

## COMPARAÇÃO DA COMBUSTÃO DO GÁS DE SÍNTESE DE POLIPROPILENO A FRIO E A 800 °C

Sarah Valle Sato, sarah.sato@ufu.br<sup>1</sup>

Marcelo B. dos Santos, marcelo.bragadossantos@ufu.br<sup>1</sup>

Solidônio R. de Carvalho, solidonio@ufu.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Avenida João Naves de Ávila, 2121 – Bloco 1M.

**Resumo.** Este trabalho tem por objetivo analisar a influência da temperatura de entrada do gás de síntese de polipropileno em sua combustão. Foram realizadas simulações no ANSYS® Fluent, que considera considerando os modelos de turbulência  $k-\omega$  SST, as leis de conservação de massa, calor e energia e o modelo de combustão de gás natural GRI-Mech 3.0., com entrada de gás a temperatura ambiente e a 800 °C. A combustão do gás com entrada a frio apresentou melhor evolução e apenas na entrada a 800 °C foi detectada a formação de NOX.

**Palavras chave:** Queimador. Gás de Síntese. Simulação. Polipropileno. Combustão

**Abstract.** This work aims to analyze the influence of the inlet temperature of the polypropylene syngas on its combustion. Simulations were carried out in ANSYS® Fluent, which considers the  $k-\omega$  SST turbulence models, the laws of conservation of mass, heat and energy and the GRI-Mech 3.0 natural gas combustion model, with gas inlet at temperature ambient and 800 °C. The combustion of the gas with a cold entry showed better evolution and only at the entry at 800 °C was the formation of NOX detected.

**Keywords:** burner, syngas, simulation, polypropylene, combustion

### 1. INTRODUÇÃO

Em 2022, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil alcançou aproximadamente 81,1 milhões de toneladas, sendo que 29,7 milhões de toneladas não recebem destinação adequada. (ABRELPE, 2022). Esse cenário representa um risco ambiental e humano. Um possível fim para alguns desses resíduos é a gaseificação e posterior utilização como combustível, em consonância com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos que tem como uma de suas metas a recuperação e aproveitamento energético por meio do tratamento térmico de 14,6% de RSU até 2040. (ABRELPE, 2022).

A gaseificação é um processo de conversão termoquímica a partir de combustíveis fósseis, biomassa e resíduos em um gás de síntese (Pessoa Filho, 2020). A combustão desse gás em um queimador, principal responsável pelo processo em caldeiras, fornos e turbinas, (Cordeiro, *et al.*, 2017;) possibilita a utilização de RSU como o polipropileno (PP) para a geração de energia.

Este trabalho tem como objetivo analisar a influência da temperatura de entrada do gás de síntese de polipropileno, por meio da comparação de simulações feitas com a entrada de gás a “frio” e a 800 °C a fim de determinar uma forma eficiente de realizar sua queima para aplicação em caldeiras.

### 2. METODOLOGIA

Para realizar a análise e comparação entre a combustão do gás de síntese de PP a “frio” e a 800 °C utilizou-se o software de simulação fluidodinâmica computacional (CFD) ANSYS® Fluent (versão 2023 R2). Os cálculos se baseiam nos modelos de Navier-Stokes para velocidade, na equação da Energia para temperatura e utiliza o modelo de turbulência SST  $k-\omega$ , padrão de configuração do ANSYS®. Para a combustão foi utilizado o modelo de combustão de gás natural GRI-Mech 3.0, que é um mecanismo de reação química detalhado e otimizado, capaz de representar as chamas e a ignição do gás natural (Smith et al. 2023).

O gás de síntese foi selecionado com base nas análises apresentadas por Pessoa Filho (2020), nas quais o polipropileno apresentou o maior Poder Calorífico Inferior (PCI), com 45.684 kJ/kg, e por isso foi escolhido para a simulação, uma vez que essa é a propriedade mais importante de um combustível para determinar a sua qualidade energética (Pessoa Filho, 2020). Ele é composto essencialmente por uma mistura de metano (CH<sub>4</sub>), eteno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propeno (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>),

propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), isobutano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), oxigênio (O<sub>2</sub>), nitrogênio (N<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Pessoa Filho, 2020). Os componentes foram adequados de acordo com os disponibilizados no GRI-Mech 3.0 com base na semelhança entre eles.

No queimador, Fig. 1 e 2, o gás entra pelo tubo frontal, indicado pela seta vermelha na Fig. 3 com vazão de 0,01 kg/s e o ar pela entrada superior, indicada pela seta azul, com uma vazão de 0,16742 kg/s, que representa 110% da vazão necessária para a reação estequiométrica da queima do gás, à temperatura ambiente (26,85 °C pelo padrão do ANSYS®).



Figura 1. Vista lateral do queimador simulado

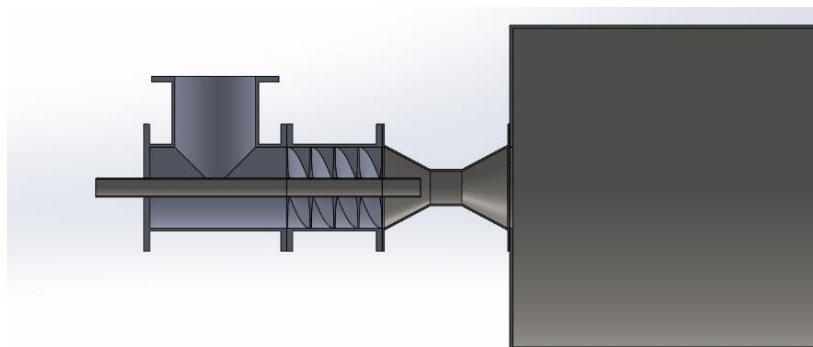


Figura 2. Vista detalhada em corte da entrada do queimador

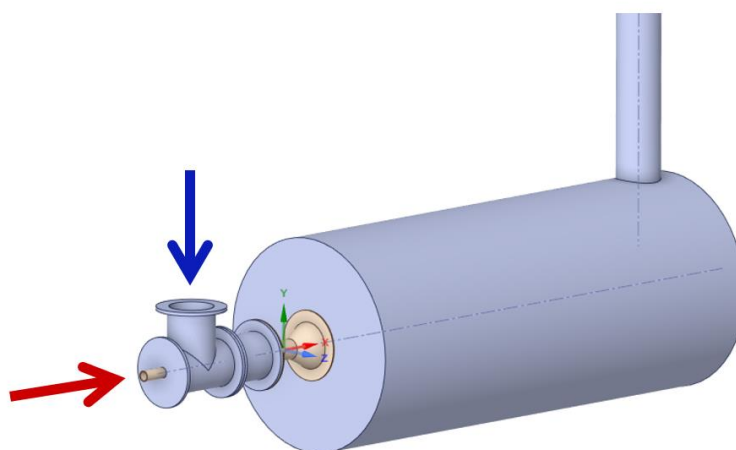


Figura 3. Representação da entrada dos gases na simulação

As simulações foram realizadas com o gás de sínteses entrando a 26,85 °C e a 600 °C.

### 3. RESULTADOS

Foram simulados 5 segundos de combustão com cada temperatura de entrada. Foram analisados a fim de comparação entre os dois casos, os mapas de temperatura, a formação de CO e de NO<sub>x</sub>.

### 3.1. Temperatura

As Fig. 4, 5 e 6 apresentam a distribuição da temperatura ao longo do volume simulado ao final dos 5 segundos de combustão da entrada de gás de síntese a frio, a 600 °C e a 800 °C, respectivamente

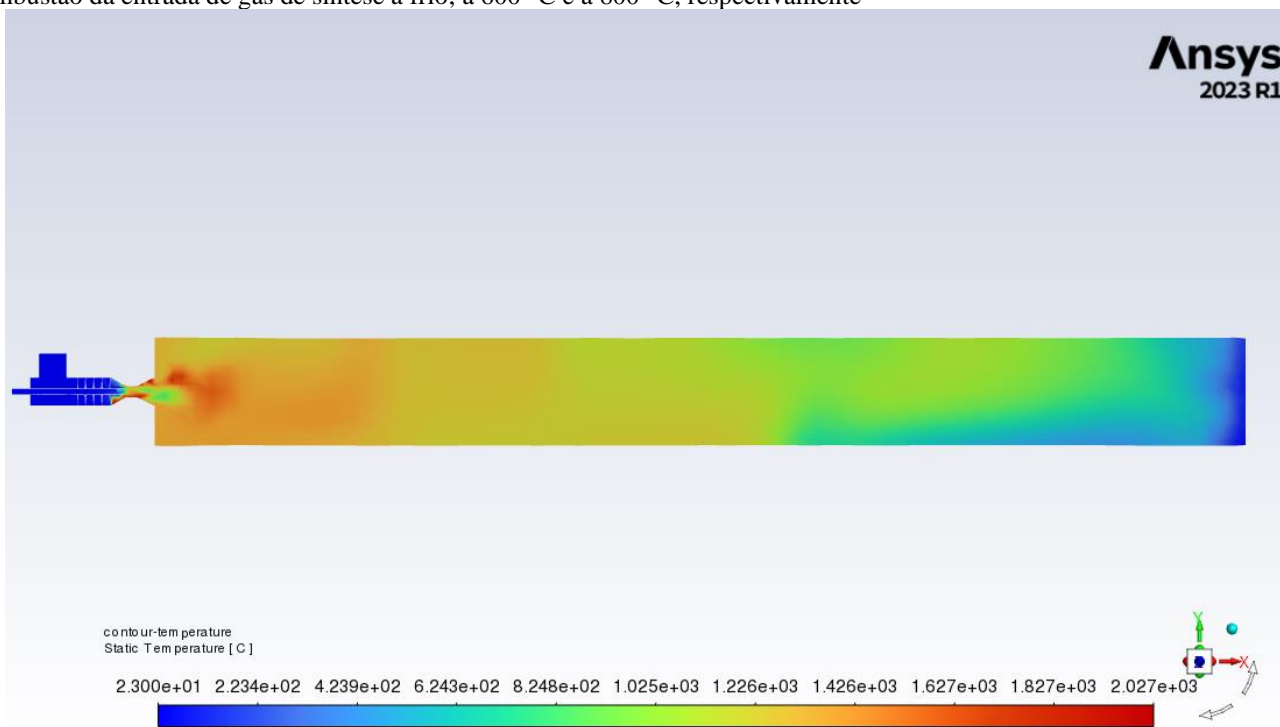


Figura 4. Mapa de temperatura com entrada do gás a frio

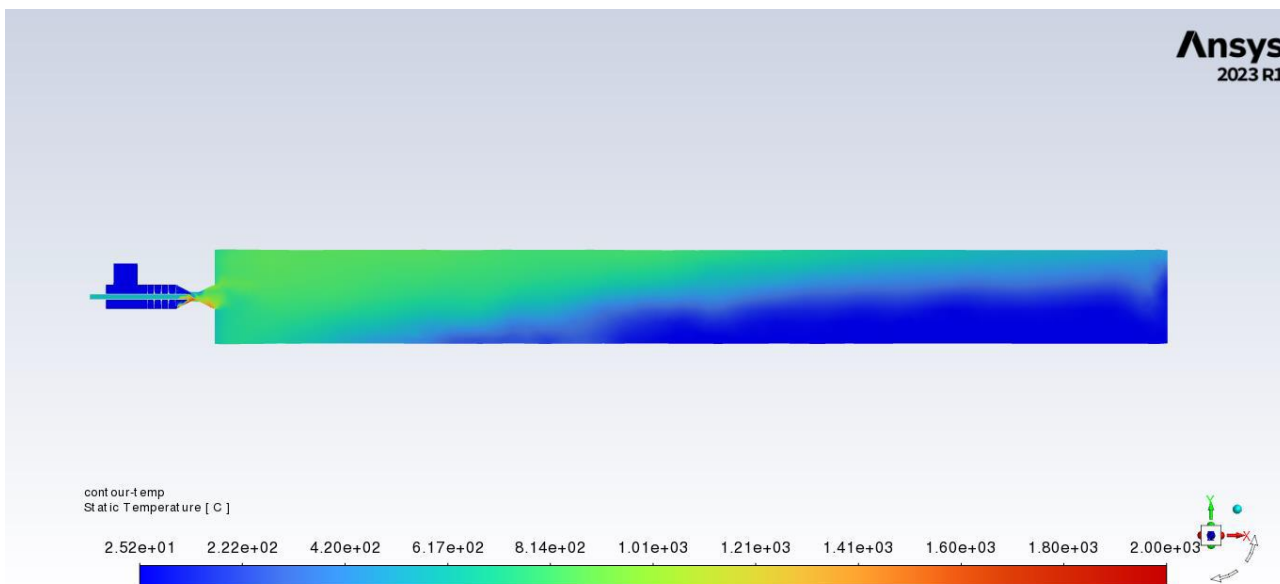


Figura 5. Mapa de temperatura com entrada do gás a 600 °C

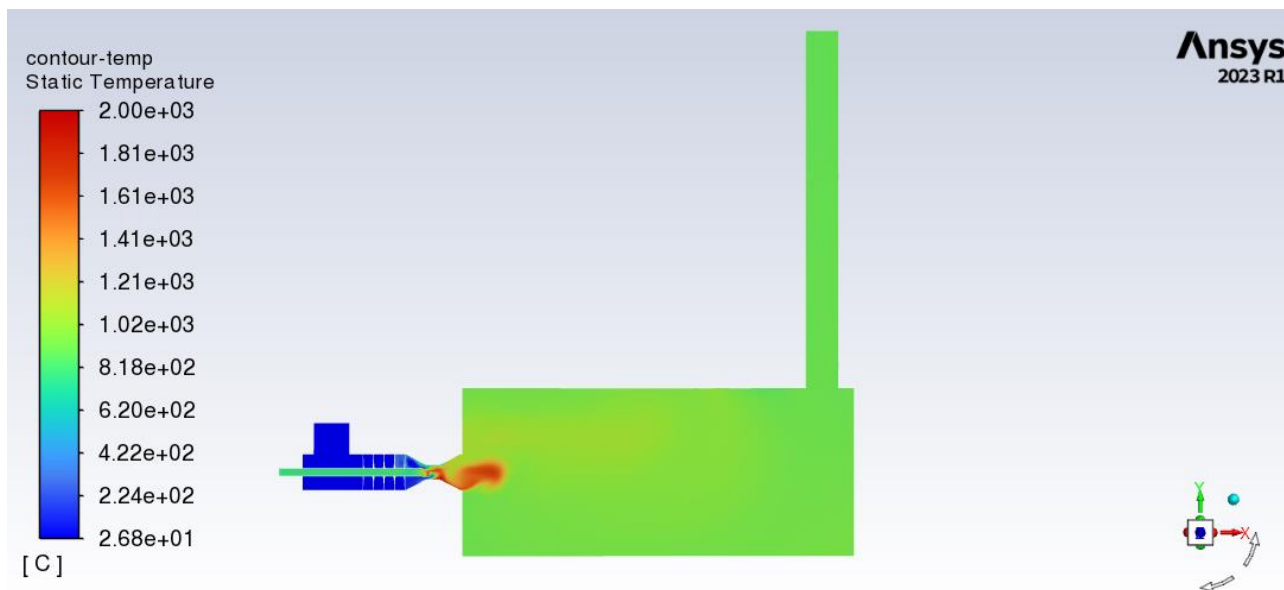


Figura 6. Mapa de temperatura com entrada do gás a 800 °C

### 3.1. Formação e Consumo de Monóxido de Carbono (CO)

As Fig. 7 e 8 mostram a formação e o consumo de CO ao final dos 5 segundos de combustão da entrada de gás de síntese a frio e a 800 °C, respectivamente.

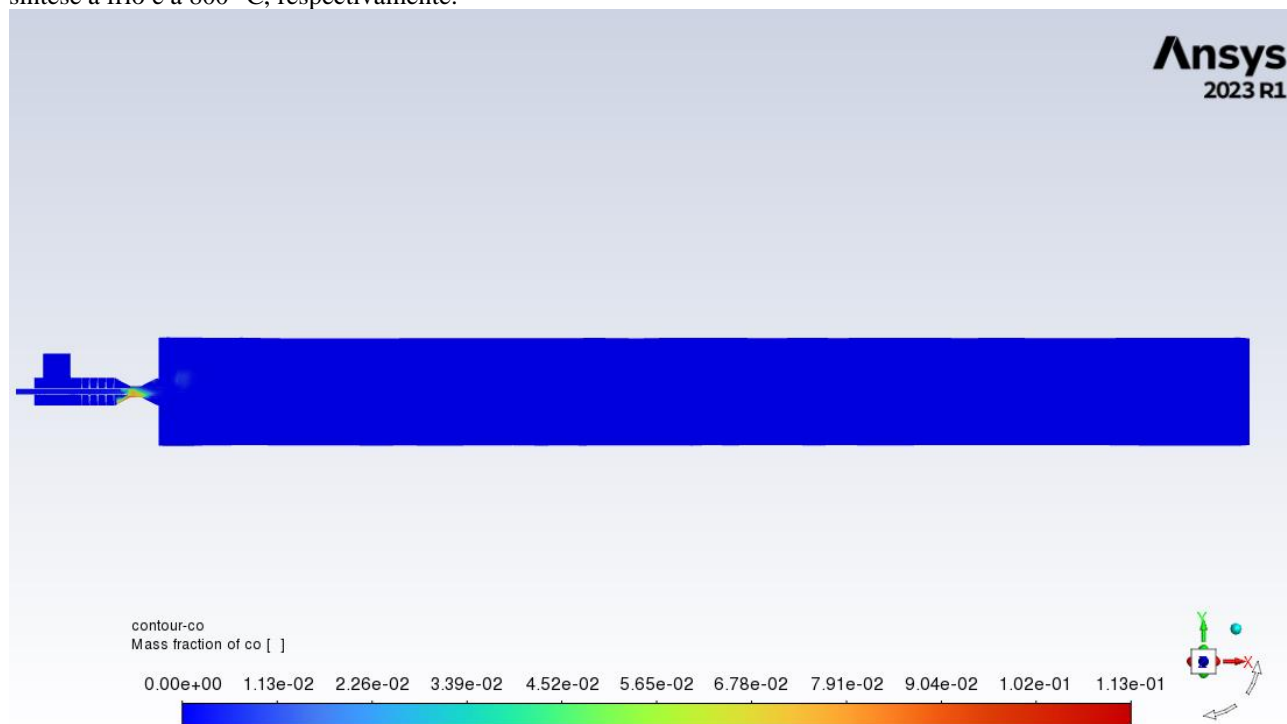


Figura 7. Mapa de fração mássica de CO com entrada do gás a frio

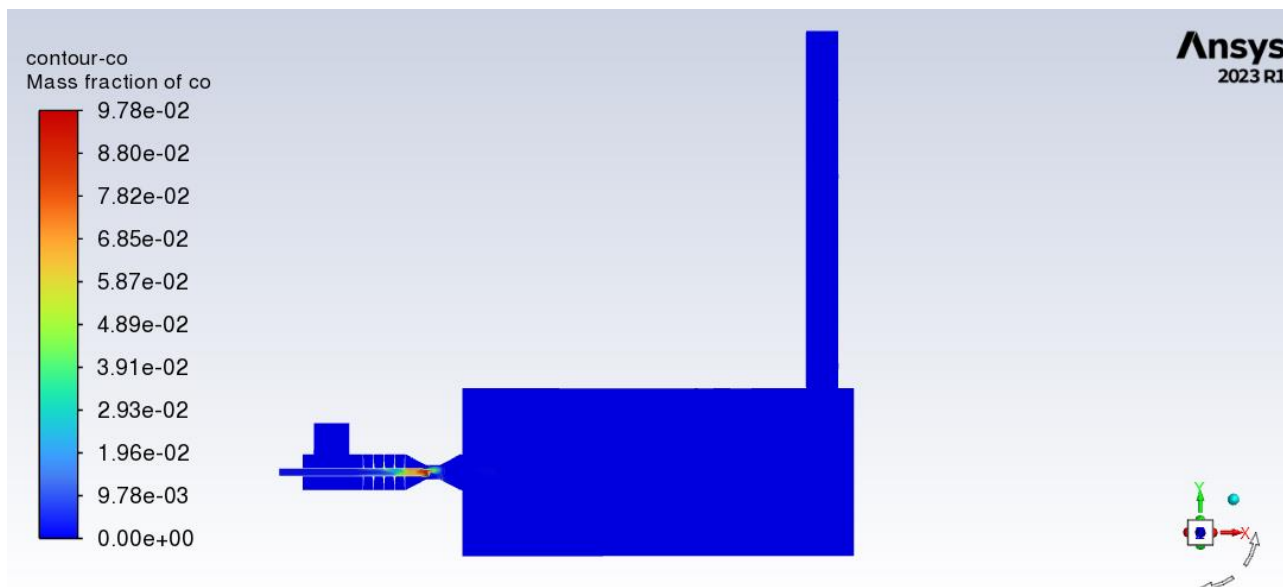


Figura 8. Mapa de fração mássica de CO com entrada do gás a 800 °C

### 3.1. Formação de Óxidos de Nitrogênio

Não foi observada formação de NO<sub>x</sub> na simulação com entrada de gás a frio. A Fig. 9 mostra a formação de NO (o único detectado pela simulação) no caso da entrada de gás a 800 °C.

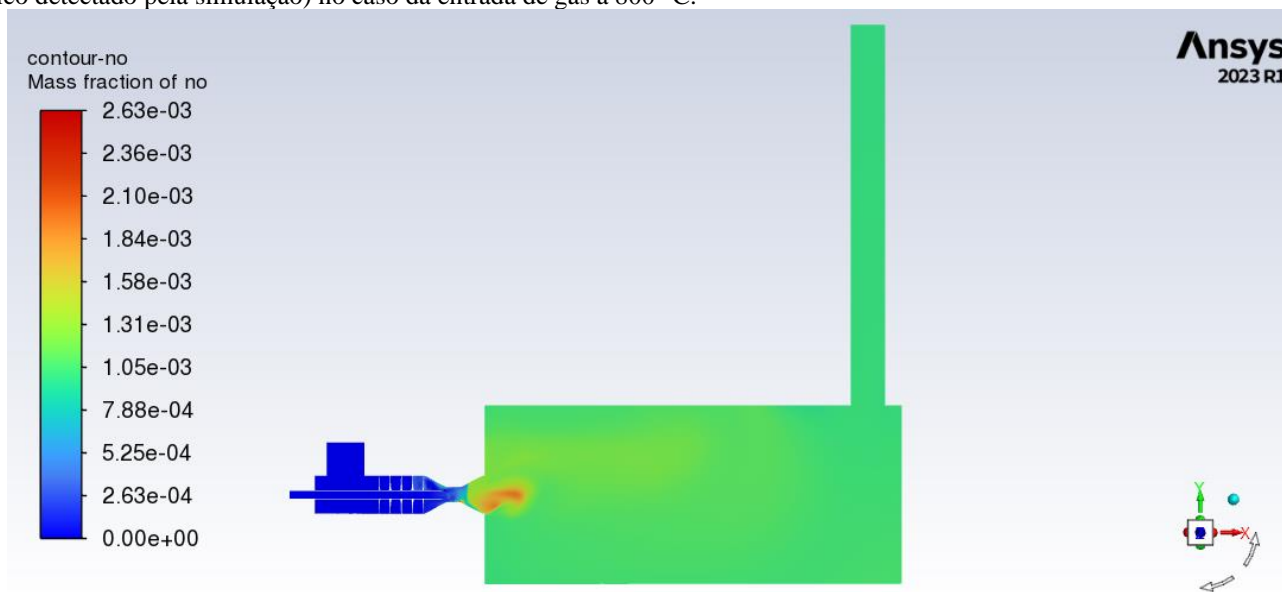


Figura 9. Mapa de fração mássica de NO com entrada do gás a frio

## 4. CONCLUSÃO

Foi possível observar que a combustão na simulação da entrada do gás a frio se desenvolveu mais rápido que nas outras entradas. Além disso, apenas a entrada de 800 °C apresentou formação de NO<sub>x</sub>. Vale ressaltar que foram simulados apenas os 5 primeiros segundos do início da combustão do gás e que o sistema não atingiu um regime estacionário, por isso o nível elevado de NO.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo amparo financeiro.

## **6. REFERÊNCIAS**

- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), 2022. “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022”. São Paulo: ABRELPE 2022.
- Cordeiro, J. de O.; Santos, A. Á. B.; Tofaneli, L. A., 2017. Análise do escoamento do biodiesel em queimadores industriais rotacionais utilizando fluidodinâmica computacional. Salvador, 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) - SENAI CIMATEC, Salvador.
- Smith, G. P., Golden, D. M., Frenklach, M., Moriarty, N. W., Eiteneer, B., Goldenberg, M., Bowman, C. T., Hanson, R. K., Song, S., Gardiner, W. C., Lissianski, V. V. e Qin, Z.. “GRI-Mech 3.0” University of California, Berkeley <<http://combustion.berkeley.edu/gri-mech/>>
- Pessoa Filho, J.S, 2020. “Tratamento Térmico Para Aproveitamento Energético de Resíduos Plásticos: Análise Experimental”. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

## **7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES**

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.