

## SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOTUBOS DE TiO<sub>2</sub> DOPADOS COM COBALTO

Cibele Lima Florence

e-mail: clflorence4@gmail.com

Orientador: Prof. Dra. Annelise Kopp Alves  
LACER - DEMAT - UFRGS

### 1. INTRODUÇÃO

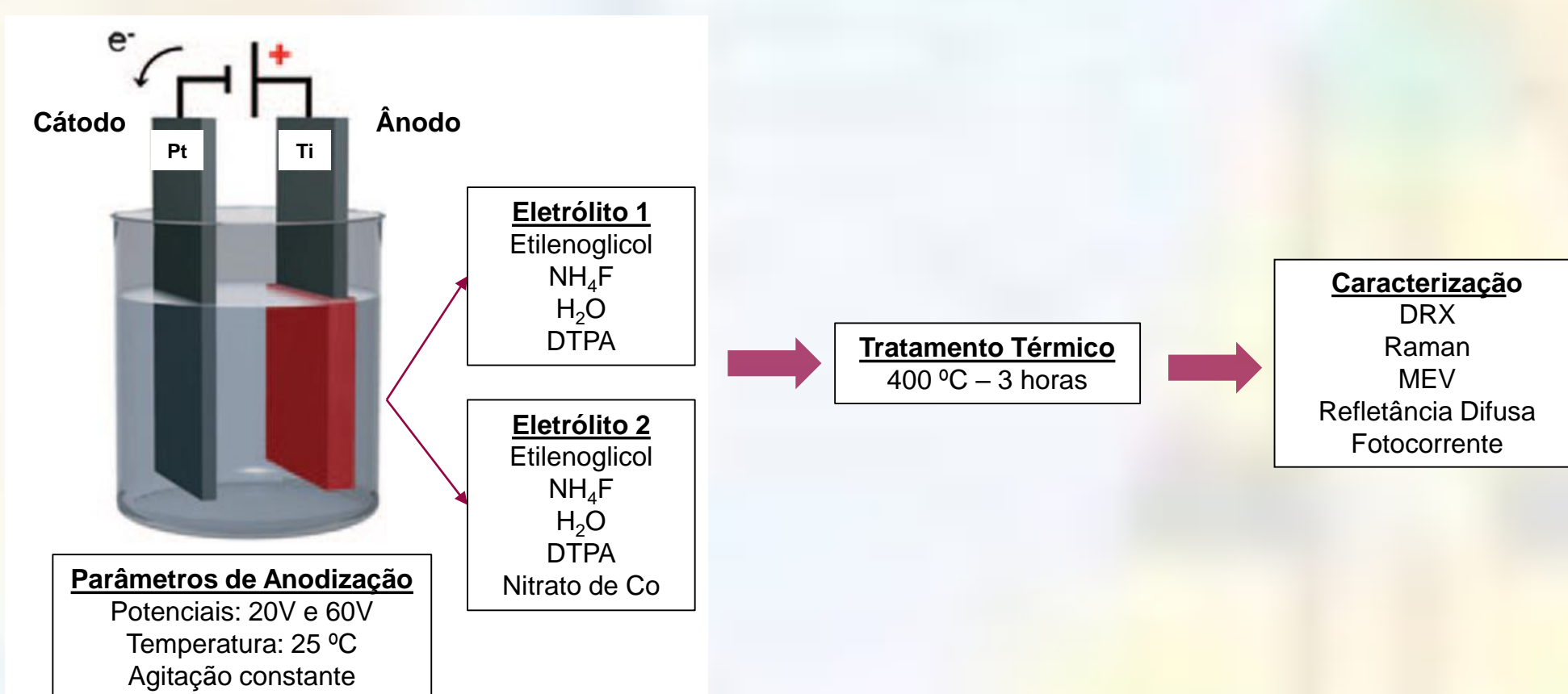
O gás hidrogênio (H<sub>2</sub>) é um dos principais compostos estudados para futuras aplicações como combustível. Seu baixo peso molecular e elevada densidade de energia tornam o H<sub>2</sub> ideal para o uso em fontes de energia móveis, como as necessárias em automóveis. Esse gás leve pode ser produzido a partir de H<sub>2</sub>O via reações de water-splitting, onde o gás hidrogênio é coletado no cátodo e o gás oxigênio (O<sub>2</sub>) evolui no ânodo.

O dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) é um dos materiais mais utilizados em *water splitting*. Apesar de sua elevada fotoatividade, a alta taxa de recombinação de cargas limita melhorias na conversão de energia solar. Nanoestruturas têm apresentado resultados satisfatórios como catalisadores para *water splitting*. Nanotubos de TiO<sub>2</sub> são um dos mais interessantes *designs* devido às propriedades de transporte unidirecional de elétrons e elevada superfície disponível. Neste trabalho, nanotubos de TiO<sub>2</sub> foram sintetizados via anodização em uma única etapa e tiveram seu comportamento fotoquímico avaliado.

### 2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é de sintetizar nanotubos de TiO<sub>2</sub> homogêneos em uma única etapa de anodização, assim como avaliar a aplicação do material obtido para a produção de hidrogênio (H<sub>2</sub>).

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

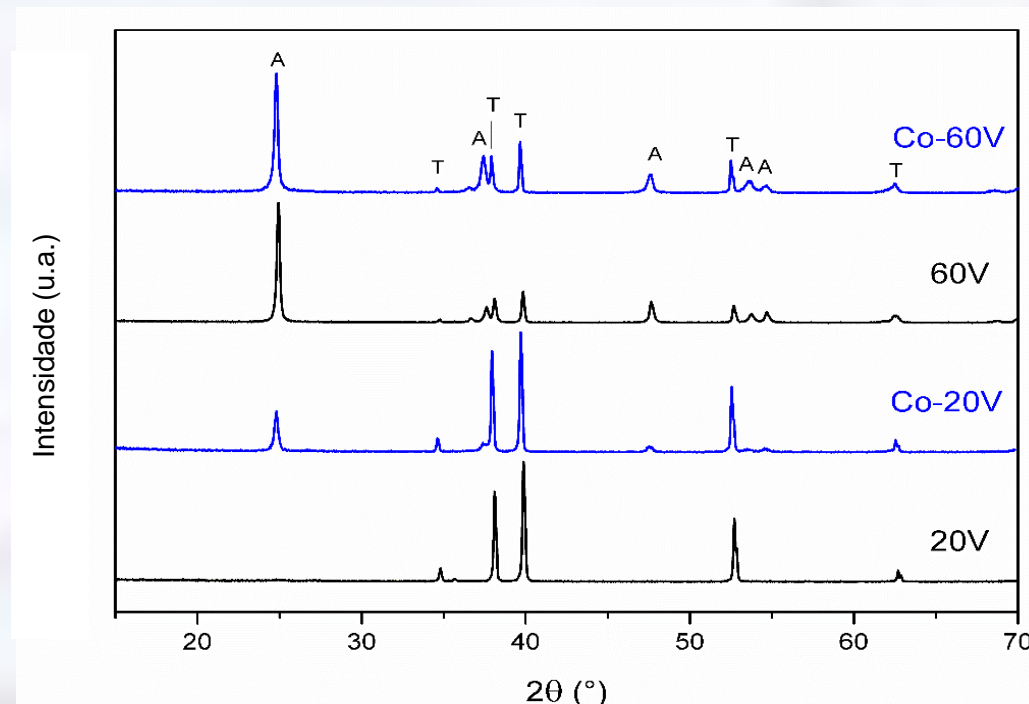


Figura 1. DRX das amostras anodizadas em 20V e 60V, com e sem Cobalto no eletrólito.

A Figura 1 mostra os difratogramas de raios X das amostras sintetizadas. Observa-se as reflexões das fases anatase e titânio. O fato de não aparecer uma reflexão de cobalto, sugere que o metal de transição não se cristalizou como uma fase separada. A reflexão principal da fase anatase apresenta um desvio para as amostras com cobalto, o que é uma indicação de que o material foi dopado.

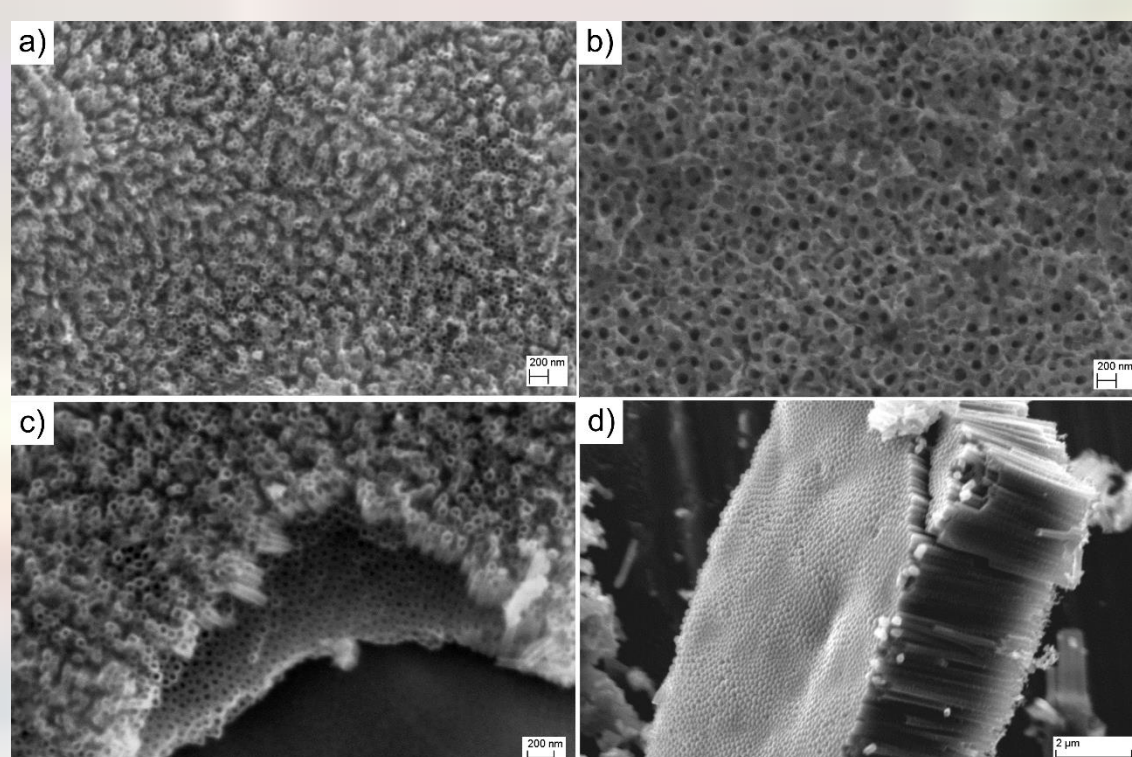


Figura 2. Imagens de MEV dos nanotubos de TiO<sub>2</sub> dopados com cobalto: imagens de topo (a) 20V e (b) 60V; imagens da vista lateral (c) 20V e (d) 60V.

Observa-se nas imagens de MEV (Figura 2) que o potencial de anodização influencia no comprimento e no diâmetro dos nanotubos.

Amostra	Comprimento	Diâmetro
20V	300 nm	100 nm
60V	3 µm	300 nm

A Figura 3 mostra os espectros Raman das amostras. Os modos ativos da fase anatase estão presentes em todas as amostras. O modo Eg (144 cm<sup>-1</sup>) pode ser afetado pela desordem na rede e pela quantidade de vacâncias de oxigênio no TiO<sub>2</sub>. O deslocamento observado é uma indicação de que o cobalto foi inserido como dopante na estrutura TiO<sub>2</sub>.

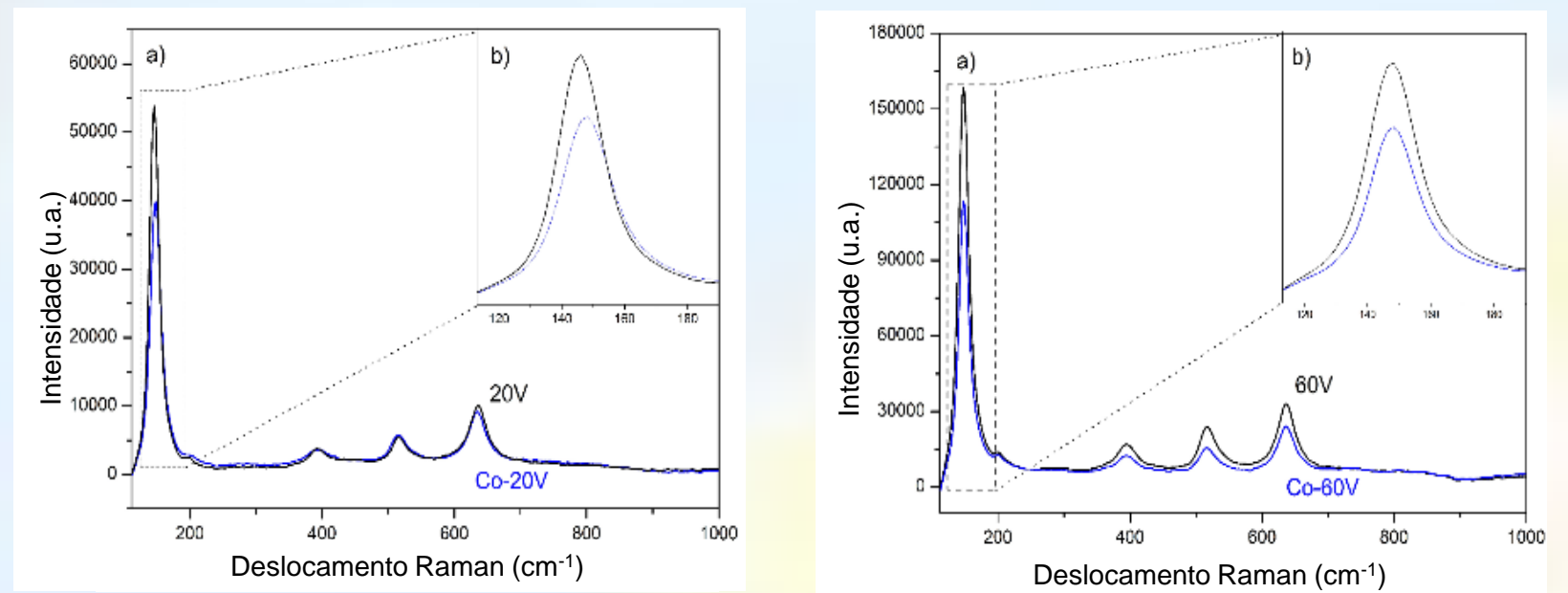


Figura 3. Espectros Raman das amostras preparadas. Linha preta: amostras preparadas com o eletrólito sem cobalto. Linha azul: amostras anodizadas com o eletrólito com cobalto.

Os espectros de refletância difusa das amostras (Figura 4) mostram um efeito significativo da presença do cobalto na estrutura da anatase. A amostra de 20V exibiu uma estrutura fina na região do visível e refletividade aumentada de fótons no ultravioleta. Por outro lado, a amostra de 60V mostrou um aumento de absorção em comprimentos de onda de mais alta energia e maior refletância na região do visível.

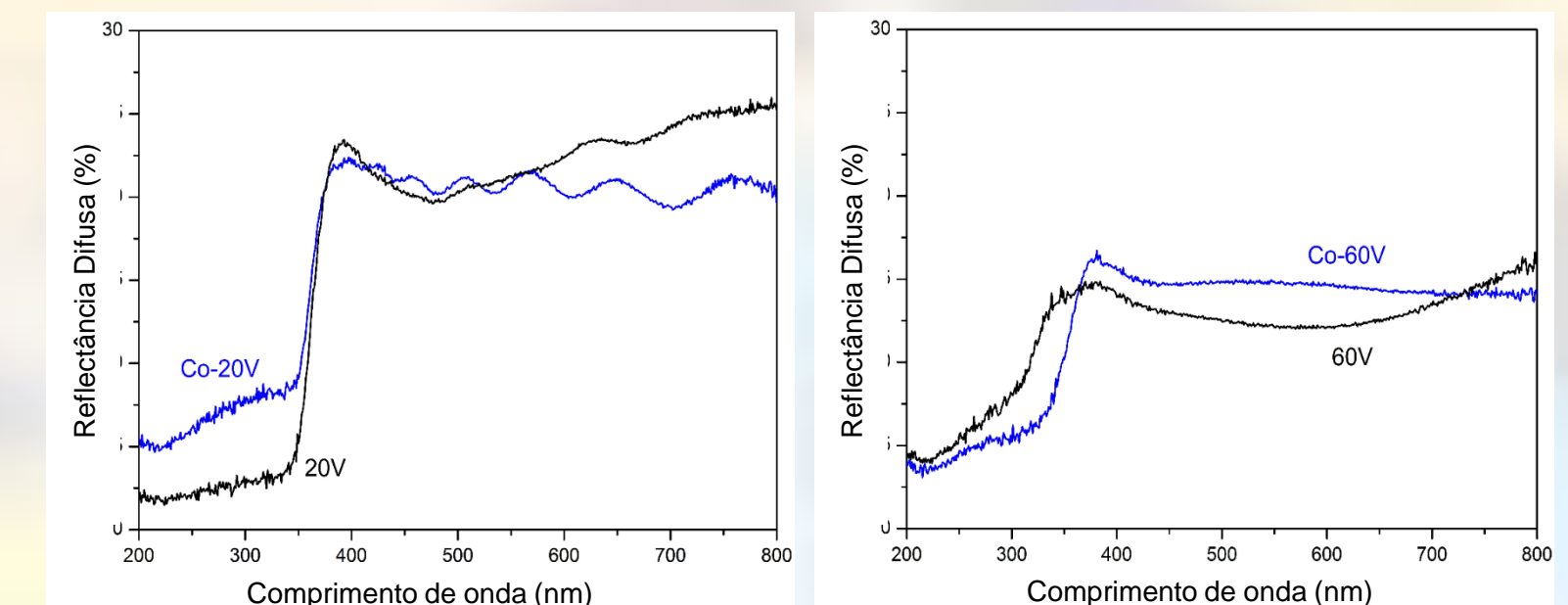


Figura 4. Espectros de refletância difusa das amostras preparadas. Linha preta: amostras preparadas com o eletrólito sem cobalto. Linha azul: amostras anodizadas com o eletrólito com cobalto.

O formato quadrado das curvas de densidade de corrente (Figura 5) é característico de sistemas com baixa taxa de recombinação. No potencial de 1V vs Ag/AgCl, região onde o processo de water-splitting ocorre para esse sistema, as amostras anodizadas a 20V dopadas com cobalto apresentam, aproximadamente, o dobro de fotocorrente do que as amostras de TiO<sub>2</sub> puro. O efeito do cobalto na fotocorrente é ainda maior para amostras anodizadas em 60V. A densidade de corrente da amostra dopada com cobalto é 4 vezes maior do que a amostra de TiO<sub>2</sub> puro.

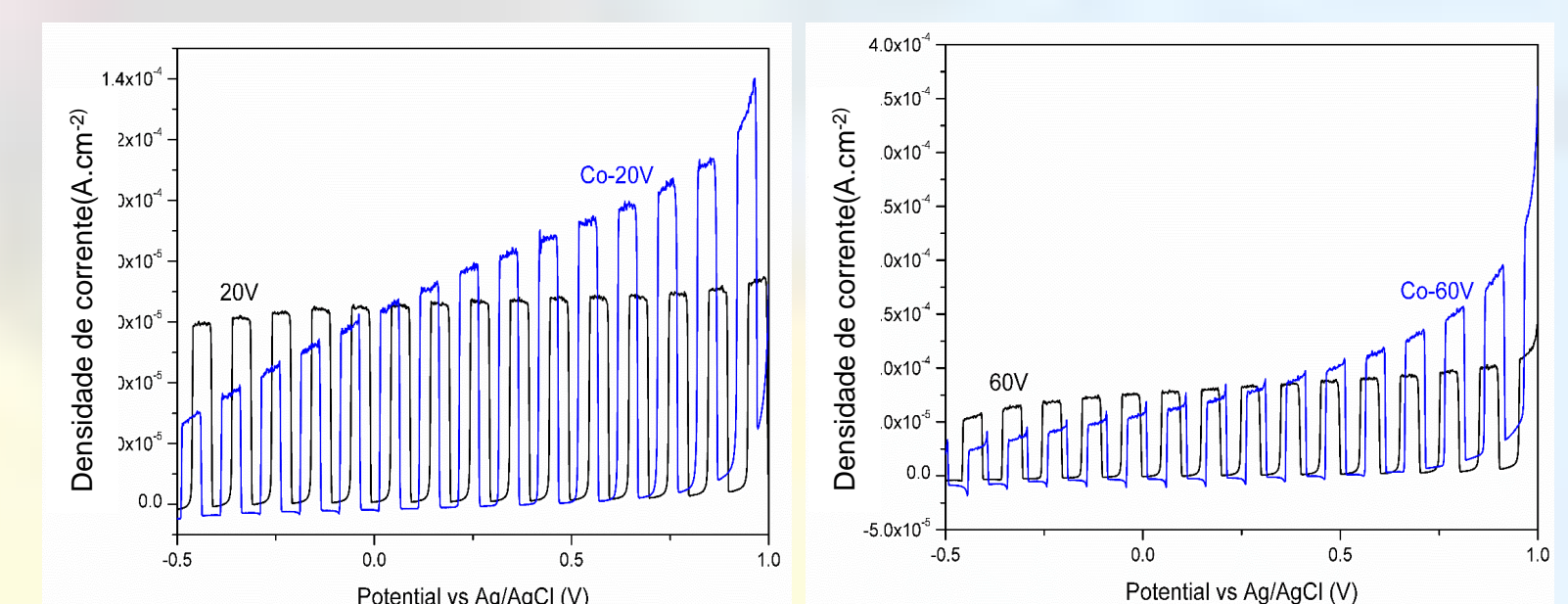


Figura 5. Fotocorrente das amostras sintetizadas. Linha preta: amostras preparadas com o eletrólito sem cobalto. Linha azul: amostras anodizadas com o eletrólito com cobalto.

### 5. CONCLUSÕES

Nanotubos de dióxido de titânio foram sintetizados em uma única etapa de anodização. As análises de DRX e Raman mostraram que ocorreu a inserção do dopante cobalto na fase anatase. A densidade de corrente desenvolvida pelas amostras dopadas é consideravelmente melhorada, atingindo um aumento de quatro vezes para a amostra anodizada em 60V. Os nanotubos de TiO<sub>2</sub> sintetizados apresentam-se como promissores materiais fotoeletroativos para a produção de H<sub>2</sub> via water-splitting.

### 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do CNPq, CAPES e UFRGS.