

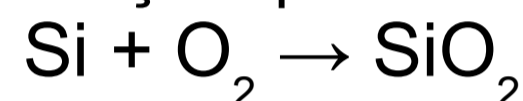
## 1. Introdução

O estudo da formação de nanopartículas (NPs) metálicas em diversas matrizes vem atraindo grande atenção no ramo da nanotecnologia nos últimos anos devido à sua capacidade de aliar as características inerentes da matriz com as propriedades oriundas da formação de aglomerados de átomos concentrados em pequenos volumes na matriz. A formação de NPs em filmes de óxido de silício apresenta grande aplicação para o desenvolvimento das tecnologias de transmissão de informação, fotônica e plasmônica. Um método alternativo de formar NPs metálicas embebidas em matrizes dielétricas é através da Síntese por Feixe de Íons.

## 2. Síntese de Nanopartículas

### 2.1 Oxidação do Silício (100)

O filme de óxido de silício ou sílica (SiO<sub>2</sub>) forma-se através da reação do oxigênio com o silício. O processo utilizado foi o de oxidação seca, ou seja, com oxigênio puro por 2h a 1100°C. Nesta faixa de temperatura os átomos de oxigênio puro difundem pela sílica e reagem com os átomos de Si na interface SiO<sub>2</sub>/Si. À medida que o substrato vai sendo consumido, a camada de óxido vai crescendo através da reação química:

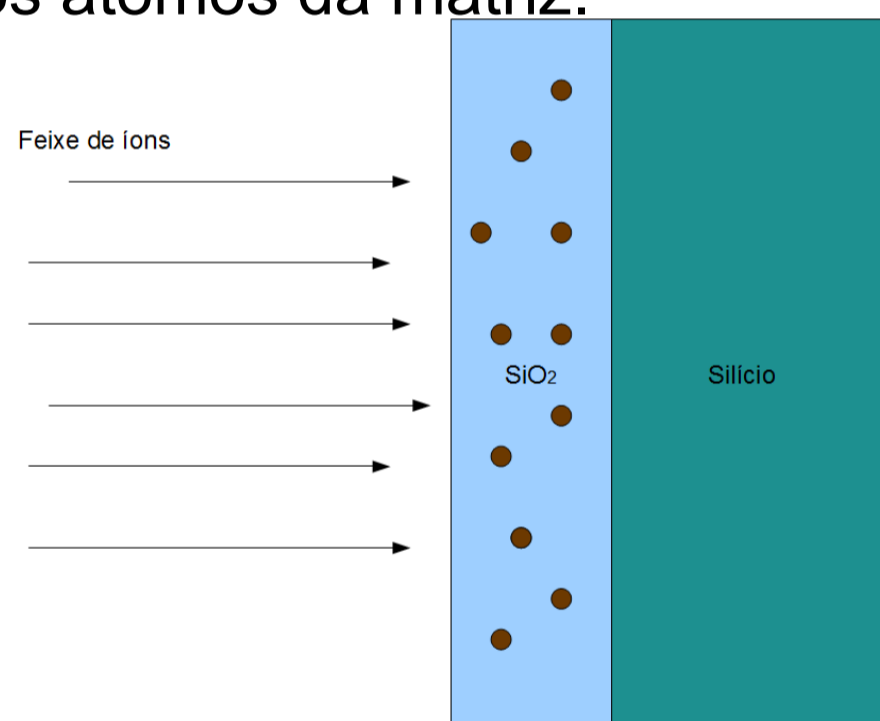


A camada final é de 200nm.

### 2.2 Implantação Iônica

A técnica de implantação de íons permite introduzir átomos de diferentes elementos químicos em uma matriz. Íons com uma energia E e fluência (número de íons por cm<sup>2</sup>) Φ são guiados até o alvo (amostra). Ao penetrar na amostra os íons começam a perder energia devido às colisões com os átomos da matriz.

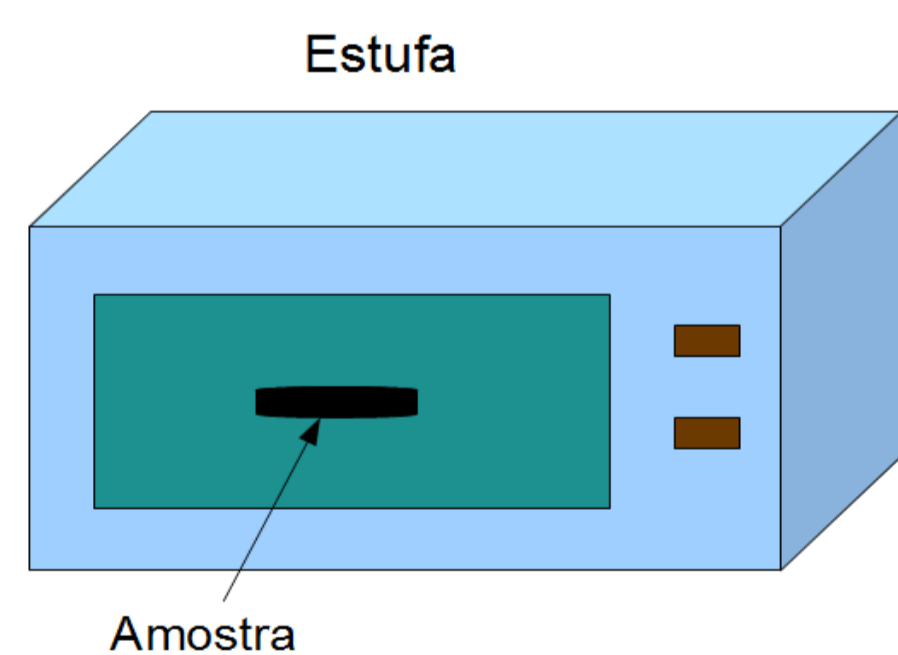
Íons de Ag implantados com  
E = 200 KeV;  
Temperatura ambiente;  
Φ = 1x10<sup>16</sup> atm/cm<sup>3</sup>.



### 2.3 Tratamentos térmicos - altas temperaturas

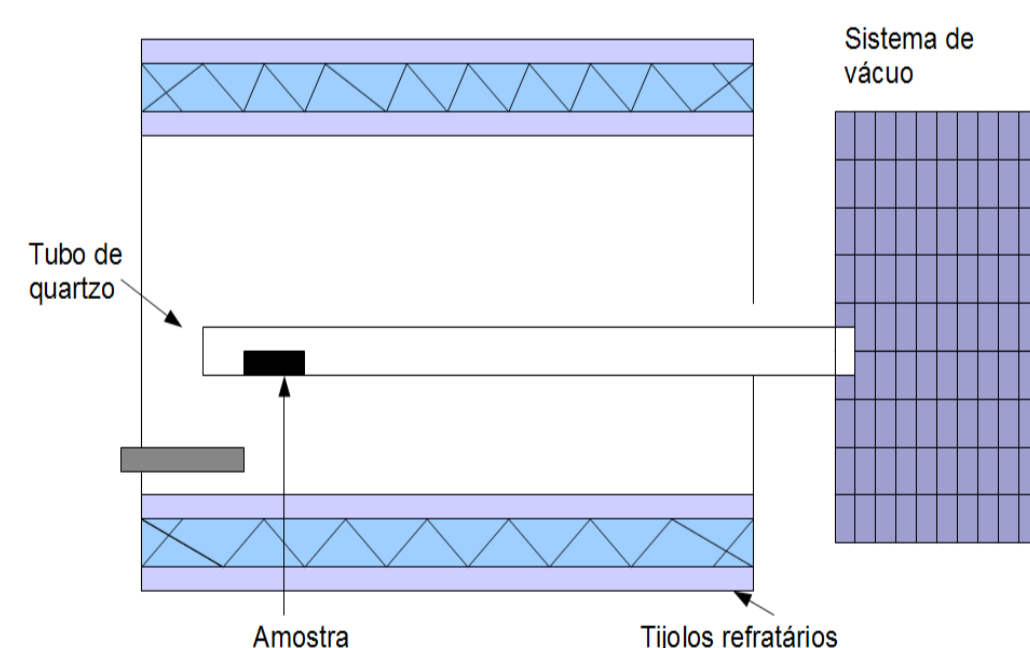
Dois tipos de tratamentos térmicos foram feitos com o objetivo de formar os sistemas de nanopartículas.

#### 2.3.1 Envelhecimento



Atmosfera aberta  
(em estufa simples);  
Longo tempo (100 h);  
Temperatura (200 °C)

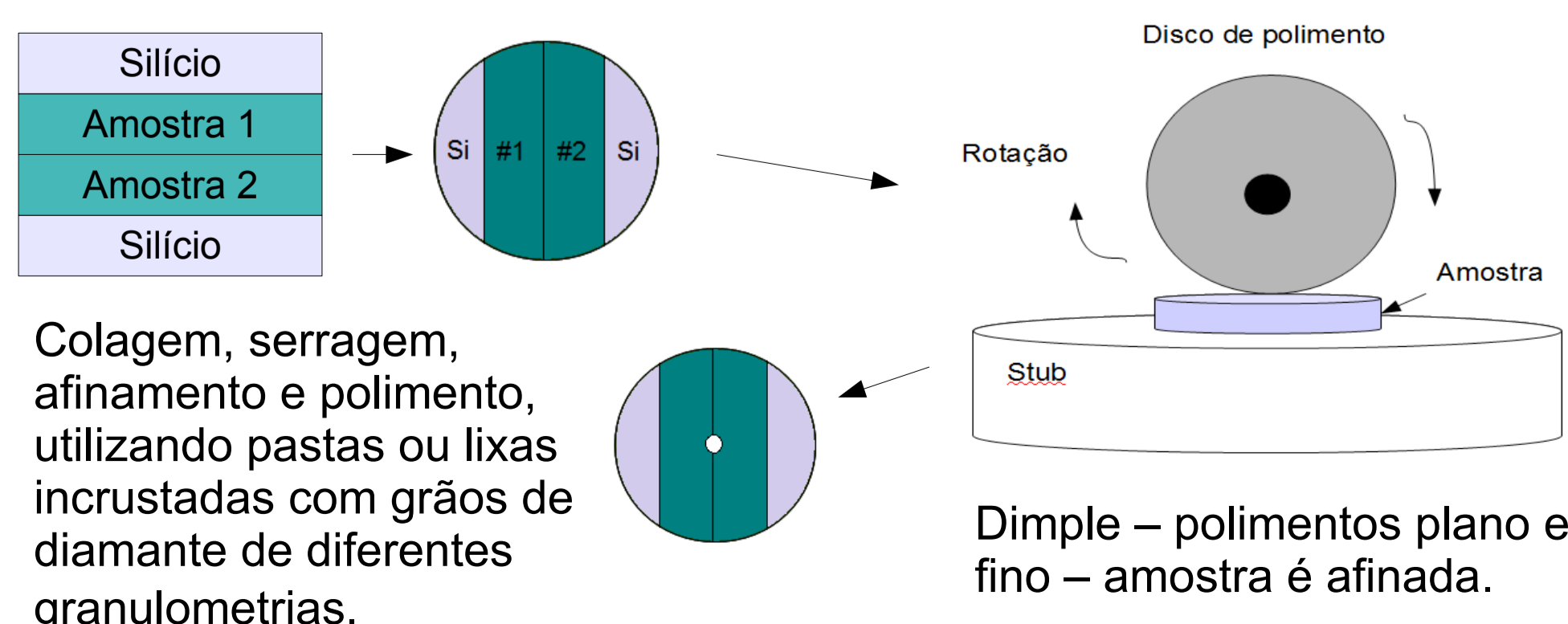
#### 2.3.2 Reozimentos



Realizados em um forno tubular submetido a  
Vácuo ( $p = 2 \times 10^{-6}$  mbarr);  
Tempo curto (1h);  
Temperaturas: 750, 850 e 1000 °C.

### 2.3 Preparação de Amostras

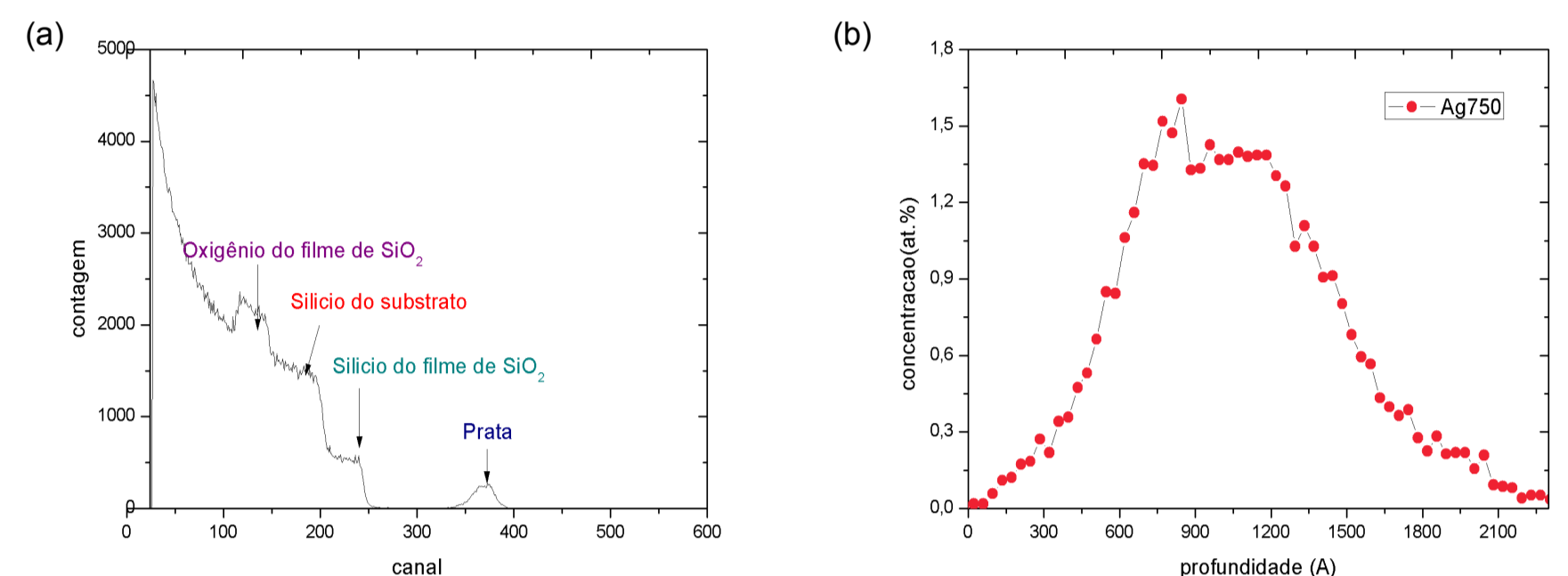
Para que possamos observar as nanopartículas formadas a amostra deve ser muito fina, da ordem de 100 nm de espessura.



## 3. Caracterização das amostras

### 3.1. Composição da amostra por RBS

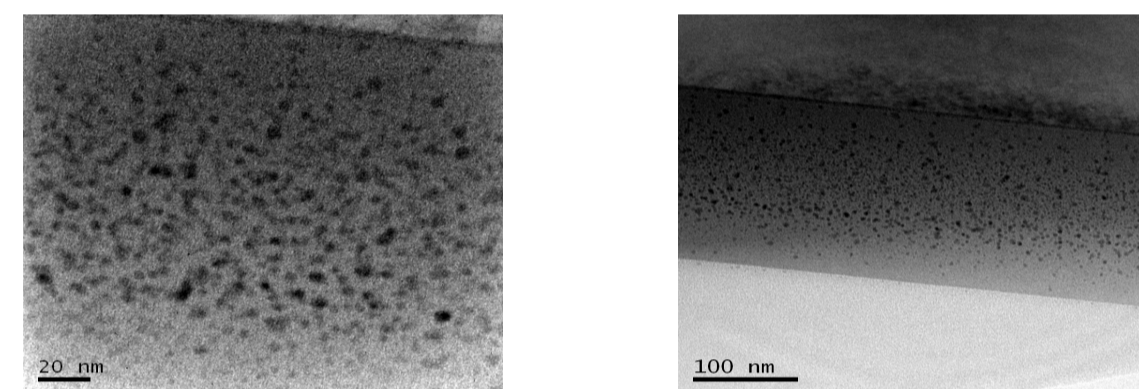
A técnica de RBS nos dá informações sobre as espécies atômicas contidas em uma amostra, relacionando, também, suas concentrações e distribuições em profundidade na amostra. A partir de uma reta de calibração transformamos o eixo de canal para Energia (MeV). O processo implica na conversão do espectro de *Contagens x Energia (MeV)* para um espectro de *Concentração (at. %) x Profundidade (nm)*.



(a) Espectro cru de RBS obtido para uma amostra-alvo de SiO<sub>2</sub>/Si implantada com íons de Prata. (b) Espectro transformado para Concentração x Profundidade da região de interesse.

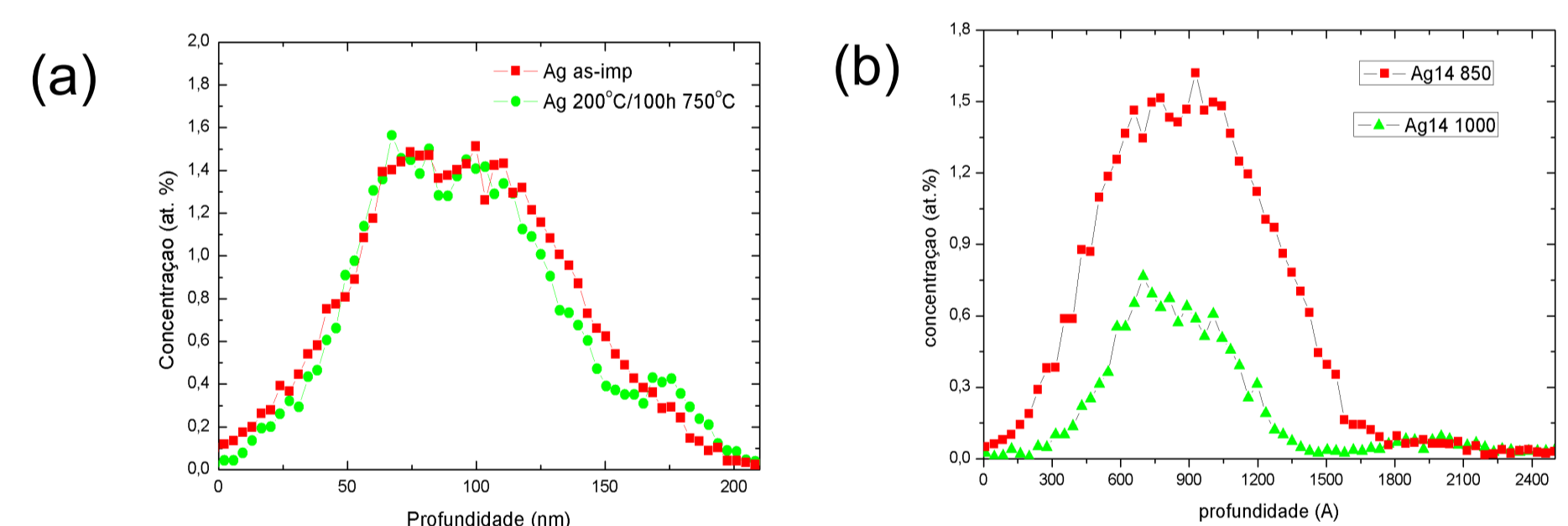
### 3.2 Imagens de TEM

A Microscopia Eletrônica de Transmissão permite a caracterização estrutural das amostras, possibilitando acompanhar a evolução térmica das nanopartículas.

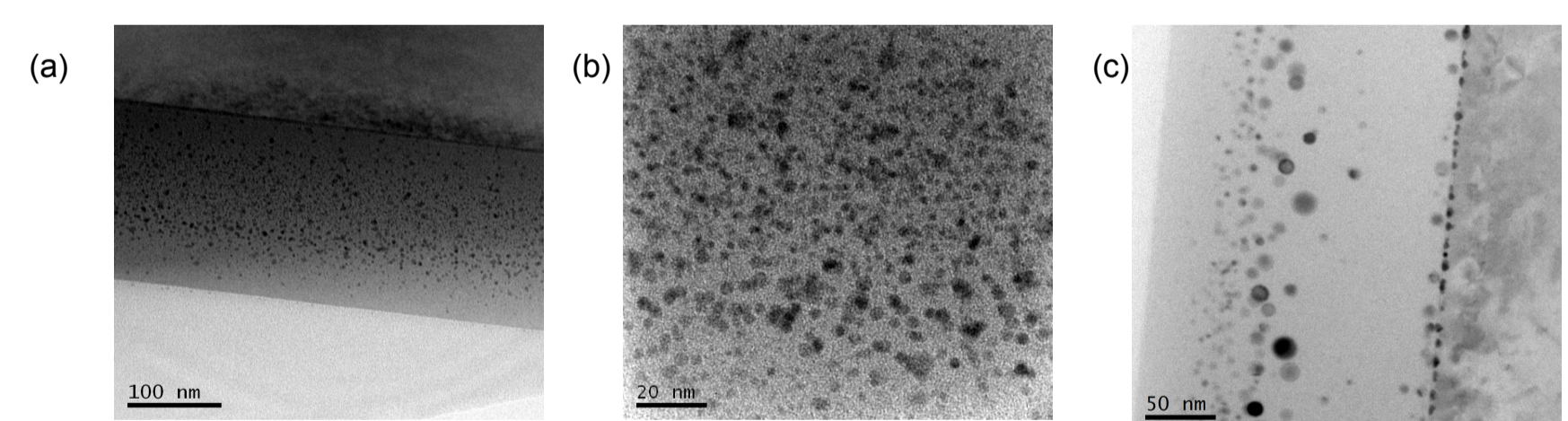


Imagens de MET das amostras (a) implantada, sem nenhuma nanopartícula e (b) e (c) recozidas a 750°C com nanopartículas de prata distribuídas ao longo do filme de SiO<sub>2</sub> e na interface do óxido com o Silício.

## 4. Resultados



Espectros experimentais de RBS das amostras (a) como-implantada e envelhecida + recozida a 750°C; (b) envelhecida + recozida a 850°C e envelhecida + recozida a 1000°C.



Micrografias (a) em visão transversal da amostra implantada com Ag após envelhecimento. (b) Imagem em alta resolução das NPs de Ag da região central do filme de SiO<sub>2</sub>. (c) Da amostra envelhecida e recozida a 750°C.

## 5. Conclusões

a) Na Fig 4.a., os perfis de concentração da Prata da amostra como-implantada e da envelhecida e recozida a 750°C estão localizados na região central do filme de sílica, aproximadamente sobrepostos um ao outro. A área sob essas curvas é praticamente igual, onde apenas uma pequena parte do material implantado da amostra envelhecida+recozida migrou para a interface SiO<sub>2</sub>/Si.

b) A Fig 4.b nos mostra que, em relação à amostra como-implantada e envelhecida+recozida a 750°C, não houve migração significativa de nanopartículas de Ag para a interface de sílica nas amostras envelhecidas e recozidas a 850°C e 1000°C. Observa-se, porém, que há grande perda de Ag na amostra envelhecida+recozida a 1000°C.