

**Estrutura de revestimentos de ligas de FeNb
processado pelas técnicas de aspersão térmica
com HVOF e APS**

Juliana Manica

Prof. Ramón S. Cortés Paredes

Curitiba, 21 de agosto de 2007.

Referências Bibliográficas

1. N.E. Fenineche, M. Cherigui, H. Aourag, C. Coddet. Structure and magnetic properties study of iron-based thermally sprayed alloys. *Materials Letters* 58 (2004) 1797– 1801.
2. M. Cherigui, H.I. Feraoun, N.E. Fenineche, H. Aourag and C. Coddet. Structure of amorphous iron-based coatings processed by HVOF and APS thermally spraying. *Materials Chemistry and Physics* 85 (2004) 113–119.
3. N.E. Fenineche., M. Cherigui, H.I. Feraoun, H. Aourag, C. Coddet. FeNb and FeSi thermal spraying coatings: microstructure and first principle calculations. *Materials Science and Engineering B107* (2004) 27–32.
4. M. Cherigui, N.E. Fenineche, C. Coddet. Structural study of iron-based microstructured and nanostructured powders sprayed by HVOF thermal spraying. *Surface & Coatings Technology* 192 (2005) 19–26.
5. M. Cherigui, S. Guessasma., N. Fenineche, C. Coddet. FeNb magnetic properties correlated to microstructure features. *Materials Science and Engineering B* 116 (2005) 40–46.
6. M. Cherigui, S. Guessasma, N. Fenineche, C. Coddet. Neural computation to correlate HVOF thermal spraying parameters with the magnetic properties of FeNb alloy deposits. *Materials Chemistry and Physics* 93 (2005) 181–186.

☺ O desenvolvimento de materiais amorfos e nanocristalinos têm atraído significativo interesse no campo do desenvolvimento de novos materiais. As propriedades magnéticas, químicas e mecânicas dos materiais são largamente **modificadas quando o tamanho dos cristalitos torna-se nanométrico**. Além disso, a ausência de estrutura cristalina implica um comportamento macroscópico um tanto diferente do seu correspondente ao estado policristalino, especialmente quanto às propriedades mecânicas e magnéticas.

☺ Materiais metálicos amorfos podem ser obtidos pelo **resfriamento rápido**, impedindo o fenômeno tradicional de solidificação que ocorre.

☺ Nesta linha, alguns materiais metálicos amorfos exibem propriedades mecânicas, químicas e magnéticas excepcionais devido à **perda da ordem de longo-alcance** em seu arranjo atômico.

☺ Existe um grande número de técnicas para produzir ligas amorfas além do rápido resfriamento, como por exemplo, a condensação de vapor em substrato frio, o 'sputtering', o bombardeamento de íons, e a eletrólise.

☺ Outra maneira para obter estas ligas é utilizar a aspersão térmica, que é um método muito vantajoso devido às altas taxas de deposição e baixos custos de operação envolvidos. Além disso, o processo de aspersão térmica permite o uso de substratos com geometrias complexas.

Revestimentos de FeNb produzidos
com as técnicas de HVOF e ASP

Composição: 50% Fe – 50% Nb - tamanho de pó de 0 a 44 μm

Substrato: Cu [tamanho: 70 mm X 25 mm e espessura: 0.8 mm]
Substrato fixo em um porta-amostra que se moveu a uma velocidade
de 200 rpm.

Os corpos-de-prova foram cortados e polidos usando procedimentos
padrões para materiais metálicos obtidos por aspensão térmica.

Parâmetros da deposição dos revestimentos de
FeNb obtidos com

ASP:

Spraying parameters	
Parameters	
Oxygen flow (lmin^{-1})	420
Methane flow (lmin^{-1})	140
Carrying N_2 (lmin^{-1})	20
Feed rate (gmin^{-1})	35
Spray distance (mm)	300
Plate speed (m s^{-1})	

HVOF:

Table 1 Spraying parameters	
Parameters	Microcrystalline powder
Methane fuel flow rate (SLPM)	145
Oxygen gas flow rate (SLPM)	350
Oxygen rate in the mixture [Fuel/ O_2] (vol.%)	0,41
Nitrogen carrier gas flow rate (SLPM)	20
Powder feed rate (g min^{-1})	35
Spray distance (mm)	250
Torch-Substrate relative velocity (m min^{-1})	245
Scanning velocity (mm s^{-1})	50
Deposit thickness (μm)	200

Tabela 1 – Parâmetro utilizado na deposição dos revestimentos de FeNb.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

APS:

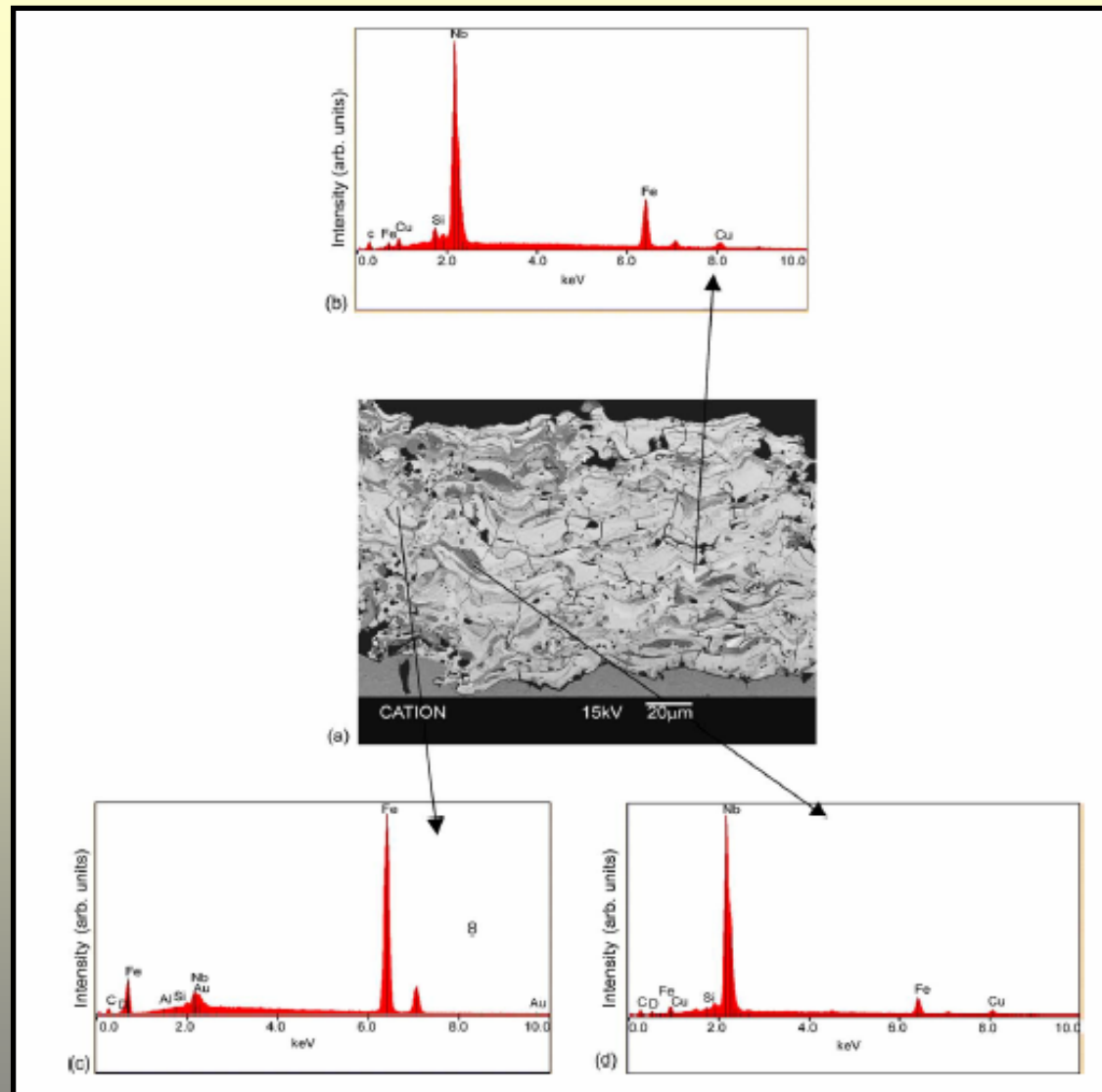


Figura 1. Morfologia e estrutura de revestimentos de FeNb. (a) imagem de SEM (microscopia eletrônica de varredura) e análise EDS (espectrometria de energia-dispersiva) da região branca (c), partículas não-fundidas (b) e região cinza (d).

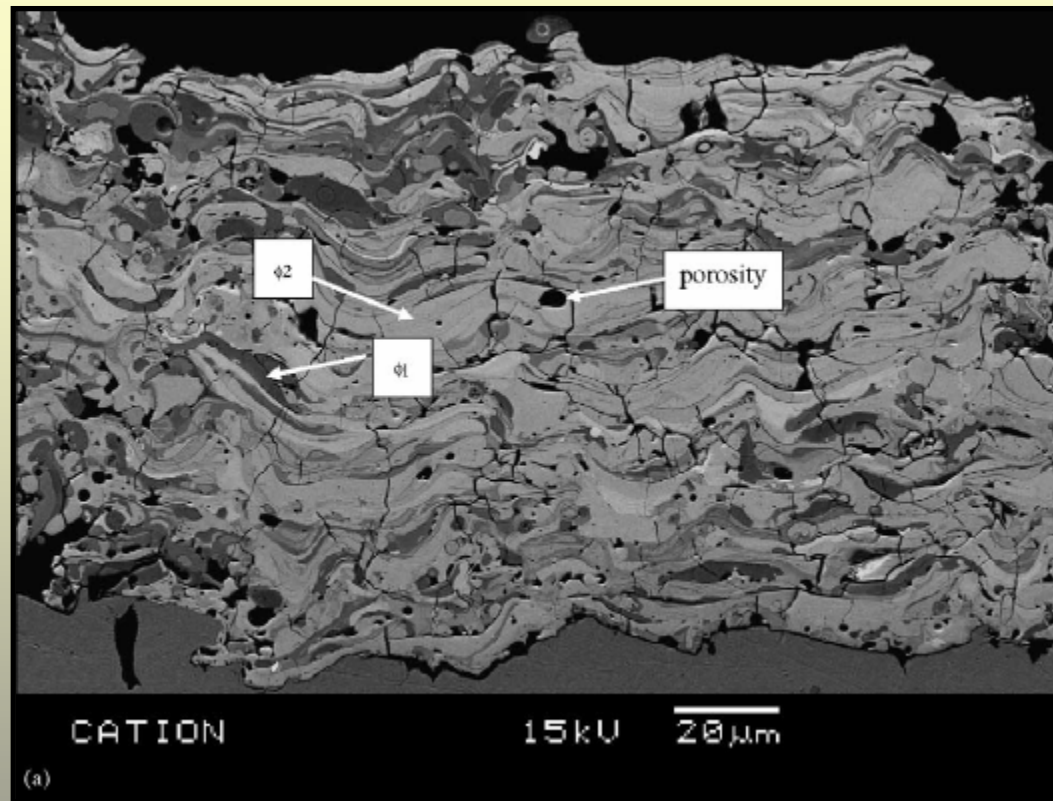
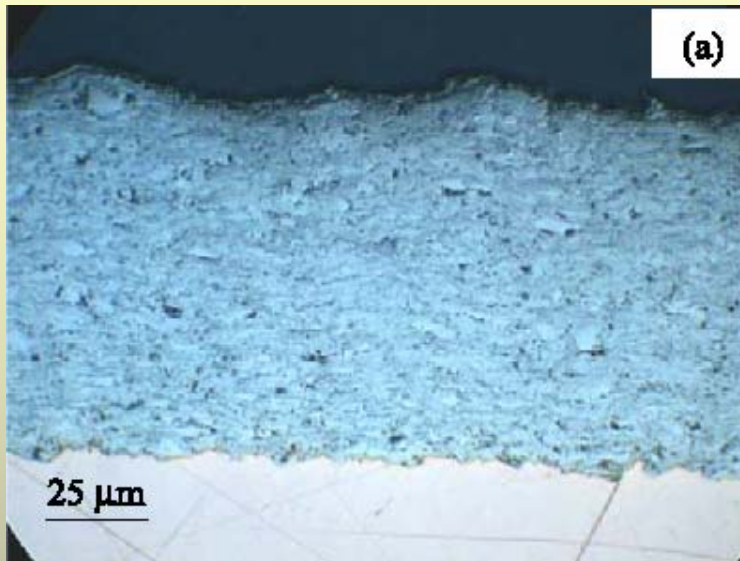


Figura 2. Morfologia e estrutura de revestimentos de FeNb. Imagem de SEM e análise EDS. Φ_2 região clara e Φ_1 região escura.

HVOF:

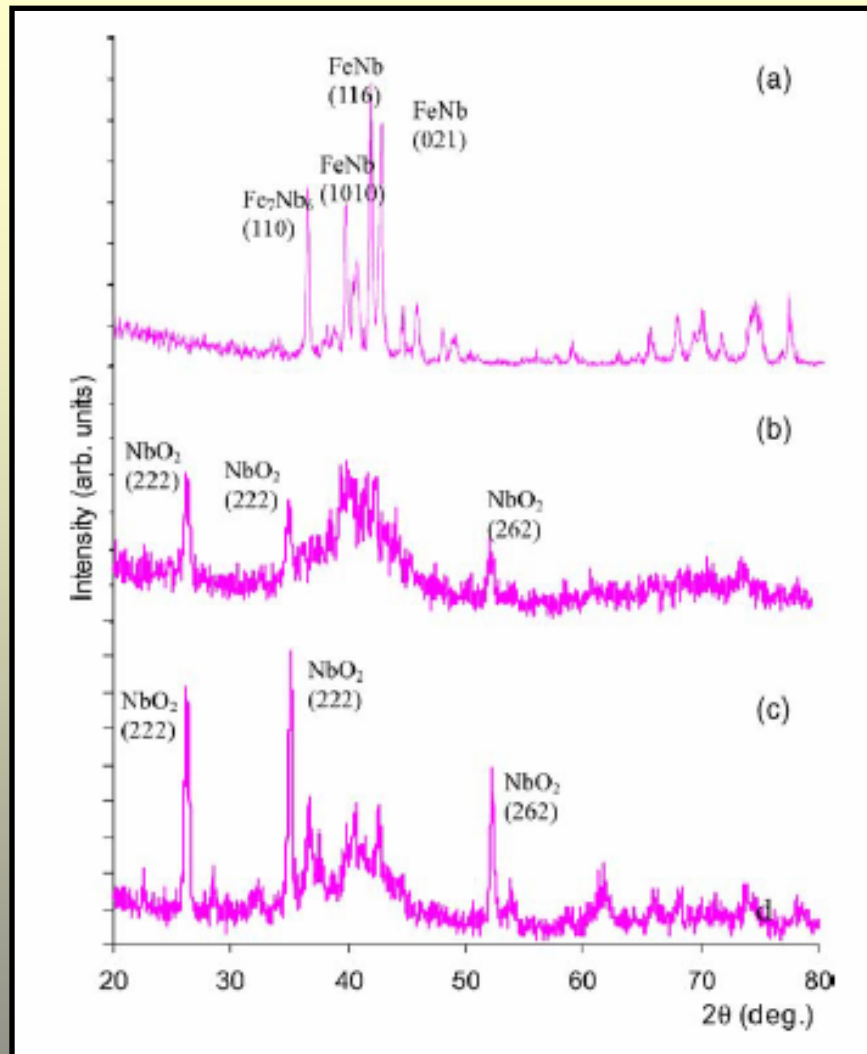


- ⇒ Revestimento denso com a presença de porosidade.
- ⇒ A interface substrato revestimento não apresenta falhas (gaps) ou trincas que são características de boa adesão entre o substrato e o revestimento.

Figura 3. Morfologia e estrutura de revestimentos de FeNb. Imagem com microscopia óptica.

Porosidade do FeNb

Alloys	Porosity (%)
FeNb (microcrystalline powder)	4 ± 1.1



Radiação: Cu K α
Velocidade da varredura:
3°/min

Figura 4. Padrão de difração de raios-X para (a) FeNb policristalino, (b) revestimento HVOF e (c) revestimento ASP.

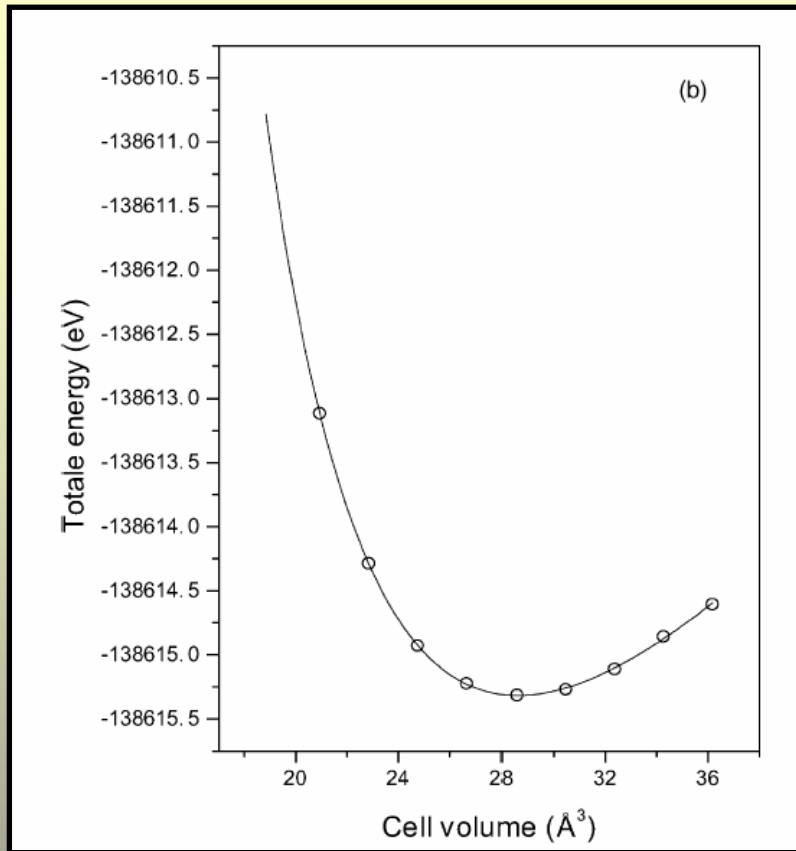


Figura 5. Mudança da energia total em função do volume da célula unitária.

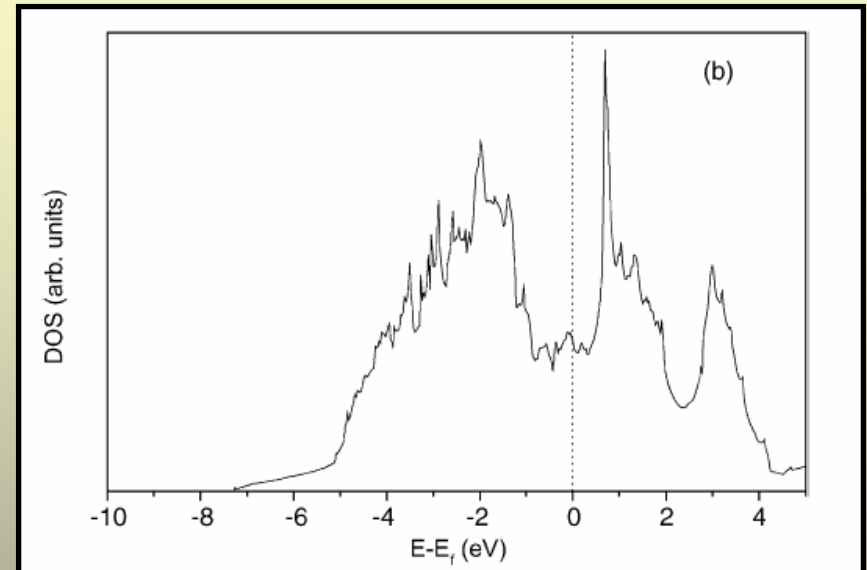


Figura 6. Densidade de estados do FeNb.

Estudando as propriedades magnéticas destes revestimentos: foi observado que estes apresentam estrutura superparamagnética.

Modelo de simulação:

Técnica de redes neurais artificiais (ANN – artificial neural network): metodologia estatística usada para reconhecer as relações entre os parâmetros de um dado problema e sua dependência.

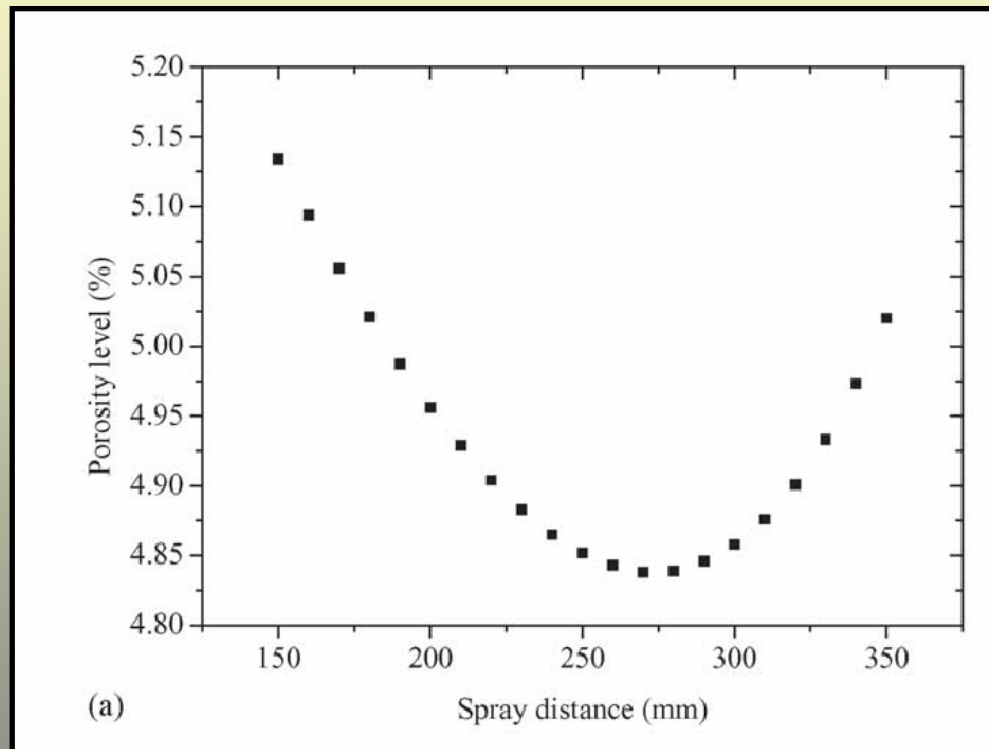


Figura 7. Porosidade em função da distância da tocha ao substrato.

Para pequenas distâncias de spray: as partículas são menos aquecidas, pois ficam menor tempo na chama e não conseguem ser aderidas adequadamente. Para grandes distâncias de spray as partículas deixam a chama e começam a se solidificar antes de atingir o substrato.

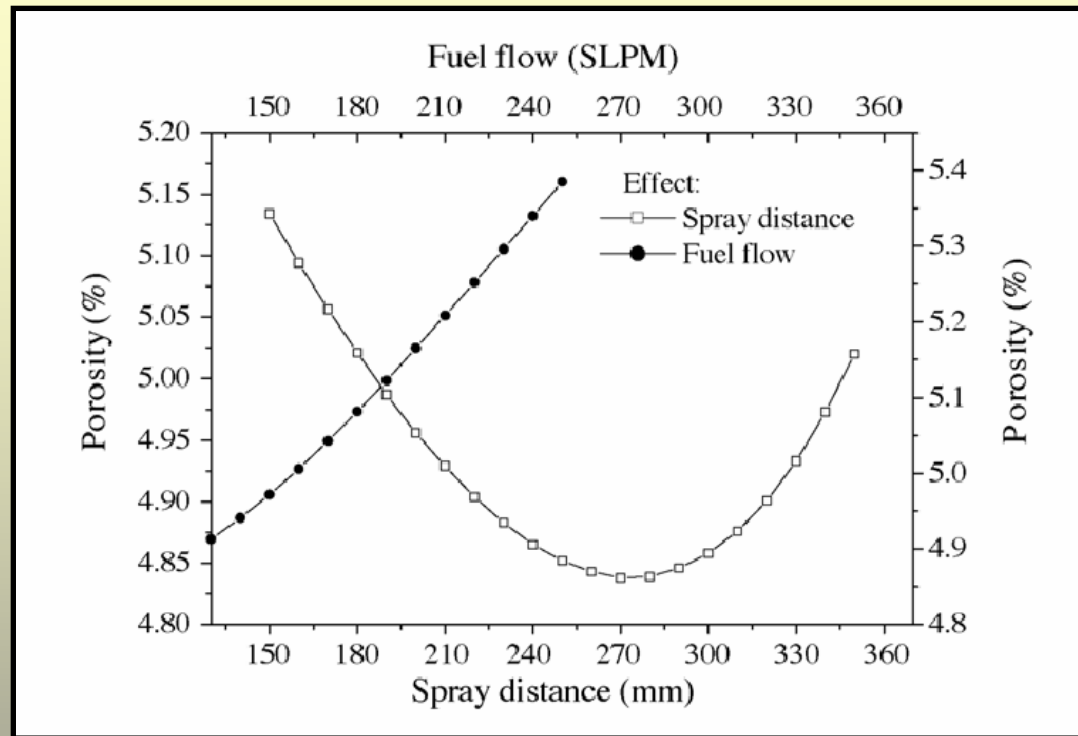


Figura 8. Variação da porosidade em função do fluxo de combustível (metano + nitrogênio).

↑ taxa de combustível → ↑ porosidade

↑ taxa de combustível → ↓ da temperatura da chama → ↓ quantidade de partículas fundidas.

Conclusões

- ☺ Neste presente trabalho foram obtidos revestimentos de FeNb com técnicas de aspersão técnica: HVOF (processo de chama a alta velocidade) e ASP (processo de aspersão com plasma-ar).
- ☺ Estes revestimentos apresentaram **estruturas amorfas**.
- ☺ Estudos feitos utilizando difração de raios-X da liga de FeNb apresentaram a presença dos óxidos NbO_2 e Nb_2O_5 em revestimentos obtidos com as técnicas de HVOF e APS, uma vez que o fenômeno de oxidação com esta técnicas é apreciável.
- ☺ O estudo das propriedades magnéticas mostrou que estes revestimentos apresentam **estrutura superparamagnética**.