# C.02.01.A2 – Combustão e Equilíbrio Químico

Aplicação em FTAF – Finite Time Air-Fuel Otto Engine Model

Prof. C. Naaktgeboren, PhD



https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci Compiled on 2020-09-13 05h31m23s UTC







• Ar é modelado apenas como uma mistura de Oxigênio, O<sub>2</sub>, e Nitrogênio, N<sub>2</sub>;





- Ar é modelado apenas como uma mistura de Oxigênio, O2, e Nitrogênio, N2;
- A proporção é de ψ kmol de N<sub>2</sub> para cada 1 kmol de O<sub>2</sub>;







- Ar é modelado apenas como uma mistura de Oxigênio, O2, e Nitrogênio, N2;
- A proporção é de ψ kmol de N<sub>2</sub> para cada 1 kmol de O<sub>2</sub>;
- Nitrogênio será considerado gás inerte;





- Ar é modelado apenas como uma mistura de Oxigênio, O<sub>2</sub>, e Nitrogênio, N<sub>2</sub>;
- A proporção é de ψ kmol de N<sub>2</sub> para cada 1 kmol de O<sub>2</sub>;
- Nitrogênio será considerado gás inerte;
- Todos os demais gases inertes são modelados como sendo N<sub>2</sub>;





- Ar é modelado apenas como uma mistura de Oxigênio, O2, e Nitrogênio, N2;
- A proporção é de ψ kmol de N<sub>2</sub> para cada 1 kmol de O<sub>2</sub>;
- Nitrogênio será considerado gás inerte;
- Todos os demais gases inertes são modelados como sendo N<sub>2</sub>;
- Valor típico para  $\psi$  é de  $79/21 \approx 3,76$ .





• Molécula de combustível modelada como  $Cn_CHn_HOn_ONn_N$ ;





- Molécula de combustível modelada como Cn<sub>C</sub>Hn<sub>H</sub>On<sub>O</sub>Nn<sub>N</sub>;
- Valores  $n_{\rm C}$ ,  $n_{\rm H}$ ,  $n_{\rm O}$ , e  $n_{\rm N}$  são parâmetros ajustáveis;





- Molécula de combustível modelada como Cn<sub>C</sub>Hn<sub>H</sub>On<sub>O</sub>Nn<sub>N</sub>;
- Valores  $n_{\rm C}$ ,  $n_{\rm H}$ ,  $n_{\rm O}$ , e  $n_{\rm N}$  são parâmetros ajustáveis;
- Seja  $\varepsilon$  a quantidade de combustível por kmol de  $O_2$  estequiometricamente oxidada;





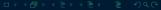


- Molécula de combustível modelada como Cn<sub>C</sub>Hn<sub>H</sub>On<sub>O</sub>Nn<sub>N</sub>;
- Valores  $n_{\rm C}$ ,  $n_{\rm H}$ ,  $n_{\rm O}$ , e  $n_{\rm N}$  são parâmetros ajustáveis;
- Seja  $\varepsilon$  a quantidade de combustível por kmol de  $O_2$  estequiometricamente oxidada;

$$\varepsilon^{-1} \equiv n_{\rm C} + \frac{n_{\rm H}}{4} - \frac{n_{\rm O}}{2}.$$







- Molécula de combustível modelada como Cn<sub>C</sub>Hn<sub>H</sub>On<sub>O</sub>Nn<sub>N</sub>;
- Valores  $n_{\rm C}$ ,  $n_{\rm H}$ ,  $n_{\rm O}$ , e  $n_{\rm N}$  são parâmetros ajustáveis;
- Seja  $\varepsilon$  a quantidade de combustível por kmol de  $O_2$  estequiometricamente oxidada;

$$\varepsilon^{-1} \equiv n_{\rm C} + \frac{n_{\rm H}}{4} - \frac{n_{\rm O}}{2}.$$

•  $\varepsilon/(1+\psi)$  é a razão combustível-ar estequiométrica.





• Seja • a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:





• Seja • a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_{\rm f}/n_{\rm air}}{\epsilon/(1+\psi)},$$
 assim,





• Seja • a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_{\rm f}/n_{\rm air}}{\epsilon/(1+\psi)}, \quad {\rm assim},$$

•  $\phi$  < 1 modela misturas combustível-ar com excesso de ar (pobre em combustível);





• Seja o a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_{\rm f}/n_{\rm air}}{\epsilon/(1+\psi)}, \quad {
m assim},$$

- $\phi$  < 1 modela misturas combustível-ar com excesso de ar (pobre em combustível);
- $\phi > 1$  modela misturas combustível-ar com excesso de combustível (pobre em ar); e





• Seja o a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_{\rm f}/n_{\rm air}}{\epsilon/(1+\psi)}, \quad {
m assim},$$

- $\phi$  < 1 modela misturas combustível-ar com excesso de ar (pobre em combustível);
- $\phi > 1$  modela misturas combustível-ar com excesso de combustível (pobre em ar); e
- $\phi = 1$  modela misturas combustível-ar estequiométricas.

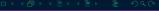




• Quantidades químicas reais de ar e combustível são  $n_{air}$  e  $n_{f}$  ...







- Quantidades químicas reais de ar e combustível são  $n_{air}$  e  $n_f$  ...
- ... na câmara de combustão fechada ao final da admissão, assumindo  $(P_0, V_0, T_0)$







- Quantidades químicas reais de ar e combustível são  $n_{air}$  e  $n_f$  ...
- ... na câmara de combustão fechada ao final da admissão, assumindo  $(P_0, V_0, T_0)$
- com  $P_0 \leqslant P_{\text{atm}}$ ,  $T_0 \approx T_{\text{atm}}$ , para motores aspirados e  $V_0 \approx V_{\text{PMI}}$ . Assim:







- Quantidades químicas reais de ar e combustível são  $n_{air}$  e  $n_f$  ...
- ... na câmara de combustão fechada ao final da admissão, assumindo  $(P_0, V_0, T_0)$
- com  $P_0 \leqslant P_{\text{atm}}$ ,  $T_0 \approx T_{\text{atm}}$ , para motores aspirados e  $V_0 \approx V_{\text{PMI}}$ . Assim:

$$n_{\rm f} = \frac{P_0 V_0}{\bar{R} T_0} \cdot \frac{\Phi \varepsilon}{1 + \psi + \Phi \varepsilon},$$





- Quantidades químicas reais de ar e combustível são  $n_{air}$  e  $n_f$  ...
- ... na câmara de combustão fechada ao final da admissão, assumindo  $(P_0, V_0, T_0)$
- com  $P_0 \leqslant P_{\text{atm}}$ ,  $T_0 \approx T_{\text{atm}}$ , para motores aspirados e  $V_0 \approx V_{\text{PMI}}$ . Assim:

$$n_{\rm f} = \frac{P_0 V_0}{\bar{R} T_0} \cdot \frac{\Phi \varepsilon}{1 + \psi + \Phi \varepsilon},$$

$$n_{\rm air} = \frac{P_0 V_0}{\bar{R} T_0} \cdot \frac{1 + \psi}{1 + \psi + \phi \varepsilon}.$$





