

ESTUDO DA OXIDAÇÃO DE  
REVESTIMENTOS  
NANOESTRUTURADOS DE SUPERLIGAS  
NiCrAlY

Caroline Haas

Orientador: Prof. Dr Carlos Pérez Bergmann

Co-orientador: Antônio S. Takimi

LACER/UFRRGS

# INTRODUÇÃO

---

## NANOTECNOLOGIA E MATERIAIS NANOESTRUTURADOS

Definição: são materiais que possuem pelo menos um dos seus constituintes com dimensão inferior a 100 nm ( $100 \times 10^{-9}$  m).

Crescente interesse tecnológico na aplicação destes materiais em engenharia devido a suas propriedades superiores como:

➔ Resistência mecânica

➔ Dureza

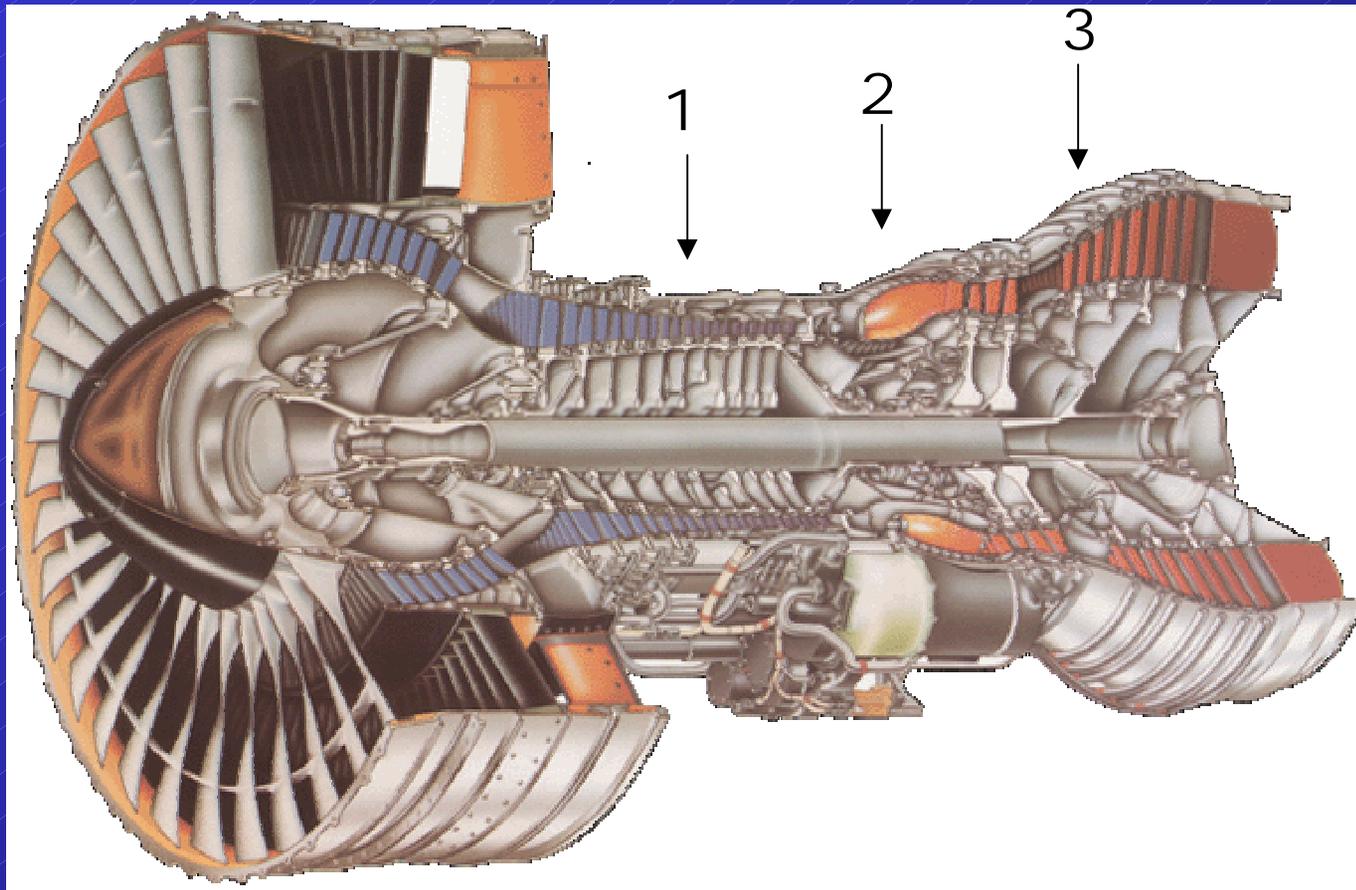
➔ Ductilidade

➔ Sinterabilidade

➔ Resistência à oxidação a altas temperaturas

# INTRODUÇÃO

Principais componentes de uma turbina a gás:



1. Compressor
2. Sistema de combustão
3. Turbina

# INTRODUÇÃO

Aplicações das turbinas a gás:

GERADORES ESTACIONÁRIOS

(Plataforma de petróleo e usinas termoelétricas a gás)



AVIÕES



## INTRODUÇÃO

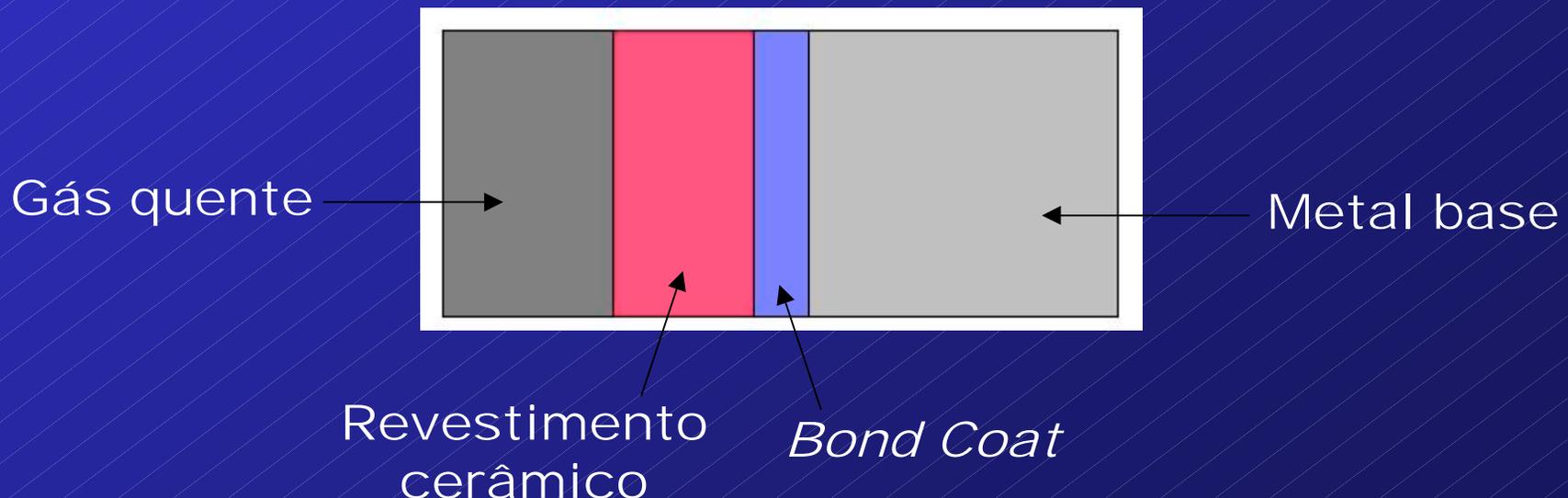
O aumento da eficiência das turbinas a gás pode ser obtido pelo aumento da temperatura de operação das mesmas. Logo, são utilizados revestimentos *duplex* :

1- Revestimento *bond coat* de uma superliga de MCrAlY

resistente à oxidação

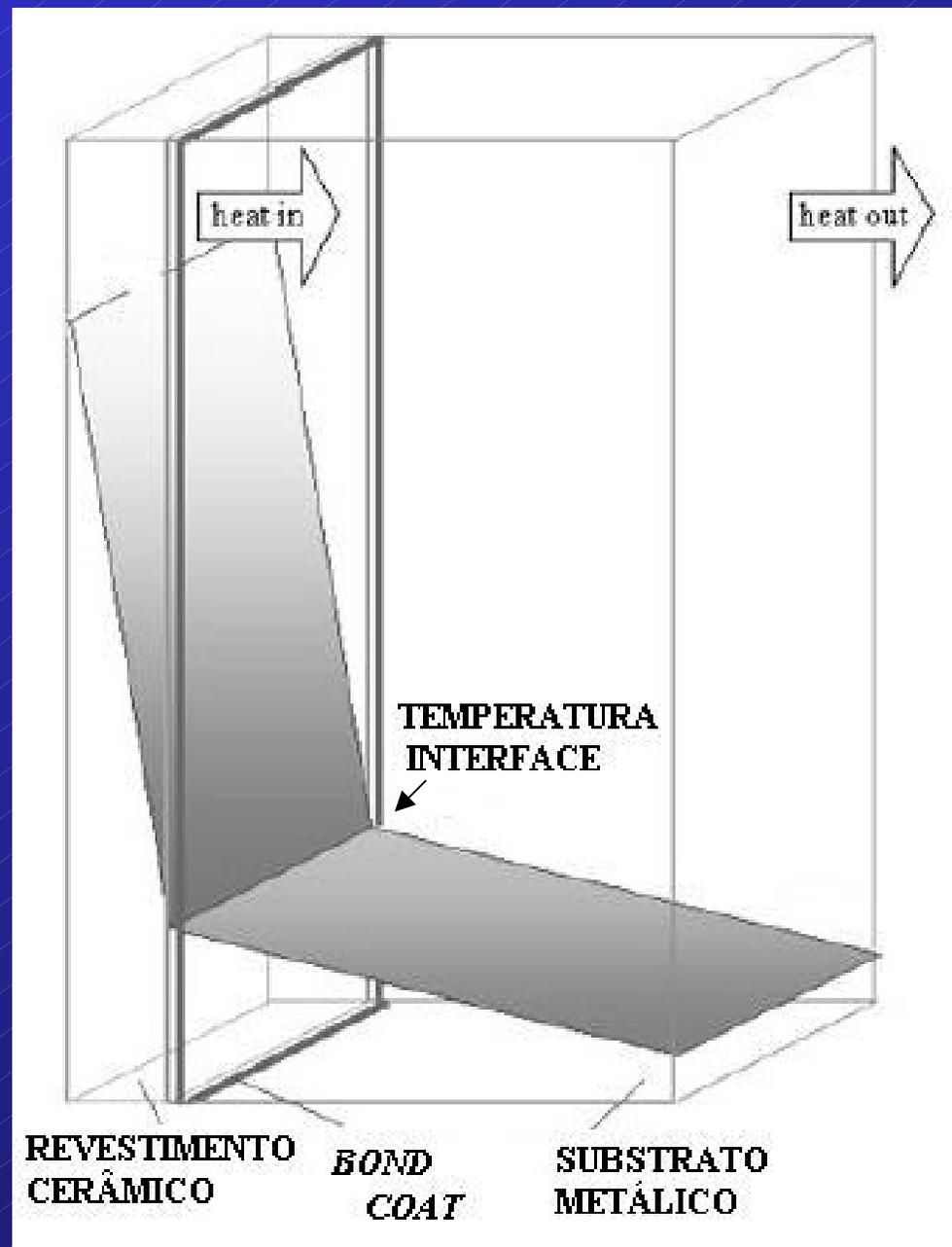
2- Revestimento cerâmico poroso

barreira térmica



# INTRODUÇÃO

O principal objetivo do revestimento duplex é permitir o aumento da temperatura no sistema combustor, aumentando assim o fator  $\Delta T$  de temperatura e fazendo com que a temperatura no metal base não ultrapasse seu limite.



# INTRODUÇÃO

---

## PROBLEMA



O aumento da temperatura de operação das turbinas ocasiona uma degradação acelerada do revestimento cerâmico, cuja vida útil é determinada principalmente pela resistência à oxidação do *bond coat*.

## SOLUÇÃO



Utilizar revestimentos nanoestruturados como *bond coat*, visto que estudos recentes mostram que eles possuem resistência à oxidação superior a dos revestimentos convencionais.

# OBJETIVO

---

Avaliação da cinética e determinação dos mecanismos de oxidação de revestimentos nanoestruturados de superligas NiCrAlY depositados por aspersão térmica hipersônica(HVOF), comparando-se com o revestimento convencional.

# PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

## MATERIAIS:

### 1. Superliga de NiCrAlY

Ni	Cr	Al	Y
67 %	22 %	10 %	1 %

#### CONVENCIONAL

Tamanho de partícula =  
14 - 44 $\mu$ m

#### NANOMÉTRICA

Tamanho de partícula =  
4,56 - 32,67 $\mu$ m

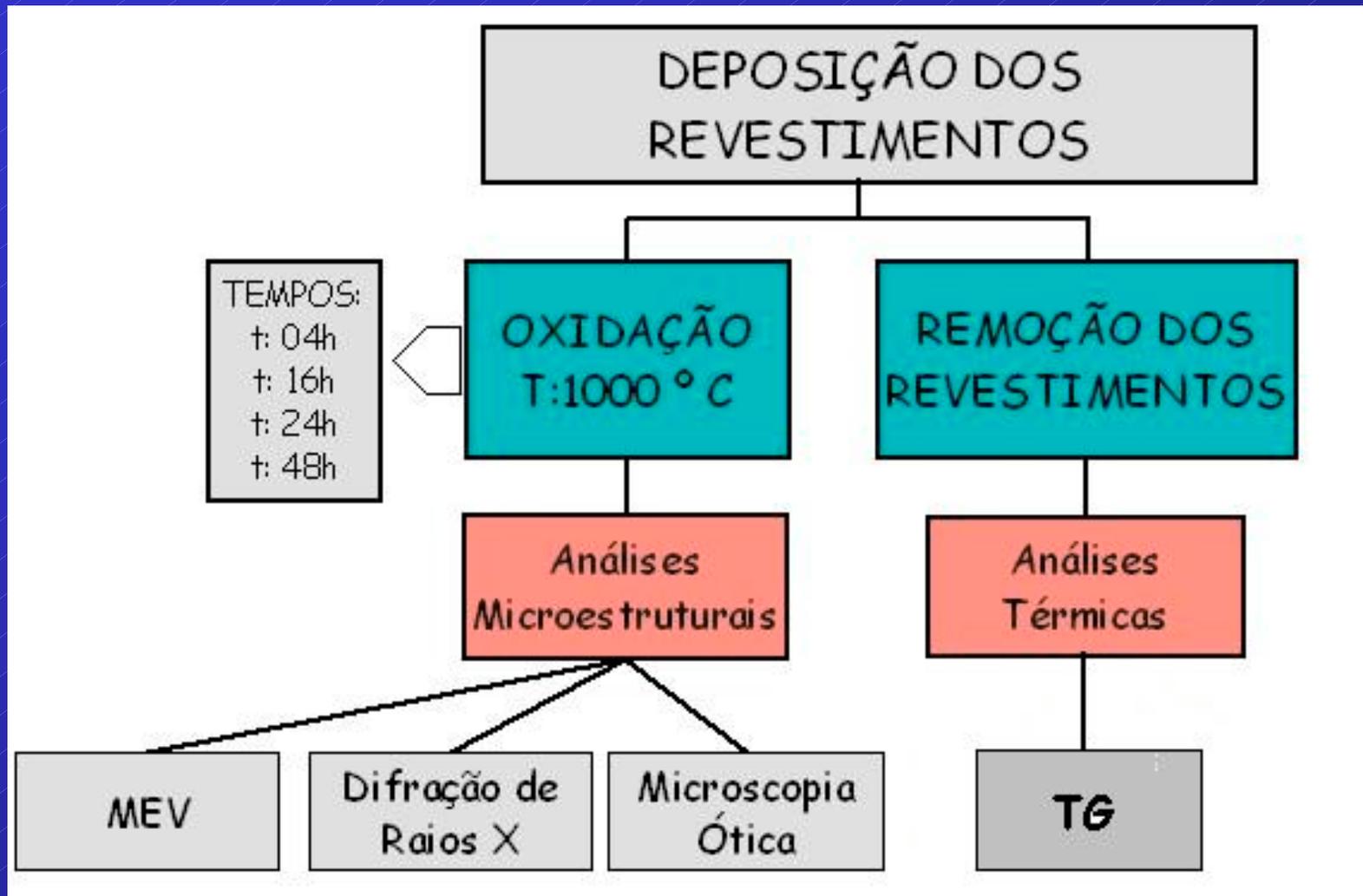
Tamanho de cristalito =

30 nm

Após um tratamento de moagem de 24 horas no moinho atritor.

### 2. Substratos de aço AISI 310

# PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS



# RESULTADOS E DISCUSSÕES

## Análises Microestruturais

Microscopia Ótica dos revestimentos oxidados (magnificação de 200X):



CONVENCIONAL

Oxidado por 16 horas

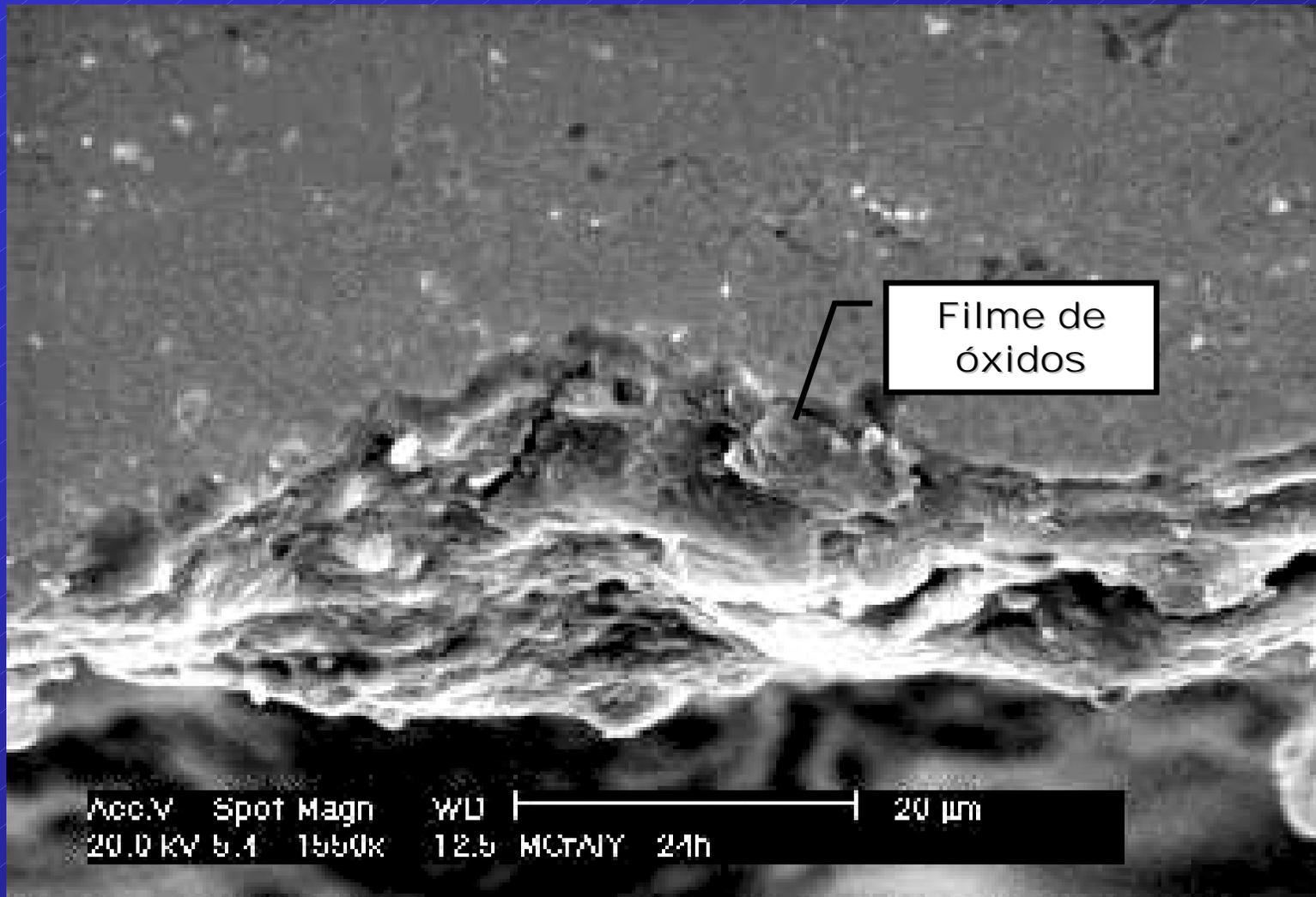


NANOMÉTRICO

Oxidado por 48 horas

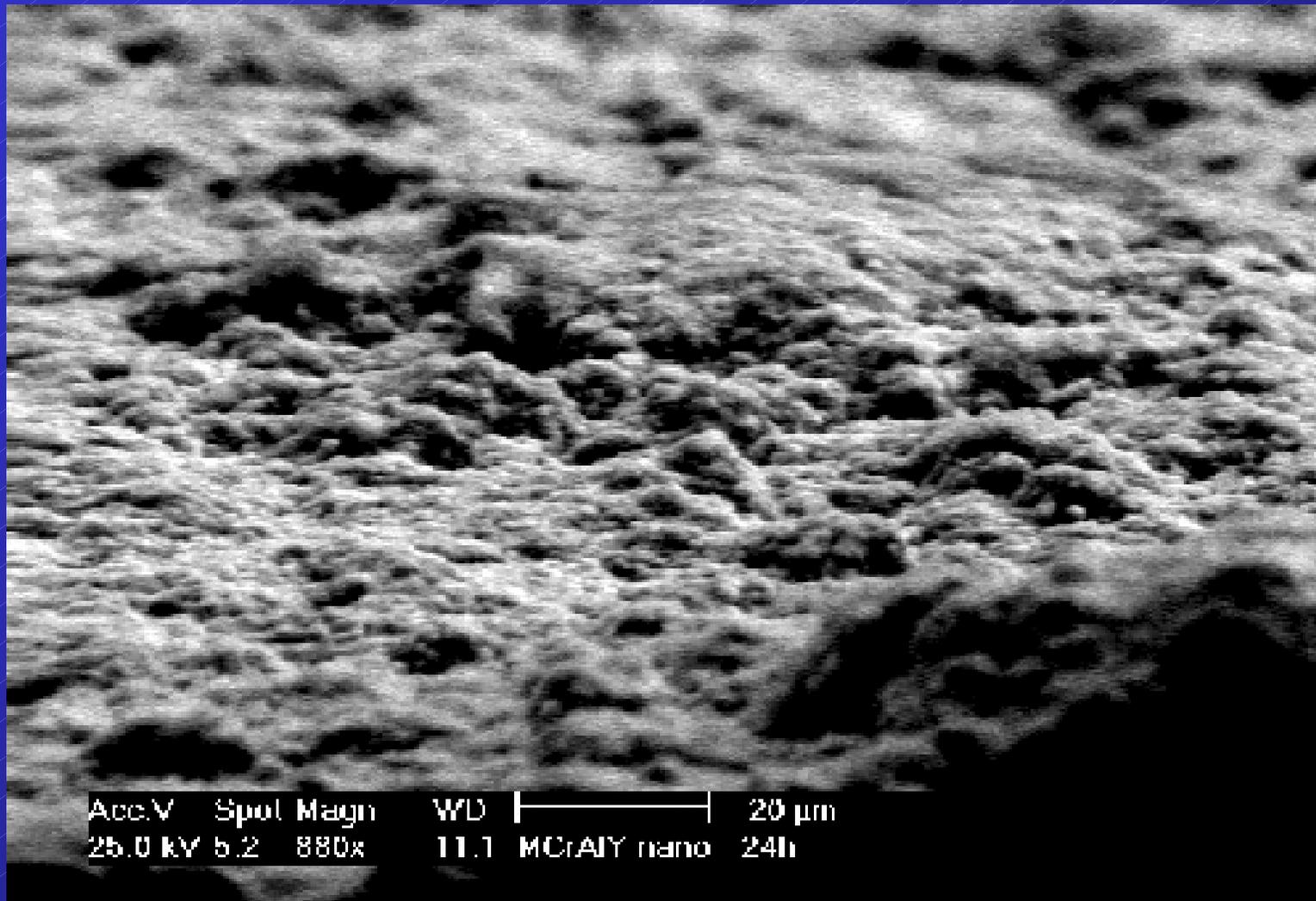
# MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Revestimento Convencional Oxidado por 24 horas.



# MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

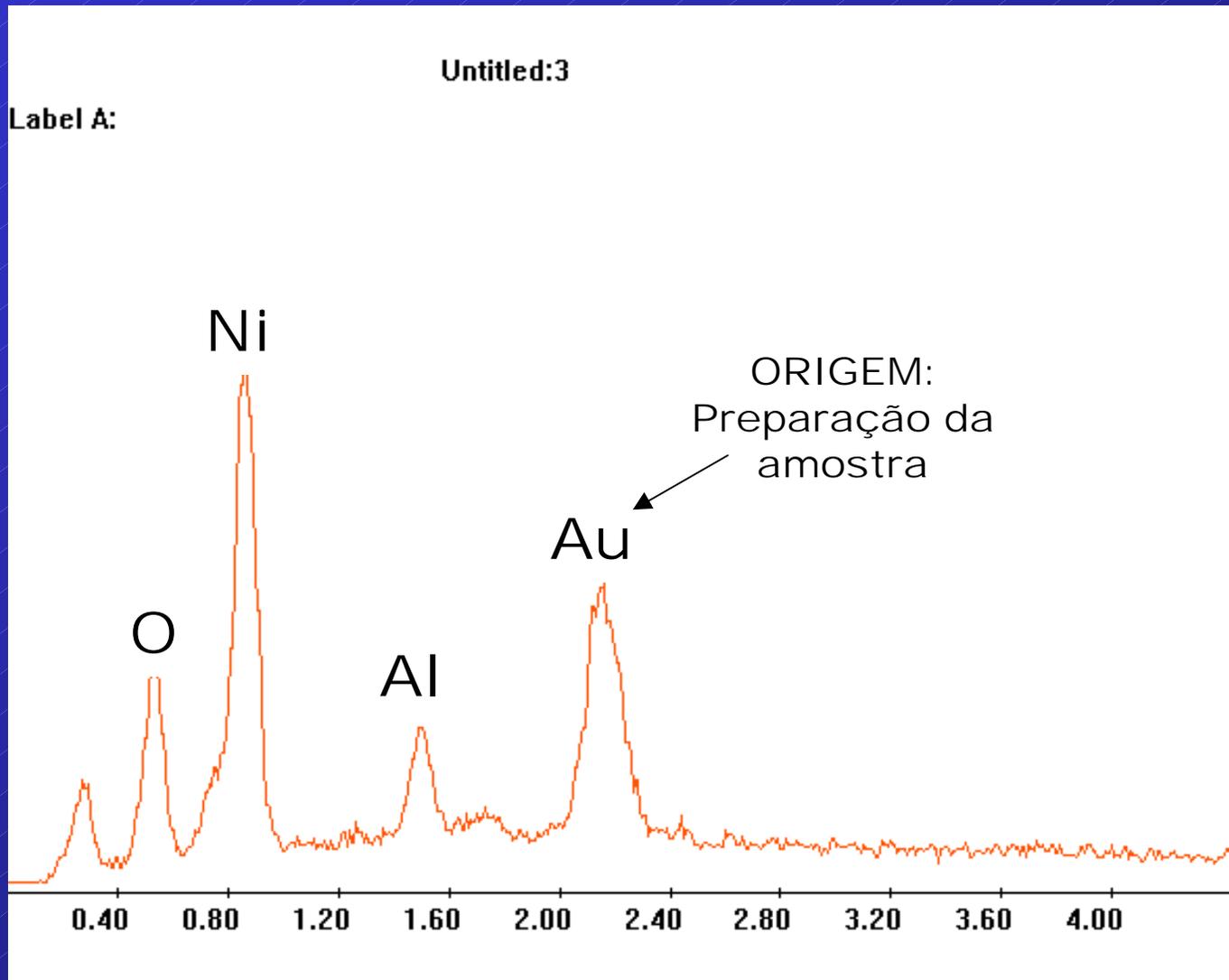
Revestimento Nanométrico Oxidado por 24 horas.



# MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

## Análise química qualitativa

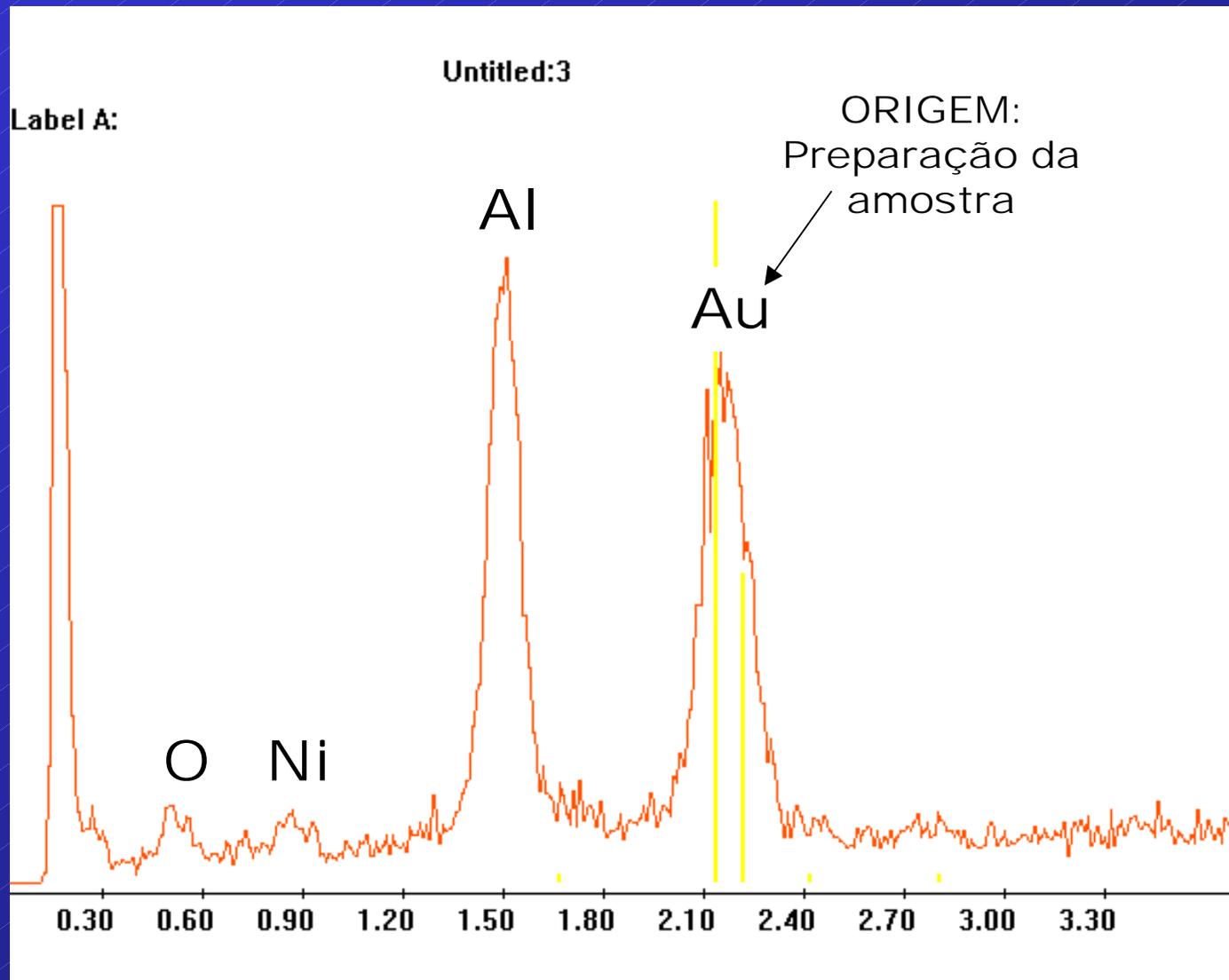
Revestimento Convencional Oxidado por 24 horas:



# MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

## Análise química qualitativa

Revestimento Nanométrico Oxidado por 24 horas:



# Resultados e discussões

---

## CONVENCIONAL

 Formação de um filme de óxidos contendo provavelmente  $\text{NiO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiAl}_2\text{O}_4$  entre outros.

## NANOMÉTRICO

 Formação de um filme uniforme de óxido composto preponderantemente de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

# Análises térmicas

Observou-se que o revestimento convencional adquiriu mais rapidamente e em maior quantidade massa em função da temperatura do que o revestimento nanoestruturado.

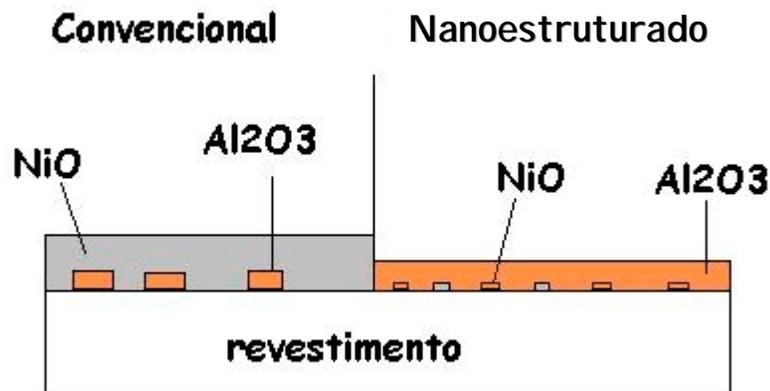
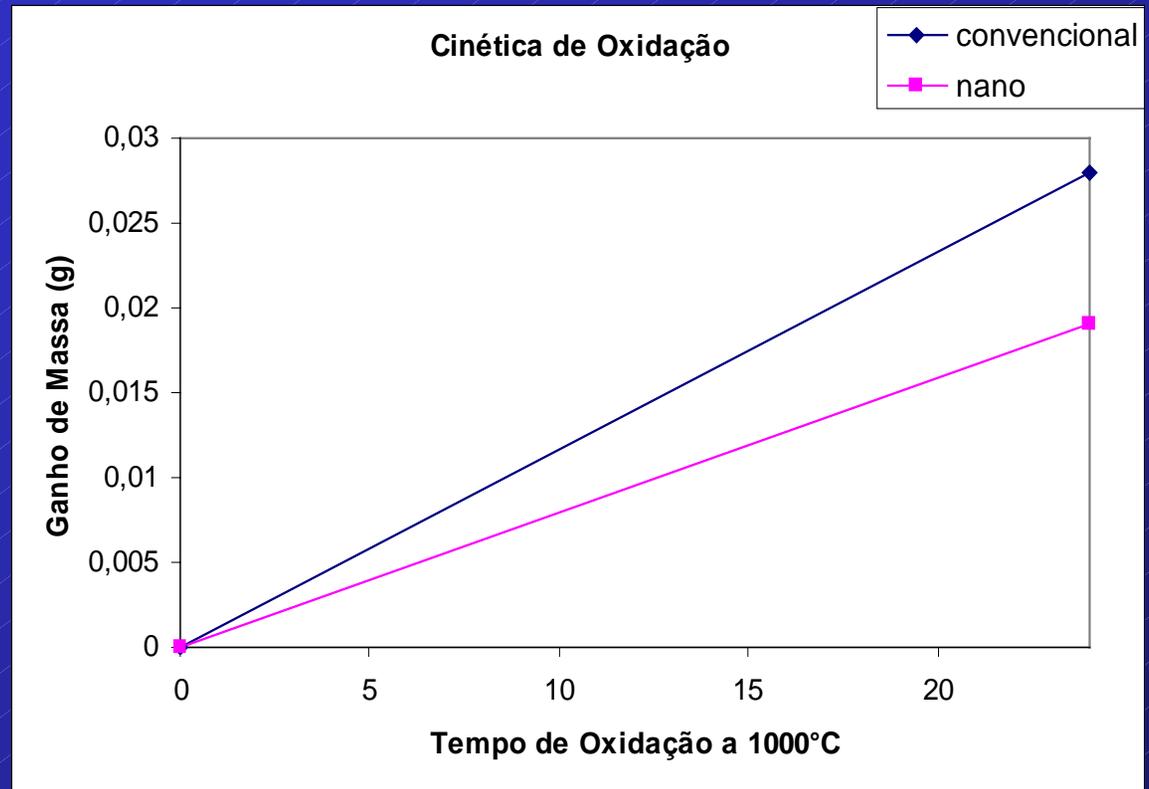


Figura esquemática do crescimento do filme de óxidos com a oxidação.

# Mecanismo e Cinética de Oxidação

---



A formação e crescimento do filme de óxidos ocorre pela difusão do  $O^{2-}$  para dentro através da interface gás / filme e do  $Al^{+3}$  para o exterior através da interface metal / filme, formando a película de óxido que funciona como uma barreira à penetração de agentes oxidantes.



O maior número de contornos de grãos do revestimento nanoestruturado acelera a difusão do  $Al^{+3}$  e do  $O^{2-}$  para formação da película de  $Al_2O_3$  protetora uniformemente aderida sobre o revestimento.

## CONCLUSÕES

---

- ➔ Revestimentos nanoestruturados apresentam resistência à corrosão superior aos revestimentos convencionais;
- ➔ O filme de óxido protetor do revestimento nanoestruturado é mais uniforme que o do convencional, sendo composto preponderantemente por  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- ➔ A utilização das superligas de NiCrAlY nanoestruturas podem ser uma ótima alternativa como *bond coat* em revestimentos para turbinas a gás, sendo possível aumentar a eficiência das turbinas a gás e sua vida útil.

ESTUDO DA OXIDAÇÃO DE  
REVESTIMENTOS  
NANOESTRUTURADOS DE SUPERLIGAS  
NiCrAlY

Caroline Haas

Orientador: Prof. Dr Carlos Pérez Bergmann

Co-orientador: Antônio S. Takimi

LACER/UFRRGS