

# SIMULAÇÃO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS COM NÚCLEOS SINTERIZADOS A PARTIR DA LIGA Fe-Si

Conrado Pedro Uribarri Carro<sup>1</sup>; Lirio Schaeffer<sup>2</sup>  
Laboratório de Transformação Mecânica - Centro de Tecnologia - UFRGS

<sup>1</sup>Graduação Engenharia Metalúrgica  
<sup>2</sup>Professor Dr Ing. Titular LdTM-UFRGS



## GDER - GRUPO DE DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

### APRESENTAÇÃO

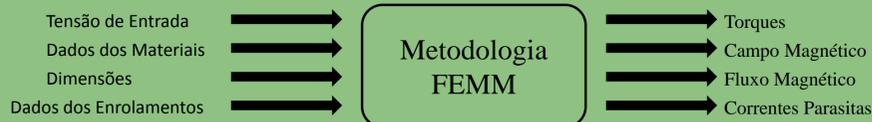
Uma máquina elétrica rotativa é composta basicamente de uma carcaça, núcleos do estator e rotor, eixos e enrolamentos. Os núcleos magnéticos (rotor e estator) das máquinas elétricas, com raras exceções, são atualmente construídos a partir de finas lâminas metálicas (chapas de aço baixo carbono), agrupadas em pacotes de chapas. Algumas máquinas de maior rendimento, como os geradores, são construídas com chapas aço-silício, com percentual de aproximadamente 3%.

Com a aplicação das técnicas da metalurgia do pó é possível diminuir as etapas de fabricação e desperdício de matéria-prima, além da possibilidade do desenvolvimento de materiais com melhores desempenhos em sua aplicação.

### MATERIAL E MÉTODOS

Simulação de um motor trifásico com núcleo do estator e rotor do motor com a liga Fe-Si obtida por MP com percentual de 1%, 3% e 5%. Através do software FEMM 4.2 (Finite Elements Method Magnetics) é possível verificar dados importantes como o torque momentâneo da máquina elétrica, o fluxo concatenado em cada bobina e perdas de Foucault. Os conhecimentos destes resultados permitem ao projetista verificar a eficiência do motor. Para possibilitar a obtenção de resultados é inserido no programa o desenho em corte transversal do motor, os materiais que compõem cada parte do motor e suas propriedades magnéticas.

A máquina simulada foi o servomotor SWA (WEG Motores).



#### Dados experimentais:

Mistura da liga Fe-Si



Compactação do corpo de prova



Sinterização

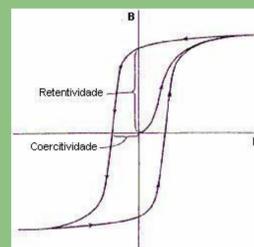


Preparação do corpo de prova em forma de toróide

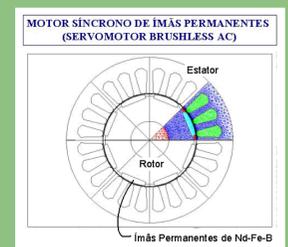


Obtenção da curva de histerese  
(Propriedades Magnéticas adquiridas)

As propriedades magnéticas como permeabilidade magnética, indução de saturação, coercitividade e retentividade são obtidas a partir da curva de histerese. A curva de histerese foi determinada a partir de corpos de prova na forma de anel ASMT A773 (Standard Test Method for dc Magnetics Properties of Materials Using Ring and Permeameter Procedures with dc Electronic Hysteresigraphs).



Curva de histerese



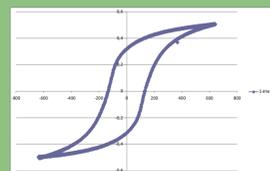
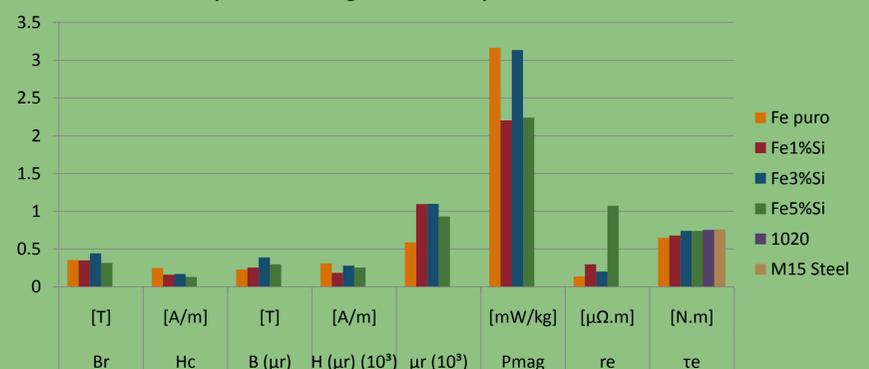
Desenho em corte do motor simulado

Em resumo o material utilizado na construção dos núcleos do estator e do rotor deve apresentar as seguintes propriedades:

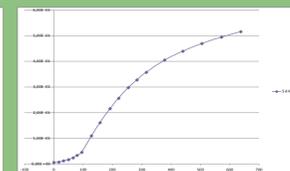
- Elevada Permeabilidade;
- Baixa Coercitividade Magnética;
- Elevada Resistividade Elétrica;
- Elevada indução de Saturação.

### RESULTADOS

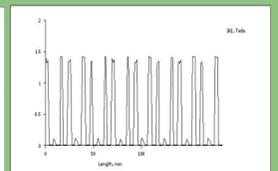
Propriedades Magnéticas x Torque Elétrico Simulado



Curva de histerese Fe-5%Si



Curva de Magnetização Fe-5%Si



Fluxo no entreferro Fe-5%Si

### CONCLUSÕES

A partir dos dados dos dados simulados pode-se concluir que as máquinas com núcleos a partir de ligas sinterizadas, principalmente com maior percentual de silício, apresentam torque muito semelhantes às máquinas com núcleos de chapas. Observa-se também que, a liga com 5% de silício apresenta alta resistividade elétrica, sem perdas significativas das propriedades magnéticas, sendo este o motivo do bom desempenho da mesma. Importante salientar que os resultados das simulações são de uma mesma máquina, onde se considerou uma corrente com amplitude de 2A.