

## ETEC SANTO ANDRÉ – CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

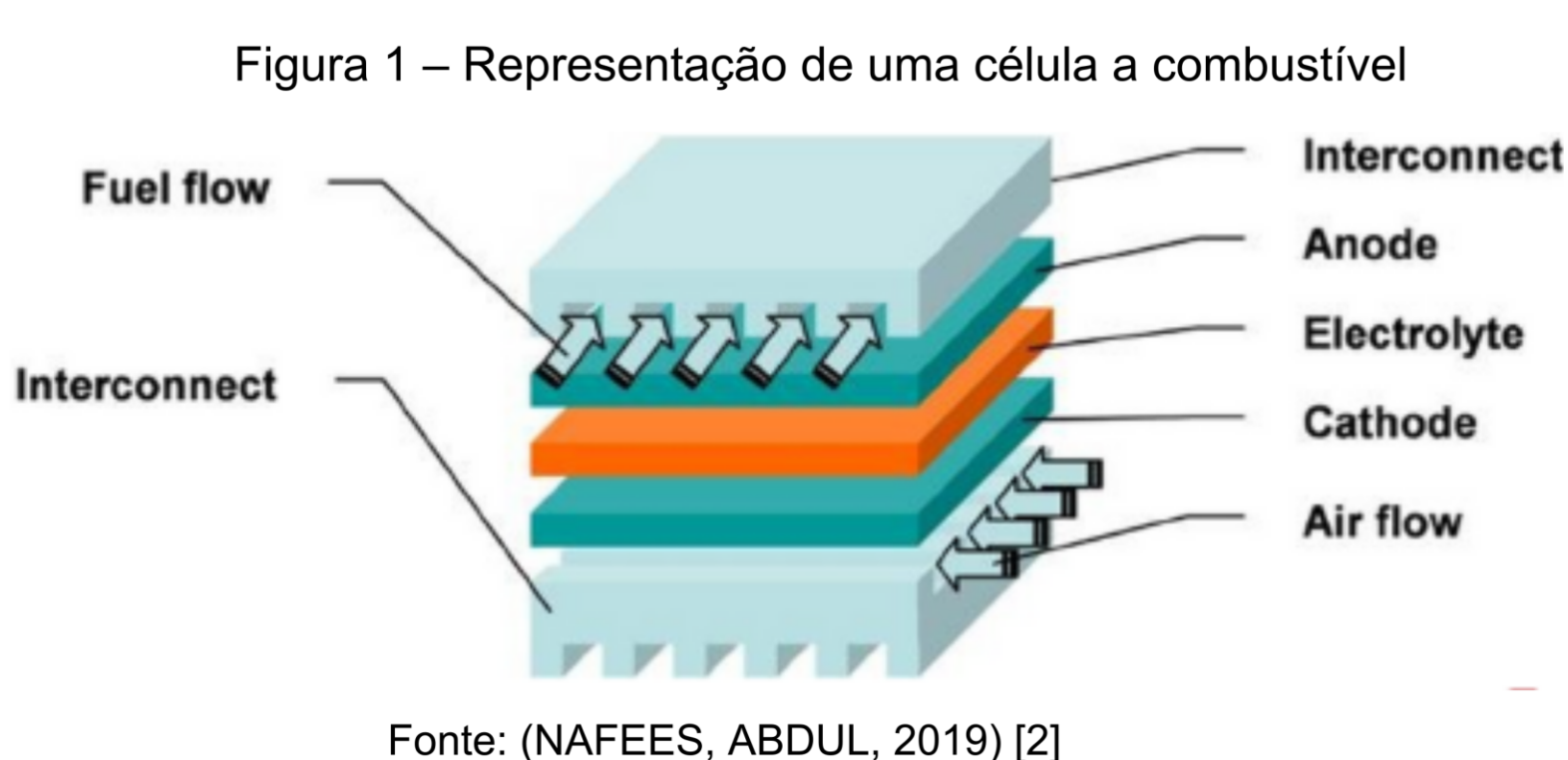
# SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DA PEROVSKITA $BaZr_{0,5}Ce_{0,3}Y_{0,1}Yb_{0,1}O_{3-\delta}$ PARA ELETRÓLITO DE P-SOFC.

Miguel Soares Diniz

Orientador: Daniel Zanetti de Flório. Co-Orientador: Dr. Jhonny Frank Sousa Joca; Co-Orientadora: Dra. Maria do Socorro Sousa da Silva  
miguel.diniz2@etec.sp.gov.br; daniel.florio@ufabc.edu.br; jhonny.joca@etec.sp.gov.br; maria.silva2473@etec.sp.gov.br

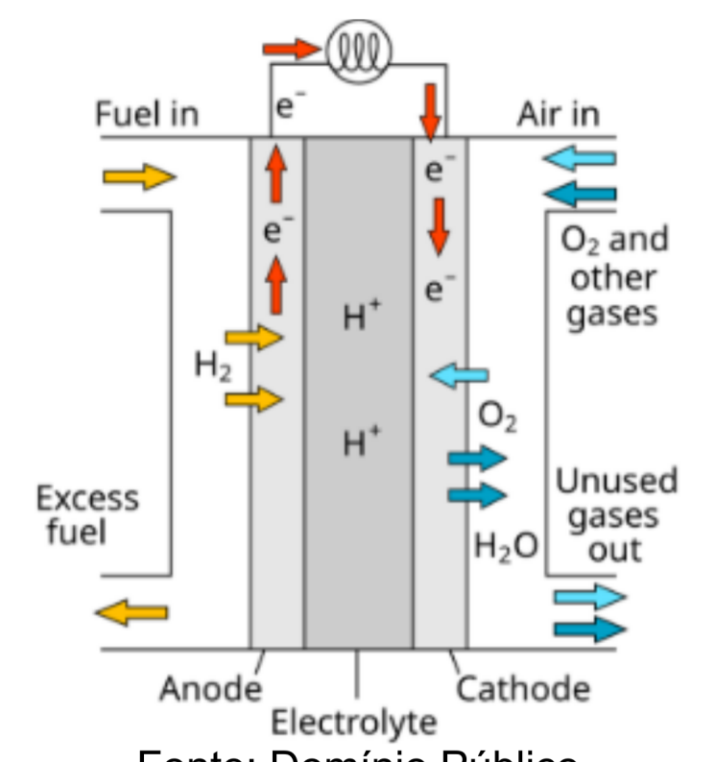
## INTRODUÇÃO

Os motores a combustão perdem na eficiência, graças a geração de ondas sonoras e múltiplas conversões até a geração da energia elétrica, em contra partida, as células a combustível são silenciosas e convertem diretamente a energia química em eletricidade [1].



Fonte: (NAFEES, ABDUL, 2019) [2]

Figura 2 – Representação de uma P-SOFC



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A medição de densidade da pastilha 3 indicou que a pastilha possuía uma densidade de 4,96g/mL em média, ou seja, 81,31% de sua densidade teórica (6,1g/mL) o que é considerado baixo para o uso como eletrólito de P-SOFC, por conta disso, a pastilha 2 não chegou a ir para a espectroscopia de impedância. Enquanto isso, não foi possível a medição da densidade da pastilha 4, pois essa se quebrou durante o processo de sinterização. Já a pastilha 5 não quebrou, porém ficou em um formato que lembra uma “combuca”, algo que por si só já eliminaria o uso dela em P-SOFCs, além disso apresentou uma densidade de 64,98% em relação a densidade teórica, as demais também não apresentaram uma boa densificação.

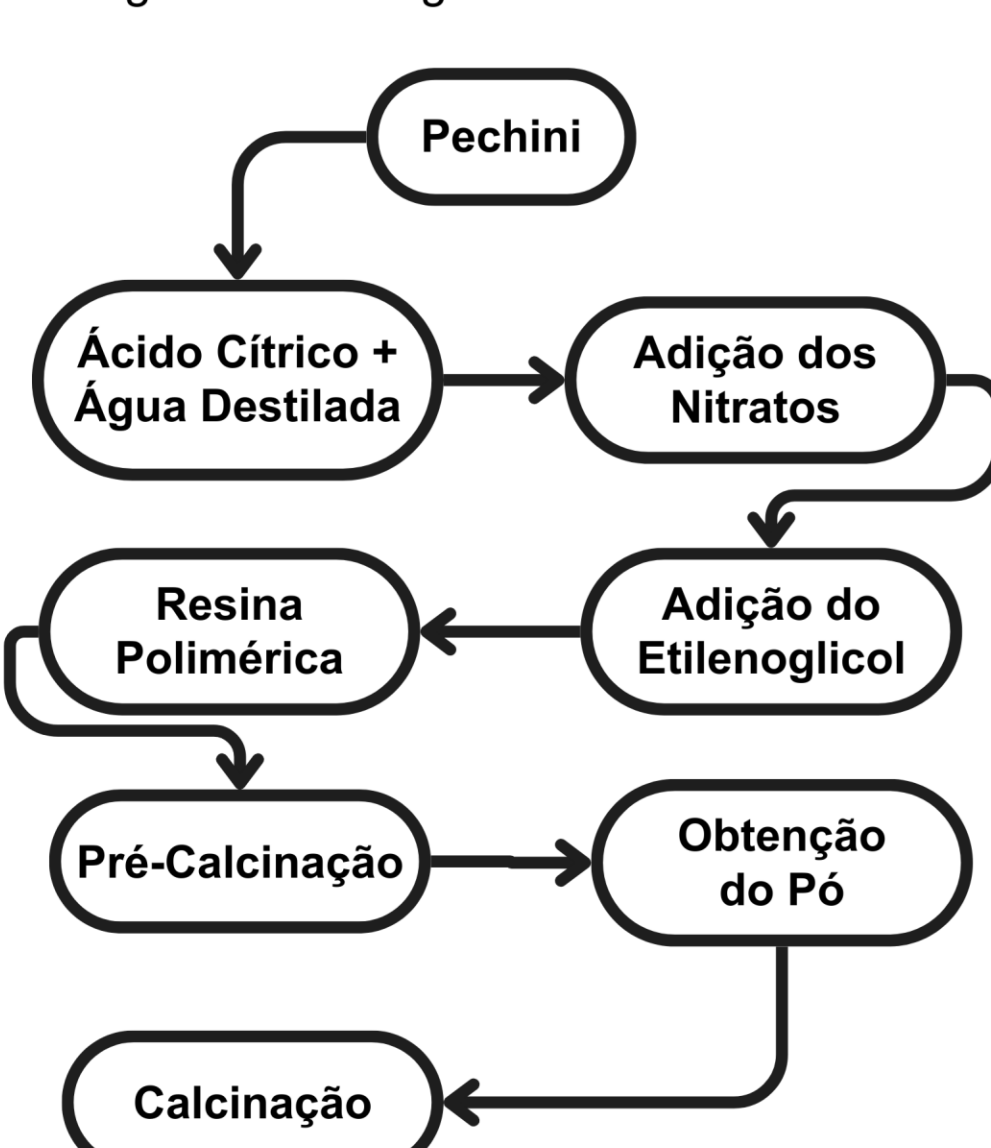
## OBJETIVOS

Estudar a capacidade do método Pechini como um método viável para a síntese da perovskita  $BaZr_{0,5}Ce_{0,3}Y_{0,1}Yb_{0,1}O_{3-\delta}$  (BZCYYb5311) e a capacidade dessa perovskita como um eletrólito funcional para uma P-SOFC.

## MATERIAL E MÉTODOS

A síntese da perovskita do projeto,  $BaZr_{0,5}Ce_{0,3}Y_{0,1}Yb_{0,1}O_{3-\delta}$  (BZCYYb5311), ocorreu através do método Pechini, com nitratos como fonte dos metais necessários, o ácido cítrico como hidroxíácido, e o etilenoglicol como poliálcool.

Figura 3 - Fluxograma método Pechini



Fonte: (PEREIRA, 2021) [3]

Tabela 1 – Reagentes utilizados

Reagentes	Quantidade
$Ba(NO_3)_2$	4,3678g
$Zr(NO_3)_2 \cdot xH_2O$	1,9323g
$Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	2,1771g
$Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0,6401g
$Yb(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$	0,7506g
Ácido Cítrico	9,6329g
Etilenoglicol	3,1121g
Água Milli-Q	-

Fonte: Autoria Própria

Tabela 2 – Formação de Pastilhas

Pastilha	Sinterização
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxa de Subida: 2K/min;</li> <li>Step: 1400°C por 5 horas;</li> <li>Taxa de Descida: 2K/min até ambiente;</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxa de Subida: 1K/min;</li> <li>Step: 650°C por 2:30 horas;</li> <li>Taxa de Subida: 2K/min;</li> <li>Step: 1500°C por 3 horas;</li> <li>Taxa de Descida: 1,5K/min até 1000°C e 7K/min até ambiente;</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxa de Subida: 2K/min até 1500°C;</li> <li>Step: 1500°C por 2:30 horas;</li> <li>Taxa de Descida: 2K/min até ambiente;</li> </ul>
6	
7	

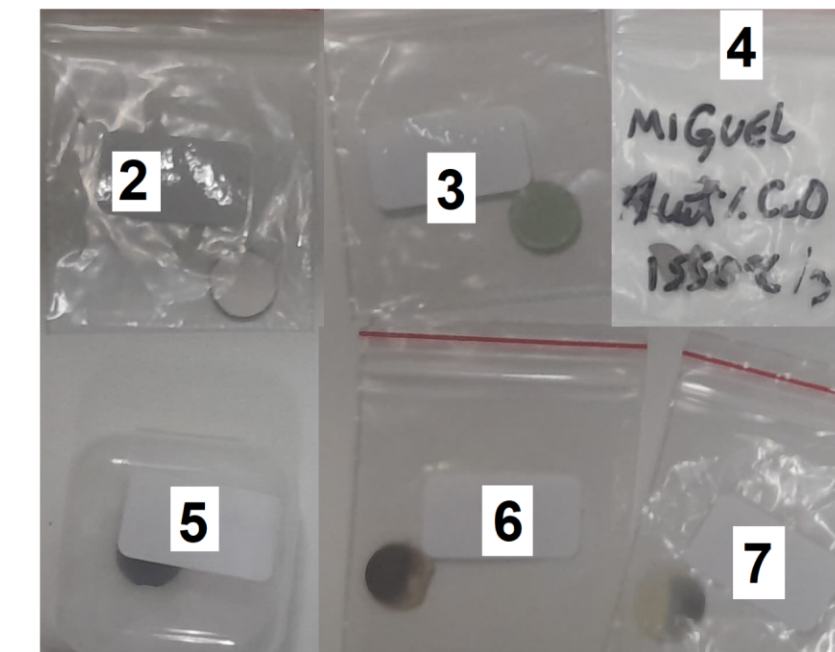
Fonte: Autoria Própria

Tabela 3 – Resultado das Sinterizações

Pastilha	Aparência	Densidade Relativa
3	Porosa	81,31%
4	Quebrou durante a sinterização (Possivelmente causado pelo step)	-
5	Entortou devido às forças internas	64,98%
6	Boa	60 à 80%
7	Boa	

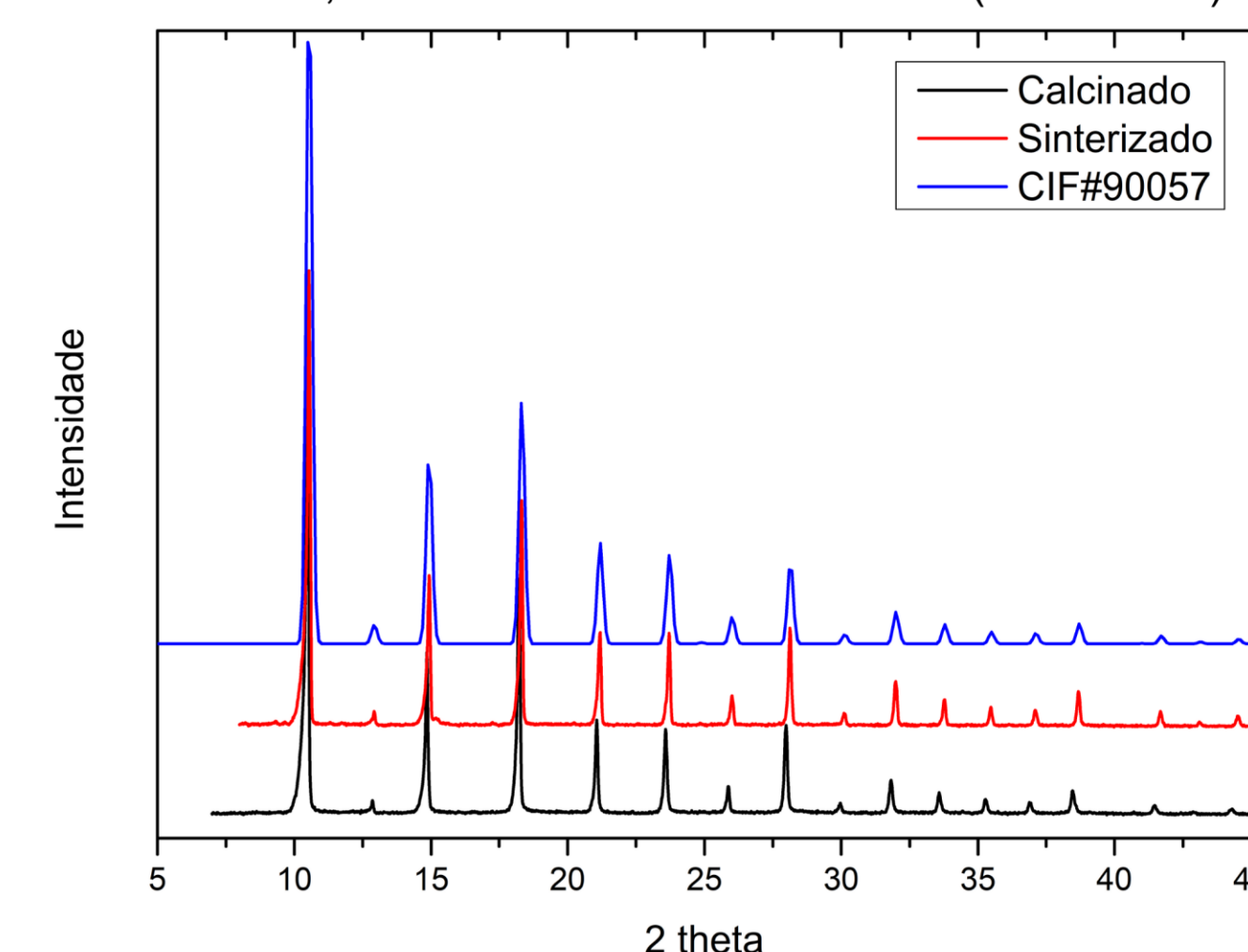
Fonte: Autoria Própria

Figura 7 – Pastilhas Finais



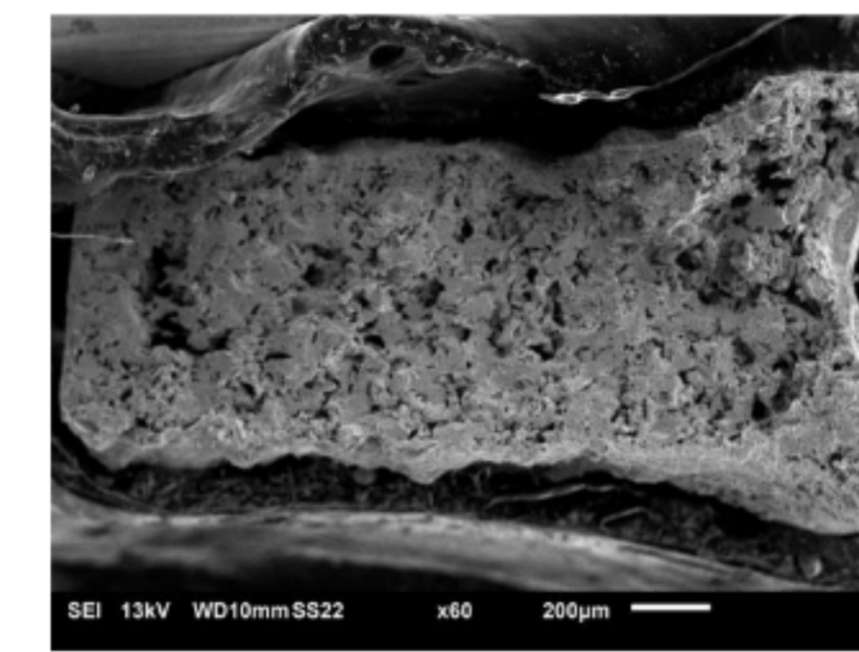
Fonte: Autoria Própria

Figura 6 – Comparação DRX de BZCYYb5311 calcinado, sinterizado e  $BaCe_{0,4}Zr_{0,6}O_3$  (CIF#90057)



Dados: Autoria Própria e (Pagnier et al., 2000) [4]

Figura 8 – MEV da pastilha



Fonte: Autoria Própria

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo realizado, pode-se concluir que o método Pechini é um excelente método para a síntese de perovskitas, permitindo um material relativamente puro sendo necessário poucas etapas de calcinação, além de ser um método consideravelmente rápido de síntese.

Contudo, observa-se nesse trabalho que ainda há desafios significativos na aplicação desse material em P-SOFCs, pois o composto apresentou problemas na sinterização. Esse comportamento reforça a necessidade de mais estudos e pesquisas na área para a identificação dos fenômenos que causam esses problemas e, a partir disso, avaliar a viabilidade do uso dessa cerâmica como eletrólito de P-SOFC.

## REFERÊNCIAS

- [1] X. Li, “Chapter One - Thermodynamic Performance of Fuel Cells and Comparison with Heat Engines”, em Advances in Fuel Cells, vol. 1, T. S. Zhao, K.-D. Kreuer, e T. Van Nguyen, Orgs., em Advances in Fuel Cell, vol. 1., Elsevier Science, 2007, p. 1–46. doi: 10.1016/S1752-301X(07)80006-8. Acesso em: 5 nov. 2025.
- [2] Nafes, A; Abdul, R. R. - Study of natural gas powered solid oxide fuel cell simulation and modeling, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/702/1/012017. Acesso em: 5 nov. 2025.
- [3] PEREIRA, Marcelo, et al.. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANO COMPÓSITO SUPERPARAMAGNÉTICO FUNCIONALIZADO COM WURTZITA POR MÉTODO SOLVOTERMA ASSISTIDO POR MICRO-ONDAS. Química: Desvendando propriedades e comportamentos da matéria (pp.74-81), 2021. DOI:10.22533/at.ed.3522112117. Acesso em: 12 nov. 2025.
- [4] T. Pagnier, I. Charrier-Cougoulic, C. Ritter, e G. Lucazeau. A neutron diffraction study of  $BaCe_{x}Zr_{1-x}O_3$ , Eur. Phys. J. AP, vol. 9, no 1, p. 1–9, jan. 2000, doi: 10.1051/epjap:2000192. Acesso em: 5 nov. 2025