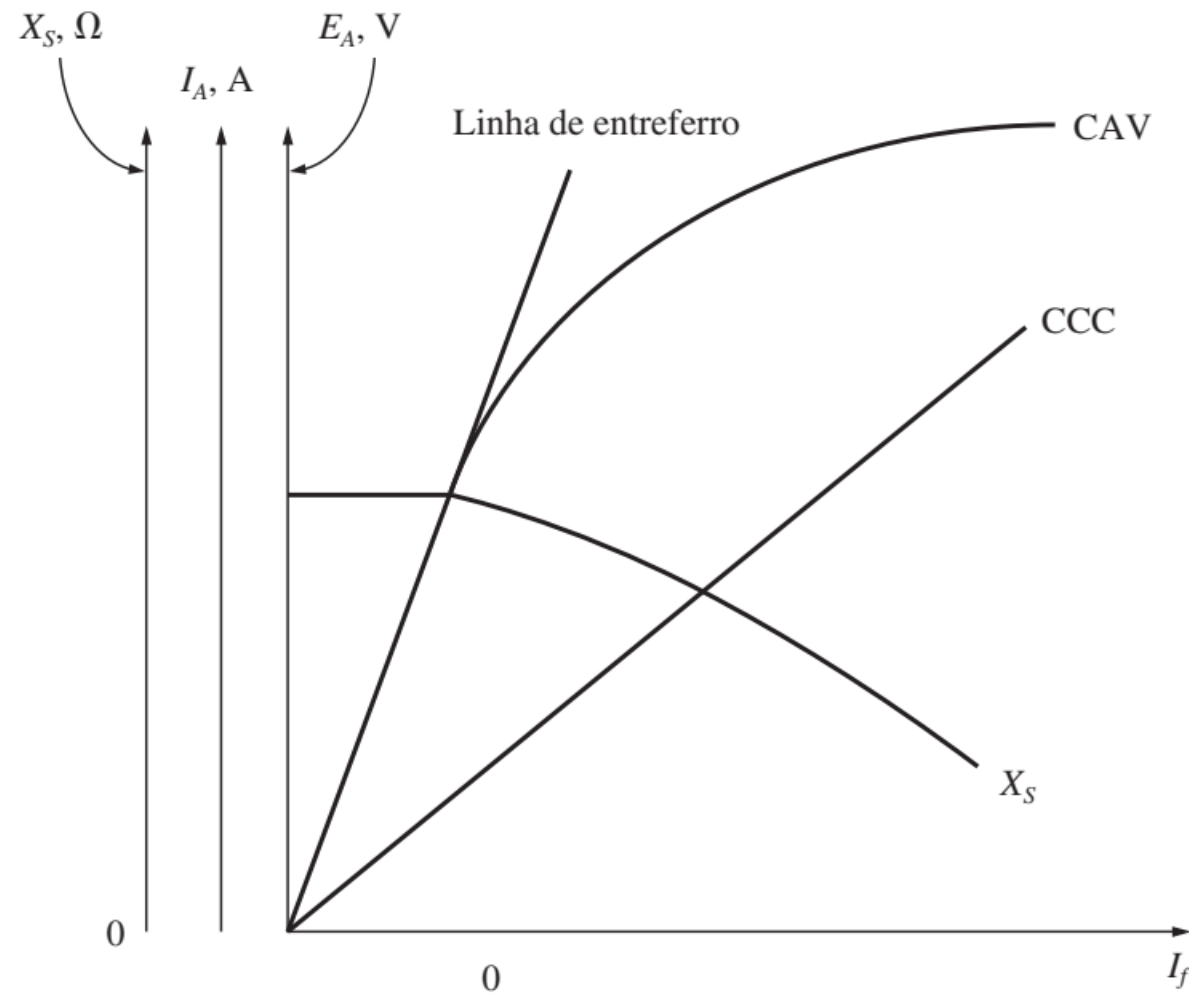


Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Resultados dos ensaios



Comportamento esperado para a reatância síncrona

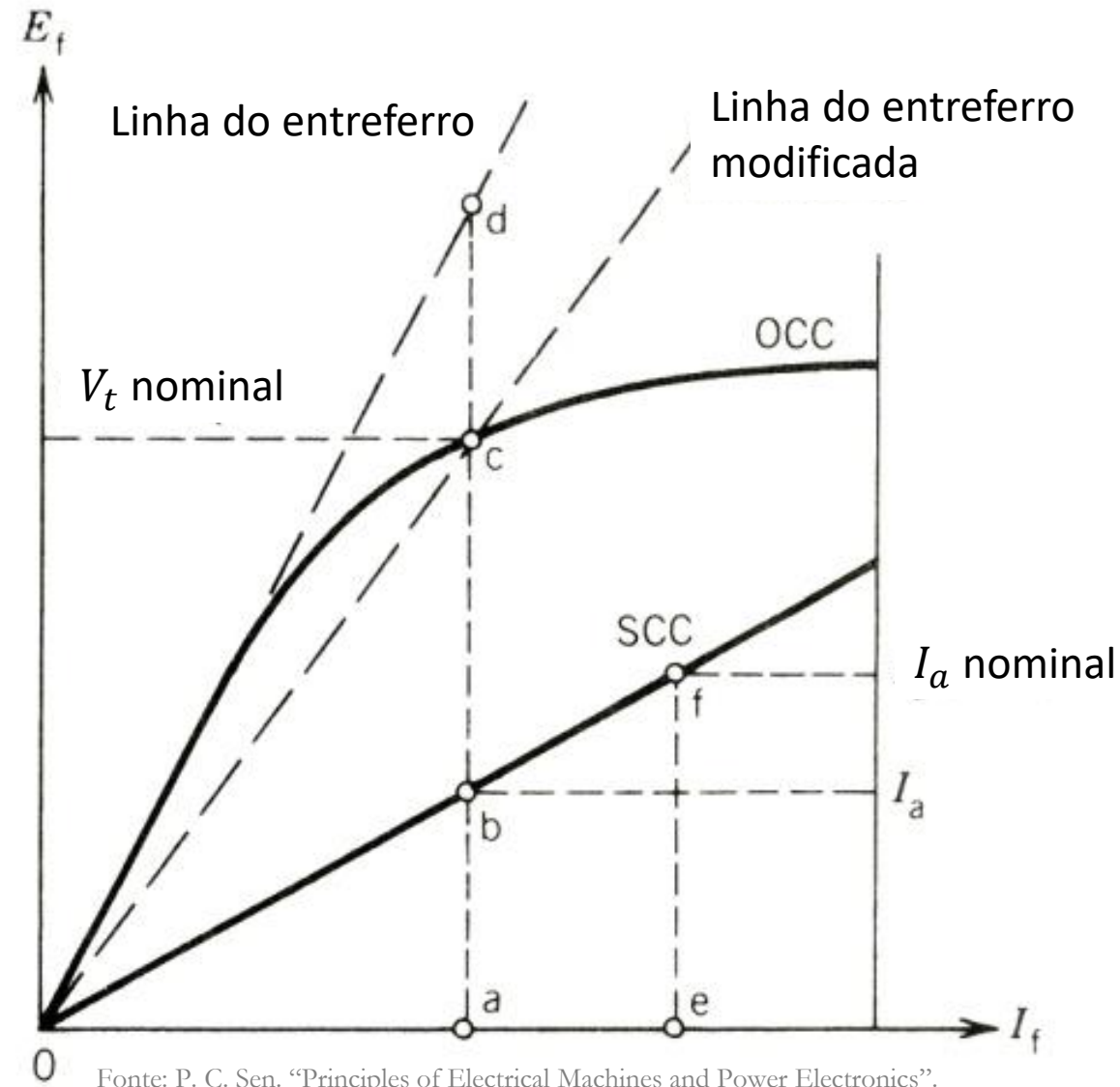


Fonte: S. J. Chapman. "Fundamentos de Máquinas Elétricas".

Reatância síncrona não saturada

- ❑ Calcula-se utilizando-se a linha do entreferro;
- ❑ Valor para condições sem saturação;
- ❑ Utiliza-se o valor de I_f que corresponde a V_t nominal;

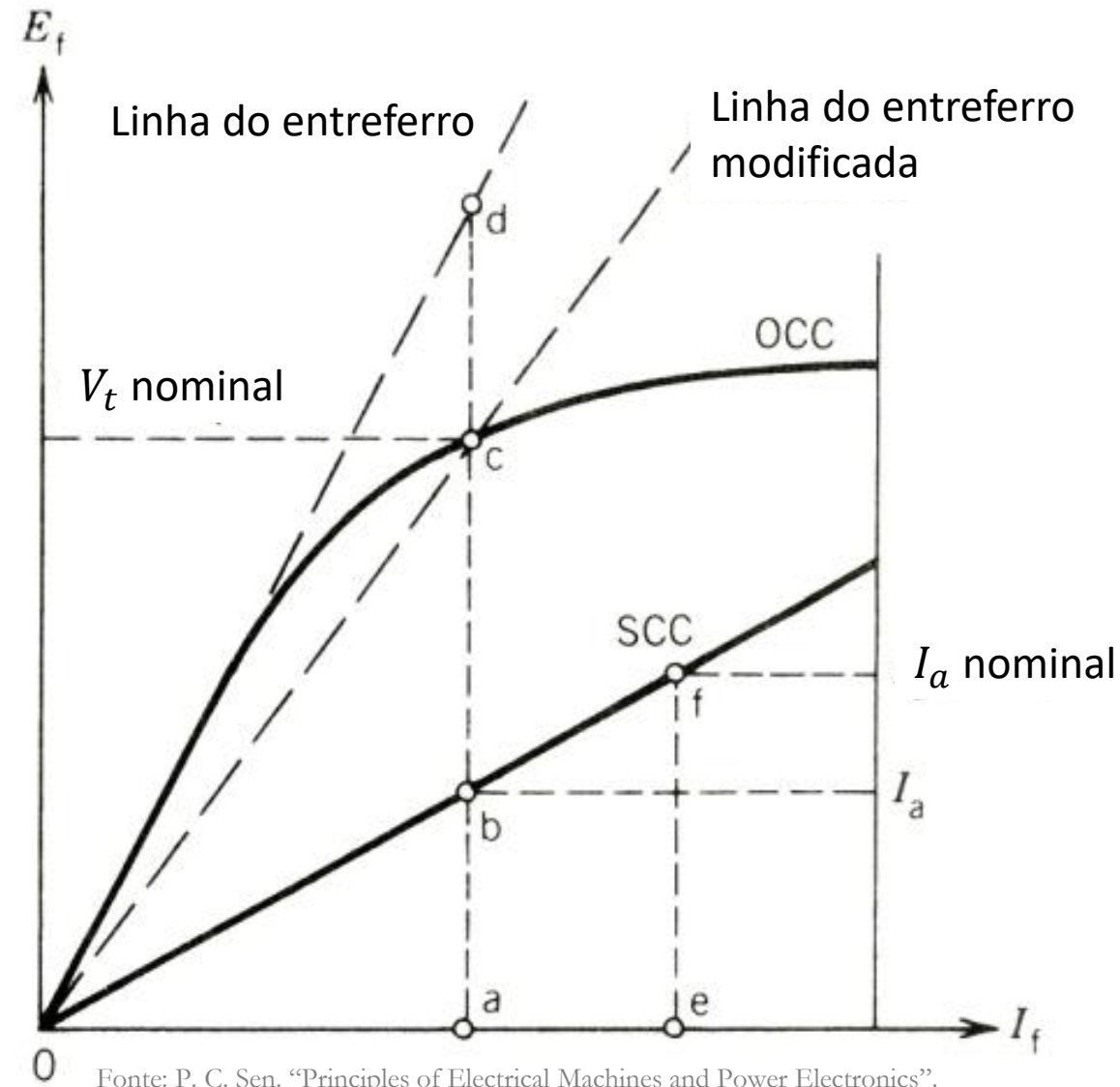
$$Z_{s,nsat} = \frac{E_{da}}{I_{ba}} = \sqrt{R_a^2 + X_{s,nsat}^2}$$



Reatância síncrona saturada

- ❑ Calcula-se utilizando-se a tensão de excitação;
- ❑ Valor para condições com saturação;
- ❑ Utiliza-se o valor de I_f que corresponde a V_t nominal;

$$Z_{s,sat} = \frac{E_{ca}}{I_{ba}} = \sqrt{R_a^2 + X_{s,sat}^2}$$



Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



EStimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“EStimate”