

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PARTICULADOS DE $(La_{0,60}Sr_{0,40})(Co_{0,20}Fe_{0,80})O_{3-\delta}$ COMO CÁTODO E CÁTODO COMPÓSITO DE *ITSOFC*

R. A. Vargas; E. Bonturim; M. Andreoli; R. Chiba; E. S. M. Seo
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária (USP) - São Paulo - SP
Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais (CCTM)
Laboratório de Insumos e Componentes - SOFC
e-mail: ravargas@usp.br

RESUMO

O óxido misto $(La_{1-x}Sr_x)(Co_{1-y}Fe_y)O_{3-\delta}$ - LSCF, de estrutura pseudo-perovskita, é estudado como cátodo em Células a Combustível de Óxido Sólido de Temperaturas Intermediárias. O objetivo deste trabalho foi preparar, pelos métodos dos precursores poliméricos e mistura de óxidos; condutores mistos (eletrônico e iônico) de LSCF como cátodo e misturas de LSCF com $(Ce_{0,90}Gd_{0,10})O_{1,95}$ como cátodo compósito, respectivamente. Os materiais particulados obtidos foram caracterizados principalmente por difratometria de raios X, fluorescência de raios X, análise de distribuição granulométrica e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados confirmam que a eliminação dos orgânicos presentes nos precursores é essencial para a formação da estrutura cristalina de interesse e dependente do teor de nitrato de cobalto. A composição química dos particulados está relativamente próxima da nominal ($x=0,40$ e $y=0,80$) e os diâmetros médios das partículas são adequados para preparação de suspensões cerâmicas aquosas e orgânicas, contribuindo para a conformação por wet powder spraying.

Palavras-chave: células a combustível, cátodo, camada funcional, *Pechini*.

INTRODUÇÃO

A Célula a Combustível de Óxido Sólido de Temperaturas Intermediárias (*Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cell - ITSOFC*) opera atualmente entre 600 e 750°C^(1,2). Este intervalo de temperatura de operação é utilizado em decorrência aos desafios encontrados principalmente nas propriedades químicas (reação entre os componentes), térmicas (favorecimento de tensões térmicas) e

mecânicas (fadiga), resultando em perdas nas propriedades físico-químicas e que comprometem o desempenho da célula quando operada por longos períodos em temperaturas iguais ou superiores a 850°C⁽¹⁻⁴⁾.

A diminuição da temperatura de operação prejudica a densidade de corrente, em decorrência da redução da cinética dos processos envolvidos (condutividade elétrica dos componentes, interfaces, cinética dos eletrodos, entre outros); sendo um dos principais fatores causadores do aumento no sobrepotencial do cátodo⁽⁵⁾.

Por estes motivos, é necessário o desenvolvimento de materiais alternativos que apresentem maior condutividade elétrica, atividade catalítica para reação de redução do oxigênio (RRO) e coeficiente de expansão térmica (*TEC*) compatível ao do eletrólito sólido, evitando tensões mecânicas nas interfaces^(3,5). Além dessas propriedades, o material deve apresentar baixa reatividade química com os componentes adjacentes, manter boa aderência na região da interface e uma microestrutura porosa o suficiente e estável durante a operação da célula^(3,6).

O LSCF é um material de estrutura do tipo pseudo-perovskita que preenche praticamente todos esses requisitos e seu grande interesse deve-se, principalmente, à importante propriedade mista de condutividades iônica e eletrônica na região da interface^(5,6). Este material é condutor para exercer a função de cátodo em temperaturas de até 750°C, necessitando de uma microestrutura com porosidade controlada para permeação do gás oxidante (oxigênio puro ou ar), homogênea distribuição granulométrica entre suas partículas e compatibilidades química e térmica adequadas com os demais componentes da *ITSOFC*^(3,5,6).

Neste tipo de célula, utiliza-se normalmente o $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$ - CGO ou $(\text{Ce}_{0,85}\text{Sm}_{0,15})\text{O}_{1,925}$ - CSO como eletrólito. A substituição parcial do cério por gadolínio ou samário, de valência igual ou inferior, produz vacâncias de íons oxigênio (O^{2-}) ao redor do gadolínio que, ao ser ocupado pelo O^{2-} adjacente, adquire a propriedade de condução iônica^(1,7). Para aumentar a região de contato (interface existente após a sinterização) onde ocorre a RRO e conseguir uma melhor aderência com o LSCF, utiliza-se uma fina camada de material compósito constituída dos materiais do cátodo e do eletrólito. Este material é conhecido atualmente como cátodo compósito, cátodo funcional ou camada funcional^(1,7).

Dentre as diferentes rotas de síntese de materiais encontradas na literatura para a fabricação de LSCF, destaca-se a técnica dos citratos, derivada do método *PECHINI*⁽⁸⁾, que é adotada na obtenção de precursores poliméricos para obtenção

de materiais particulados com características adequadas para preparação de suspensões aquosas e orgânicas com condições necessárias para o processamento e conformação cerâmica ⁽⁵⁻⁸⁾. O cátodo composto é sintetizado usualmente pela técnica de mistura de óxidos, utilizando geralmente um moinho de alta energia para conseguir misturas homogêneas ^(1,7,9).

Neste sentido, a principal contribuição deste trabalho é apresentar importantes características físicas, químicas e microestruturais dos particulados de LSCF com composição $(La_{0,60}Sr_{0,40})(Co_{0,20}Fe_{0,80})O_{3-\delta}$ e dos compostos constituídos de LSCF e CGO, com a finalidade de otimizar as condições iniciais para a preparação de suspensões cerâmicas estáveis e homogêneas, contribuindo para a conformação por *wet powder spraying* e montagem da célula unitária de *ITSOFC*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material particulado constituído de LSCF foi sintetizado (Figura 1) a partir de soluções preparadas de acordo com a técnica dos citratos ⁽⁸⁾.

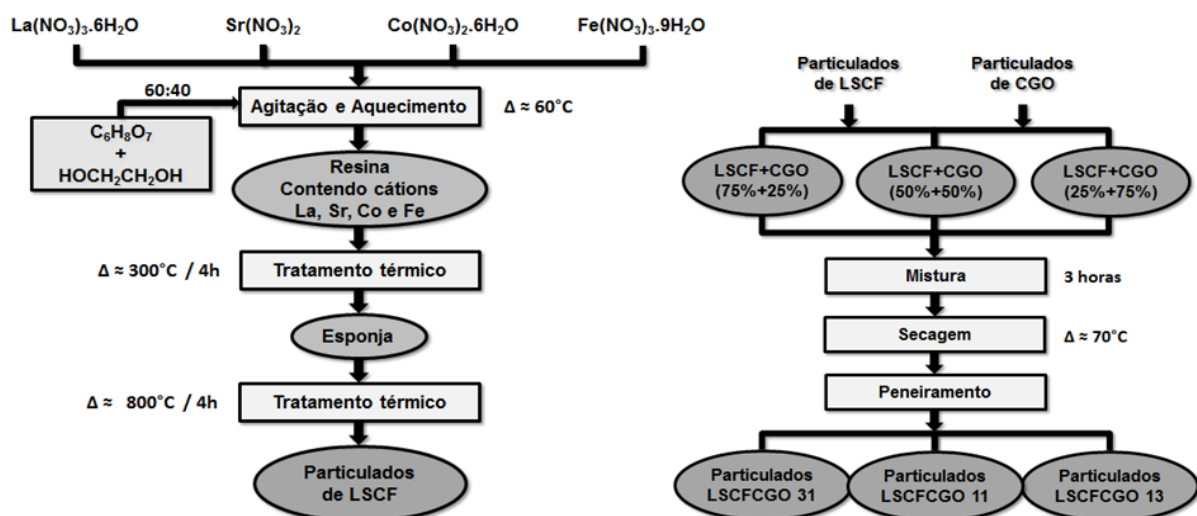


Figura 1 - Fluxograma da síntese de LSCF e mistura de LSCF com CGO.

O experimento utilizou precursores de nitratos de lantânio, estrôncio, cobalto e ferro, dissolvidos em água destilada em constante agitação. Depois da completa dissolução dos sais, adicionou-se ácido cítrico e etileno glicol como agentes complexantes. A solução foi aquecida gradualmente até tornar-se viscosa devido à liberação de água e substâncias voláteis. Segue-se a etapa de poliesterificação até 300°C por 4 horas e posterior calcinação à temperatura de 800°C por 4 horas ^(8,10).

Para a fabricação do material constituinte da camada funcional, os particulados de LSCF foram moídos por 3 horas, peneirados e misturados aos particulados comerciais de CGO ⁽⁹⁾ em três diferentes misturas: 25%, em massa, de LSCF para 75% de CGO (LSCFCGO31); 50% de cada um (LSCFCGO11) e 75% de LSCF para 25% de CGO (LSCFCGO13). Cada mistura foi homogeneizada por 3 horas em moinho atritor. O material resultante foi secado em estufa a 70°C e peneirado para desaglomeração e melhor uniformidade dos produtos finais.

O material recolhido antes da síntese completa (denominado de 'esponja') para a formação do LSCF foi caracterizado por análise termogravimétrica (ATG). Os particulados obtidos após as sínteses foram caracterizados por difratometria de raios X (DRX), fluorescência de raios X (FRX), análise de distribuição granulométrica utilizando espalhamento com feixes de laser, cromatografia por adsorção gasosa, picnometria por gás hélio, determinação da área superficial específica pelo método *B.E.T.* e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado um estudo de decomposição dos precursores para a síntese do LSCF utilizando ATG e um estudo em paralelo de DRX para a verificação da formação do material de interesse. Para a termogravimetria, analisou-se a 'esponja' (material recolhido antes da etapa de calcinação) obtida após a síntese pela técnica dos citratos. As curvas termogravimétricas obtidas são apresentadas na Figura 2 e permitem diferenciar três etapas de decomposição e transformações de seus elementos químicos para temperaturas de até 1000°C:

- Entre a temperatura ambiente e aproximadamente 400°C ocorre uma relativa perda de massa (expressa em miligramas), que corresponde à perda da água de hidratação e início da decomposição dos nitratos;
- Entre 400 e 600°C ocorre decomposição dos nitratos formando NO₂, NO_x e nitratos intermediários, ocorrendo liberação de gases;
- Entre 600 e 750°C se inicia a formação do produto final estável de LSCF. Nesta etapa ainda ocorre a liberação de gases NO_x e também de CO e CO₂;
- A 750°C ocorre à formação do material de interesse e, a partir de 800°C, o produto formado mostra-se bastante estável.

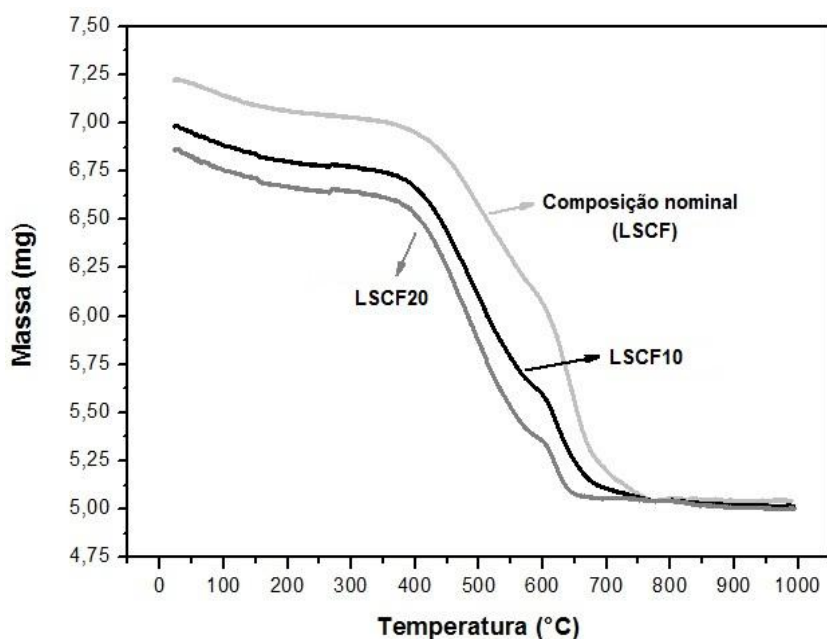


Figura 2 - Análise termogravimétrica das amostras de LSCF não calcinadas.

A curva LSCF10 representa o material sintetizado com adição de 10% (em excesso) de nitrato de cobalto sobre a composição nominal e a curva LSCF20 com adição de 20% (em excesso) do mesmo nitrato. A perda de massa é mais intensa no intervalo de 400 a 700°C para as três amostras analisadas. De acordo com as transformações dos nitratos precursores para o óxido misto correspondente de LSCF, ocorreu uma perda de massa total (Tabela 1) em torno de 2,18 mg (16,77% do material analisado) no intervalo entre 25 e 750°C para a curva LSCF, que representa o material com sua estequiometria nominal.

Tabela 1 - Perda de massa durante a ATG para as amostras de LSCF.

Amostra	Intervalo de Temperatura (°C)	Perda de Massa			
		(mg)		(% em massa)	
		Intervalo	Total	Intervalo	Total
LSCF	25 a 400	0,27		2,08	
	400 a 600	0,89	2,18	6,85	16,77
	600 a 750	1,02		7,84	
LSCF10	25 a 400	0,31		2,38	
	400 a 600	1,08	1,92	8,31	14,77
	600 a 750	0,53		4,08	
LSCF20	25 a 400	0,33		2,54	
	400 a 600	1,18	1,81	9,08	13,92
	600 a 750	0,30		2,30	

Em estudos anteriores ⁽¹⁰⁾, verificou-se que existe perda significativa de cobalto durante a reação de síntese, fazendo com que ocorra a formação de fase secundária (Figura 3A). Por este motivo, foi realizado um estudo de DRX variando o teor de nitrato de cobalto adicionado em excesso na composição nominal.

Por difratometria de raios X, verifica-se a estrutura cristalina de interesse e comprova-se que com uma adição de 10% em excesso de nitrato de cobalto, não forma-se a fase secundária após calcinação a 800°C por 4 horas (Figura 3B).

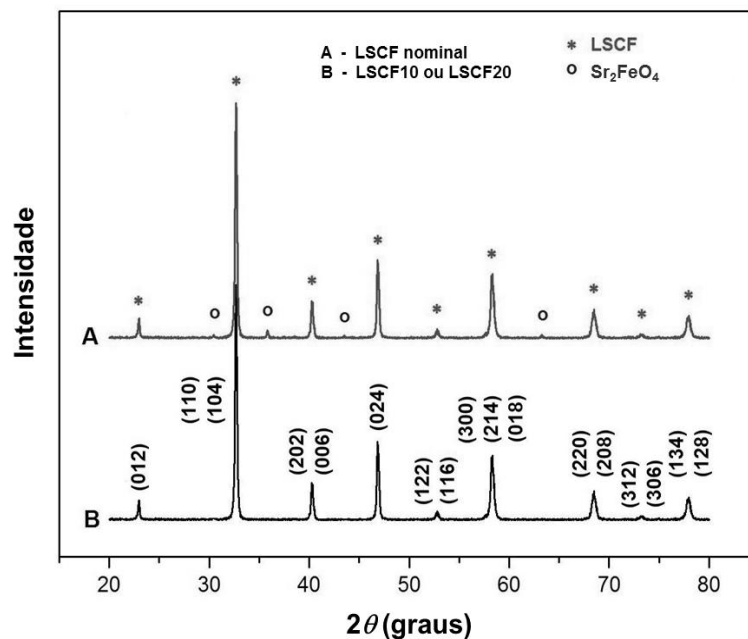


Figura 3 - Difratogramas de raios X das amostras de LSCF.

Para a amostra calcinada com a composição nominal (difratograma A), identificou-se a existência de duas fases; sendo a principal constituída do óxido misto LSCF e a secundária, de pequena intensidade, constituída de Sr₂FeO₄. Para a amostra calcinada com excesso de 10% ou 20% de nitrato de cobalto sobre a composição nominal (difratograma B), verificou-se somente a formação da fase LSCF de estrutura pseudo-perovskita ortorrômbica.

O estudo comprovou que a fase de interesse forma-se com uma adição de apenas 10% em excesso de nitrato de cobalto em relação à estequiometria nominal, antes da síntese do material. Para a identificação dos índices de *Miller*, utilizou-se o arquivo do *Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS)* de número 48-0124, além da comparação das informações presentes neste banco de dados com dados de publicações da literatura técnica ^(5,6,7).

Na Figura 4 são apresentados os difratogramas dos três materiais compósitos sintetizados pela técnica de mistura de óxidos.

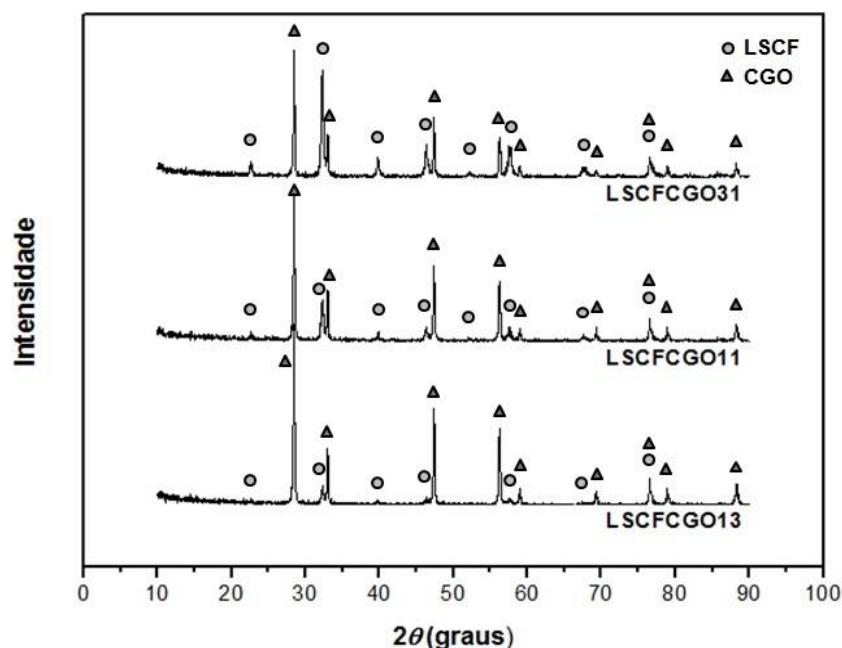


Figura 4 - Difratogramas de raios X dos compósitos constituídos de LSCF e CGO.

O difratograma correspondente à amostra LSCFCGO31 confirma a presença das duas fases constituintes da mistura contendo 75% (em massa) de LSCF e 25% (em massa) de CGO. Os difratogramas correspondentes às amostras LSCFCGO11 e LSCFCGO13 também confirmam as duas fases constituintes de cada mistura respectivamente. A estrutura cristalina pseudo-perovskita do tipo ortorrômbica foi identificada para a fração de particulados do óxido misto LSCF (como discutido na Figura 3B) e a estrutura perovskita do tipo fluorita foi identificada para a fração de particulados que constituem o CGO e que está de acordo com dados da literatura técnica referente ao estudo deste material ^(1,7).

Após a confirmação da obtenção da fase desejada para o LSCF, determinou-se a composição química das amostras estudadas utilizando a técnica por fluorescência de raios X (Tabela 2). Em todos os casos, a composição química das amostras sintetizadas foi comparada com a composição nominal. Analisando os resultados para a amostra constituída de LSCF, pode-se concluir que a composição real está relativamente próxima à composição nominal, mesmo ocorrendo uma pequena perda estequiométrica em relação aos elementos lantânio e ferro, provavelmente devido à segregação dos mesmos durante as etapas de síntese.

Tabela 2 - Composições químicas das amostras sintetizadas.

Amostra	Composição nominal	Composição real
LSCF	$(\text{La}_{0,60}\text{Sr}_{0,40})(\text{Co}_{0,20}\text{Fe}_{0,80})\text{O}_3$	$(\text{La}_{0,58}\text{Sr}_{0,42})(\text{Co}_{0,21}\text{Fe}_{0,79})\text{O}_3$
LSCFCGO31	75% em massa de $(\text{La}_{0,60}\text{Sr}_{0,40})(\text{Co}_{0,20}\text{Fe}_{0,80})\text{O}_3$ 25% em massa de $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$	77% em massa de $(\text{La}_{0,58}\text{Sr}_{0,42})(\text{Co}_{0,22}\text{Fe}_{0,78})\text{O}_3$ 23% massa de $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$
LSCFCGO11	50% em massa de $(\text{La}_{0,60}\text{Sr}_{0,40})(\text{Co}_{0,20}\text{Fe}_{0,80})\text{O}_3$ 50% em massa de $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$	49% em massa de $(\text{La}_{0,57}\text{Sr}_{0,43})(\text{Co}_{0,22}\text{Fe}_{0,78})\text{O}_3$ 51% massa de $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$
LSCFCGO13	25% em massa de $(\text{La}_{0,60}\text{Sr}_{0,40})(\text{Co}_{0,20}\text{Fe}_{0,80})\text{O}_3$ 75% em massa de $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$	22% em massa de $(\text{La}_{0,55}\text{Sr}_{0,45})(\text{Co}_{0,21}\text{Fe}_{0,79})\text{O}_3$ 78% massa de $(\text{Ce}_{0,90}\text{Gd}_{0,10})\text{O}_{1,95}$

Para as amostras que correspondem aos três materiais compósitos, verifica-se também que a estequiometria real está próxima a nominal. Em todos os casos, os valores correspondem com o desvio padrão deste tipo de análise química.

Por granulometria utilizando espalhamento de feixes laser foi determinado o diâmetro médio equivalente ($D_{\text{médio}}$) por massa acumulada dos particulados sintetizados. Os resultados são apresentados na Tabela 3 juntamente com os valores obtidos para a área superficial específica (S), densidade real ou massa específica (ρ) e teor de carbono residual.

Tabela 3 - Avaliação dos particulados de LSCF e LSCFCGO.

	LSCF	LSCFCGO31	LSCFCGO11	LSCFCGO13	
$D_{\text{médio}}$ (μm) sem moagem	64,32	-	-	-	
$D_{\text{médio}}$ (μm) com moagem	1h	8,52	-	-	
	2h	1,51	-	-	
	3h	0,49	0,53	0,45	0,38
	4h	0,52	0,60	0,51	0,48
S (m^2/g) sem moagem	2,09	-	-	-	
S (m^2/g) com moagem	3h	6,57	5,22	6,83	7,61
	4h	5,30	5,19	5,30	5,35
ρ (g/cm^3)	5,99	6,16	6,52	6,89	
Teor de Carbono (%)	0,36	0,31	0,27	0,15	

Os resultados obtidos confirmam que para a amostra LSCF, o diâmetro médio de partícula após moagem de 3 horas é de $0,49 \mu\text{m}$ e que a área de superfície específica desses particulados é da ordem de $6,57 \text{ m}^2/\text{g}$. Estes resultados estão de acordo com trabalhos publicados ^(1,7,11) que mencionam as características que os materiais particulados necessitam (particulados com diâmetro médio entre $0,30$ e $0,60 \mu\text{m}$ e área superficial específica entre 4 a $8 \text{ m}^2/\text{g}$) para o preparo de suspensões cerâmicas mais estáveis, com o objetivo de produzir filmes finos de cátodo e cátodo composto utilizando a técnica de *wet powder spraying*.

Na análise de microscopia eletrônica de varredura foi observada a morfologia dos materiais particulados após a síntese. A Figura 5 apresenta as micrografias dos particulados de LSCF após calcinação e moagem por 3 horas e dos materiais compostos LSCFCGO após mistura em moinho também por 3 horas.

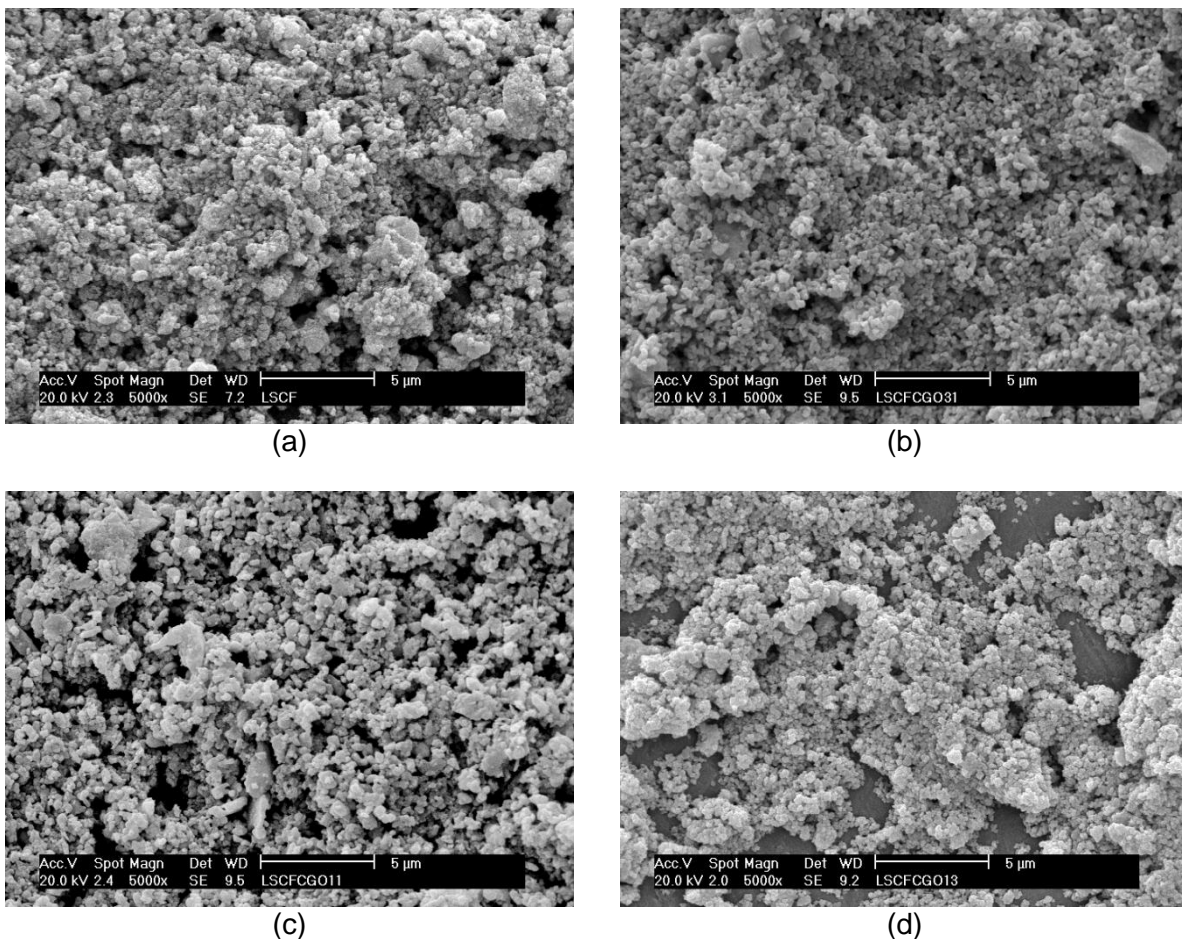


Figura 5 - Micrografias dos particulados de LSCF (a), LSCFCGO31 (b), LSCFCGO11 (c) e LSCFCGO13 (d).

As micrografias obtidas para os materiais após calcinação e moagem ou mistura em moinho atritor confirmam particulados na forma de aglomerados e que os tamanhos de partículas são, em sua maioria, inferiores a 1 μm .

CONCLUSÕES

A técnica dos citratos é adequada para a preparação de materiais particulados homogêneos com boa distribuição de tamanho de partículas e, após moagem de 3 horas, com diâmetros médios inferiores a 0,70 μm . A temperatura e o tempo de calcinação que foram utilizados são adequados para a formação da estrutura cristalina desejada para a síntese de LSCF. A adição de 10% em excesso de nitrato de cobalto foi suficiente para evitar a formação de fases secundárias durante a síntese e garantir uma estequiometria muito próxima à composição nominal. Os resultados de difração de raios X mostram que com uma calcinação de 800°C durante 4 h com todos os precursores à base de nitrato, forma-se a estrutura pseudo-perovskita ortorrômbica. A mistura em moinho atritor por 3 horas se mostrou adequada para a fabricação dos compósitos constituídos de LSCF e CGO.

As características dos materiais particulados de LSCF e LSCFCGO obtidos pela técnica dos citratos e mistura de óxidos, respectivamente, são adequadas para a preparação de suspensões cerâmicas aquosas e/ou orgânicas e bem como para conformação destas suspensões por *wet powder spraying*.

Portanto, é indispensável que na etapa de síntese do LSCF e de LSCFCGO ocorra um controle extremamente cuidadoso da homogeneidade dos particulados, uma vez que suas cerâmicas são componentes importantes de uma *ITSOFC*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os profissionais e colegas do CCTM (Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais), do CQMA (Centro de Química e Meio Ambiente) e do CCCH (Centro de Células a Combustível e Hidrogênio), pertencentes ao IPEN-CNEN/SP, pelas análises realizadas em seus laboratórios e pela contribuição para a divulgação deste trabalho; e ao IPEN e CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por todo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1]. LEE, S.; SONG, H.S.; HYUN, S.H.; KIM, J.; MOON, J. LSCF–SDC core–shell high-performance durable composite cathode. *Journal of Power Sources*, v. 195, n. 1, p. 118-123, 2010.
- [2]. GHOUSE, M.; AL-YOUSEF, Y.; AL-MUSA, A.; AL-OTAIBE, M.F. Preparation of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$ nanoceramic cathode powders for solid oxide fuel cell (SOFC) application. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 35, n. 17, p. 9411-9419, 2010.
- [3]. MINH, N.Q. Solid oxide fuel cell technology - features and applications. *Solid State Ionics*, v. 174, n. 1-4, p. 271-277, 2004.
- [4]. CHOY, K.; BAI, W.; CHAROJROCHKUL, S.; STEELE, B.C.H. The development of intermediate-temperature solid oxide fuel cells for the next millennium. *Journal of Power Sources*, v. 71, n. 1-2, p. 361-369, 1998.
- [5]. WANG, S.; KATSUKI, M.; DOKIYA, M.; TASHIMOTO, T. High temperature properties of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ phase structure and electrical conductivity. *Solid State Ionics*, Japan, v. 159, n. 1-2, p. 71-78, 2003.
- [6]. QIU, L.; ICHIKAWA, T.; HIRANO, A.; IMANISHI, N.; TAKEDA, Y. $\text{Ln}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_{3-\delta}$ (Ln=Pr, Nd, Gd; x=0.2, 0.3) for the electrodes of solid oxide fuel cells. *Solid State Ionics*, v. 158, n. 1-2, p. 55-65, 2003.
- [7]. WANG, S., KATO, T., NAGATA, S., HONDA, T., TANAKO, T., IWASHITA, N., DOKIYA, M. Performance of a $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_3\text{--Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.9}\text{--Ag}$ cathode for ceria electrolyte SOFCs. *Solid State Ionics*, v. 146, n. 3-4, pp. 203-210, 2002.
- [8] LESSING, P.A. Mixed-cation oxide powders via polymeric precursors. *Ceramic Bulletin*, v.68, n.5, p.1002-1007, 1989.
- [9] TIETZ, F.; DIAS, F.J.; SIMWONIS, D.; STOVER, D. Evaluation of commercial nickel oxide powders for components in solid oxide fuel cells. *Journal of the European Ceramic Society*, v.20, p.1023-1034, 2000.
- [10]. VARGAS, R. A.; CHIBA, R; ANDREOLI, M.; SEO, E. S. M. Síntese e caracterização dos pós de $\text{Nd}(1-x)\text{Sr}(x)\text{MnO}(3)$ e $\text{La}(1-x)\text{Sr}(x)\text{Co}(1-y)\text{Fe}_y\text{O}(3)$. *Matéria*, v. 12, p. 8-21, 2007.
- [11] FUEL CELL MATERIALS. Disponível em: < <http://www.fuelcellmaterials.com/>>. Acesso em: 21 abr. 2011.

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF $(\text{La}_{0.60}\text{Sr}_{0.40})(\text{Co}_{0.20}\text{Fe}_{0.80})\text{O}_{3-\delta}$ POWDERS FOR ITSOFC CATHODE AND COMPOSITE CATHODE

ABSTRACT

The mixing oxide $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)(\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y)\text{O}_{3-\delta}$ - LSCF, of pseudo-perovskite structure, is studied as cathode in Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells. The objective of this work was to prepare, for polymeric precursors and oxide mixture methods; mixing conductors (electronic and ionic) of LSCF as cathode and mixtures of LSCF with $(\text{Ce}_{0.90}\text{Gd}_{0.10})\text{O}_{1.95}$ as composite cathode, respectively. The particulates materials had been characterized mainly by X-ray diffraction, X-ray fluorescence spectroscopy, laser scattering granulometry, and scanning electron microscopy. The results confirm that organic elimination presents in the precursors is essential for the formation of crystalline structure of interest and dependent of cobalt nitrate. The chemical composition of particulates is relatively next to nominal ($x=0.40$ and $y=0.80$) and the average sizes of particles are adjusted for ceramic suspensions preparation, contributing for the wet powder spraying step conformation.

Key-words: fuel cells, cathode, composite cathode, Pechini.