

## Referências Bibliográficas

Abd Alla, G. H.; Soliman, H. A.; Badr, O. A.; Abd Rabbo, M. F. **Effect of injection timing on the performance of a dual fuel engine.** Energy Conversion and Management, v.43, Issue 2, p. 269-277, 2002.

Abu-Qudais, M., Haddad, O.; Qudaisat, M. **The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions.** Energy Conversion & Management, v.11, p. 389-399, 2000.

ABNT NBR 1585. **Veículos rodoviários – Código de ensaio de motores – Potência líquida efetiva.** Rio de Janeiro, 1996.

ABNT 5992. **Álcool etílico e suas misturas com água – Determinação da massa específica e do teor alcoólico - Método do densímetro de vidro.** Rio de Janeiro, 2009.

Adelman, H. G.; Pefley, R. K. **Utilization of pure alcohol fuels in a diesel engine by spark ignition.** In: IV International symposium on alcohol fuels, São Paulo, Brazil, 1980.

Ajav, E. A.; Bachchan Singh, T. K.; Bhattacharya. **Performance of a stationary diesel engine using vaporized ethanol as supplementary fuel.** Biomass and Bioenergy, v.15, Issue 6, p. 493-502, 1998.

Alperstein, M.; Swin, W. B.; Schweitzer, P. H. **Fumigation kills smoke, improves Diesel performance,** SAE Trans., v. 66, 1958.

American Petroleum Institute (API). **Alcohols and ethers,** n. 4261, 3rd ed., 2001.

Assanis, D. N.; Filipi, Z. S.; Fiveland, S. B.; Syrimis M. **A predictive ignition delay correlation under steady-state and transient operation of a direct injection diesel engine.** Transaction of the ASME, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2003, v.125 (2), p. 450-457.

Associação Brasileira das Empresas de Transporte Terrestre de Passageiros (ABRATI). **Ônibus a etanol começa a rodar em São Paulo**, n. 51, p. 22-26, dez. 2007. Disponível em:

<http://www.atontecnologia.com.br/clientes/abratibanco/arquivos/revista/revista51.pdf>. Acesso em 2007.

Banco nacional do Desenvolvimento (BNDES). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento Sustentável**. Organização BNDES e CGEE, Rio de Janeiro, 2008.

Badr, O.; Karim, G. A.; Liu, B. **An Examination of the flame spread limits in a dual fuel engine.** Applied Thermal Engineering, 19, p. 1071-1080, 1999.

Baranescu, R. A. **Fumigation of alcohol in a Diesel engine.** In: SAE International OFF-Highway Meeting and Exposition, 1980.

Baranescu, R. A. **Fumigation of alcohols in a multicylinder Diesel engine.** SAE Paper No. 860308.

Balanço Energético Nacional (BEN). **Balanço de Energia, Ano Base 2009.** Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2010.aspx>. Acesso em jan. 2011.

Broukhiyan, E. M. H.; Lestz, S. S. **Ethanol fumigation of a light duty automotive Diesel engine**, SAE Paper 811209.

Can, Ö.; Çelikten, I.; Usta, N. **Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection Diesel engine running at**

**different injection pressures;** Energy Conversion and Management, v.45, p. 2429-2440, 2004.

Cipolat, D.; Lane, N. W.; Jawurek, H. H.; Rallis, C. J. **Performance comparisons of alcohol-based fuel systems in a dual-injection compression-ignition engine.** In: VII International Symposium on Alcohol Fuels, Paris, France, 1986.

Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro (CEG). **Composição Química e Física do Gás Natural**, 2004.

Chen, J.; Gussert, D.; Gao, X.; Gupta, C.; Foster, D. **Ethanol fumigation of a turbocharged Diesel engine**, SAE Paper No. 810680.

Daisho, Y.; Yaeo, T.; Koseki, T.; Saito, T.; Kihara, R.; Quiros, E. **Combustion and Exhaust Emissions in a Direct-injection Diesel Engine Dual-Fueled with Natural Gas**. SAE Paper No. 950465.

Da Silva, E. J. **Equilíbrio líquido – líquido em misturas de hidrocarbonetos + álcoois: Comportamento de fases e desenvolvimento de aditivos para aumentar a miscibilidade em misturas óleo diesel + etanol**. Tese de Dourado, Departamento de Físico–Química, Campinas, São Paulo, 2005.

De Caro, S.; Moulongui, Z.; Vaitilingom, G.; Berse, J. Ch. **Interest of combining an additive with diesel-ethanol blends for use in Diesel engines**. Fuel, v.80, p. 565-574, 2001.

Dietrich, W.; Anisits, F.; Hiemesch, O. **Investigations and results with MWM pilot-ignition ethanol combustion system**. In: IV International Symposium on Alcohol Fuels, São Paulo, Brazil, 1980.

Ding, X.; Hill, P. **Emissions and fuel economy of a prechamber diesel engine with natural gas dual fuelling**. SAE Paper No. 860069.

Douville, B. **Performance, emission and combustion characteristics of natural gas fuelling of diesel engines.** Dissertation, University of British Columbia, Vancouver, B. C., 1994.

Ecklund, E. E.; Betchtold, R. L.; Timbario, T. J.; McCallum, P. W. **State-of-the-art report on the use of alcohols in Diesel engines**, SAE Paper No. 840118.

Egúsquiza, J. C. E. **Redução das Emissões em Motores Diesel-gás.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica; PUC-Rio; Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

Egúsquiza, J. C. C.; Braga, S. L.; Braga, C. V. M. **Performance and gaseous emissions characteristics of a natural gas/diesel dual fuel turbocharged and aftercooled engine.** ABCM, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng., v. XXXI, n. 2, pp. 142-150, 2009.

Elliott, M. A. and Davis, R. F. **Dual fuel combustion in diesel engine.** Ind. and Eng. Chem., v. 43, n. 12, pp. 2854-2864, 1951.

Gao, X., Chen, J., Ye, Z., Foster, D. & Borman, G, 1983. **Ignition delay and heat release analysis of an ethanol fumigated diesel engines.** ASME 83, DGP-1, p. 321–329, 1983.

Gupta, H. N. **Fundamental of internal combustion engines.** Prentice – Hall of India, New Delhi, 2006.

Hayes, T. K.; Savage, L. D.; White, R. A.; Sorenson, S. C. **The effect of fumigation of different ethanol proofs on a turbocharged diesel engine.** SAE Paper, No. 880497.

Hansen, A. C.; Lyne, P. W. L.; Zhang, Q. **Ethanol – diesel blends: a step towards a bio-based fuel diesel engines.** In: ASAE Annual International Meeting, California, USA, 2001.

Hardenberg, H. O.; Schaefer, A. J. **The use of ethanol as a fuel for compression ignition engines.** SAE Paper No. 811211.

Heisey, J. B.; Lestz, S. S. **Aqueous alcohol fumigation of a single-cylinder Diesel engine.** SAE Paper No. 811208.

Henein, N. A.; Patterson, D. J. **Emissions from combustion engines and their control.** Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI, 1972.

Heywood, J. B. **Internal combustion engine fundamentals.** Ed. McGraw-Hill, 1988.

Hill, P. G.; Douville, B. **Analysis of combustion in diesel engines fuelled by directly injected natural gas.** ASME Paper No. ICE 30-3, 1998.

International Energy Agency (IEA). **Statistics & Balances.** Disponível em:  
<http://www.iea.org/stats/index.asp>. Acesso em jan. 2011.

Jóvaj, M. S. **Motores de Automóvil.** Ed. Mir, Moscu, Rusia, 1982.

Karim, G. A.; Burn, K. S. **The combustion of gaseous fuels in dual fuel engine of the compression ignition type with particular reference to cold intake temperature conditions.** SAE Paper No. 800263.

Karim, G. A. **A Review of Combustion Processes in the Dual Fuel Engine - The Gas Diesel Engine.** Prog. Energy Combust. Sci, v.6, p. 277-285, 1980.

Karim, G. A.; Kibriya, M. G.; Lapucha, R.; Wierzba, I. **Examination of the combustion of a fuel jet in a homogeneously pre-mixed lean fuel-air stream.** SAE Paper No. 881662.

Karim, G. A. **An Examination of some measures for improving the performance of gas fuelled diesel engines at light load.** SAE Paper No. 912366.

Karim, G. A.; Gao, J. **A predictive model for knock in spark ignition engines.** SAE Paper No. 922366.

Karim, G. A.; Liu, Z.; Jones, W. **Exhaust Emissions from dual fuel engines at light load.** SAE Paper No. 932822.

Karim, G. A. **Combustion in gas fueled compression: ignition engines of the dual fuel type.** ASME J. Eng. Gas Turbines Power, 125, pp. 827–836, 2003.

Katrašnik, T.; Trenc, F., Oprešnik, S. R. **A new criterion to determine the start of combustion in diesel engine.** ASME J. Eng. Gas Turbines Power, 128, pp. 928–933, 2006.

Khalil, E. B.; Karim, G. A. **A Kinetic investigation of the role of changes in composition of natural gas in engine applications.** ASME J. Eng. Gas Turbines and Power, 124, pp. 404–411, 2002.

Lawson, A.; Last, A. J.; Desphande, A. S.; Simmons, E. W. **Heavy – duty truck diesel engine operation on unstabilized methanol/diesel fuel emulsions.** SAE Paper No. 810346.

Liu, Z. **An examination of the combustion characteristics of compression ignition engines fuelled with gaseous fuels.** Ph.D. Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Calgary, Alberta, Canada, 1995.

Liu, Z.; Karim, G. A. **Simulation of the combustion processes in gas fuelled diesel engines.** Proceedings – Inst. of Mech. Engineers, J. of Power and Energy, 211, p. 159–171, 1997.

Lida, N.; Nakamura, M.; Ohashi, H. **Study of diesel spray combustion in an ambient gas containing hydrocarbon using a rapid compression machine.** SAE Paper No. 970899.

Majewsky, W. A.; Khair, M. K. **Diesel emissions and their control.** Ed. SAE International, 2006.

Meiring, P.; Allan, R. S.; Hansen, A. C.; Lyne, P. W. L. **Tractor performance and durability with ethanol-diesel fuel.** Trans. ASAE, 25, 59, 1983.

Moreira, J. R. **Uso de etanol em motores Diesel – projeto BEST no Brasil.** In: 1º Seminário sobre Aquecimento Global em Cidades, Curitiba, Brasil, 2008.

MWM INTERNATIONAL Motores (MWM). **Apostila de treinamento MWM Série 10.** Disponível em: <http://www.mwm.com.br>. Acesso em jan. 2008.

Moses, C. A. **Engine experiments with alcohol/diesel fuel blends;** In: Third International Symposium on Alcohol Fuels Technology, Asylomar, California, USA, 1979.

Nwafor, O. M. **Effect of advanced injection timing on the performance of natural gas in diesel engines.** Sadhana, v.25, Parte 1, p. 11–20, 2000.

Panosyan, L. **Impact of vehicle exhaust emitted by the combustion of biofuels on human health.** Dissertation, Environmental Science, Halmstad University, 2010.

Pirouzpanah, V. ; Saray, R. **Improvement of performance and emissions of a dual fuel engine at part loads by using intake air throttling and egr.** Proceeding of the Second International Conference on ICE, Tehran, Iran, 2002.

Pischinger, F.; Havenith C. **The suitability of different alcohol-fuels for diesel engines by using the direct-injection method.** In: IV International Symposium on Alcohol Fuels Technology, 1980, São Paulo, Brazil.

Reis, A. **Investigação experimental do desempenho de motores do ciclo diesel com etanol hidratado no modo duplo combustível.** Dissertação de Mestrado; Departamento de Engenharia Mecânica; Universidade de Brasília; Brasília, Brasil, 2004.

Rolf, H. **The Scania ethanol story – 25 years of experience in sustainable transport.** In: XVI International Symposium on Alcohol Fuels, Rio de Janeiro, Brazil, 2007.

Ryan, T. W.; Storment, J. O.; Wright, B. R.; Waytulonis, R. W. **The effects of fuel properties and composition on diesel engine exhaust emissions,** SAE Paper No. 810953.

Selim, M. Y. E. **Effect on exhaust gas recirculation on some combustion characteristics of dual fuel engine.** Energy Conversion and Management, v.44, p. 707–721, 2003.

Selim, M. Y. E. **Sensitivity of dual fuel engine combustion and knocking limits to gaseous fuel composition.** Energy Conversion and Management, v.45, Issue 3, p. 411-425, 2004.

Schaberg, P. W.; Priede, T.; Dutkiewicz, R. K. **Effects of a Rapid Pressure Rise on Engine Vibration and Noise.** SAE Paper No. 900013.

Schroeder, A. R.; Savage, L. D.; White, R. A.; Sorenson S. C. **The effect of diesel injection timing on a turbocharged diesel engine fumigated with ethanol.** SAE Paper No. 880496.

Siebers, D. L.; Edwards, C. F. **Autoignition of methanol and ethanol sprays under Diesel engine conditions.** SAE Paper No. 870588.

Srinivasan, K. K.; Krishnan S. R.; Singh, S.; Midkiff, S. K. C.; Bell, S. R.; Gong, W.; Fiveland, S. B.; Willi, M. **The advanced injection low pilot ignited natural gas engine: a combustion analysis.** ASME J. Eng. Gas Turbines Power, v. 128, p. 213–218, 2006.

Strait, J.; Boedicker, J. J.; Johansen, K. C. **Diesel oil and ethanol mixtures for diesel-powered farm tractors.** SAE Paper No. 790958.

Stone, R. **Introduction to internal combustion engines.** SAE International, 2a ed., 1992.

Suiyama, H. **Utilization of alcohol as fuel in Diesel engines.** In: IV International Symposium on Alcohol Fuels Technology, São Paulo, Brazil, 1980.

Syrimis, M.; Shigahara, K.; Assanis, D. N. **Correlation between knock intensity and heat transfer under light and heavy knock conditions in a spark-ignition engine.** SAE Paper No. 960495.

Taylor, C. F. **The internal combustion engine in theory and practice,** v. 2, 2a ed, M.I.T. Press, 1985.

Taylor, B. N.; Kuyatt, C. E. **Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of nist measurement results.** NIST Technical Note 1297, 1993.

Turner, S. H.; Wearer, C. S. **Dual fuel natural gas / diesel engines.** Gas Research Institute, No. GRI-94/0094, 1994.

Tesarek, H. **Investigations concerning the employment possibilities of the diesel – gas process for reducing exhaust emissions, especially soot (particulate matters).** SAE Paper No. 750158.

Ullman, T. L.; Hare, C. T. **Emission characterization of an alcohol/diesel-pilot fueled compression-ignition engine and its heavy - duty Diesel counterpart.** Prepared for the U. S. Environmental Protection Agency, Michigan, 1981.

União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA). Disponível em:  
<http://www.unica.com.br/noticias/>. Acesso em jan. 2011.

Valor Econômico. **Dependência em derivados leva importação a US\$ 15 bi.**  
Disponível em: <http://www.valoronline.com.br/impresso/primeira-pagina/3021/367195/dependencia-em-derivados-leva-importacao-a-us-15-bi>  
Acesso em 12 jan. 2011.

Waterland, L. R.; Venkatesh, S.; Unanasch, S. **Safety and performance assessment of ethanol/diesel blends (E-Diesel).** National Renewable Energy Laboratory – Department of Energy, CA – USA, 2003, p. 48. Disponível em:  
<http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/pdfs/34817.pdf>. Acesso em 07 nov. 2009.

Wylen, G. J. ; Sonntag, R. E. **Fundamentos da termodinâmica clássica.** Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, SP, 1995.

Wierzba, P.; Karim, G. A.; Wierzba, I. **An analytical examination of the combustion of a turbulent fuel in an environment containing premixed fuel or a diluent and air.** ASME J. Energy Resour. Technol., 117, pp. 234-239, 1992.

Wrage, K. E.; Goering, C. E. **Technical feasibility of Diesohol.** Trans. ASAE, n. 79-1052, 1979.

## Apêndice I – Propriedades termofísicas

Tabela AI – Propriedades termofísicas do ar, metano e etanol (15 °C e 1 atm)

Propriedades	Unid.	Ar	Metano*	Etanol*
Massa molar	kg/kmol	28,97	16,04	46,07
Densidade	kg/m <sup>3</sup>	1,2	0,651	789
Calor específico a pressão cte., $c_p$	kJ/kg.K	1	2,22	2,39
Calor específico a volume cte., $c_v$	kJ/kg.K	0,718	1,7	-
Relação de calores específicos	-	1,4	1,308	26,7
Condutividade térmica	W/m.K	26,240	33,2	
Calor latente de vaporização	kJ/kg	-	-	903
Constante do gás ou vapor ideal	kJ/kg.K	0,287	0,518	-
Viscosidade absoluta	N.s/m <sup>2</sup>	0,01846x10 <sup>-3</sup>	0,0110x10 <sup>-3</sup>	1,9 x10 <sup>-3</sup>
Relação ideal ar – combustível	kg/kg	-	17,2	9,07
Limites flamabilidade, vol.	%	-	5,3-15	4,3-19
Poder calorífico inferior	kJ/kg	-	~48	26,75

\*Principais componentes dos combustíveis utilizados nos ensaios (API, 2001).

## Apêndice II – Vazão de ar úmido

São apresentadas as variáveis relacionadas aos fatores de correção da viscosidade, temperatura e densidade, necessárias ao cálculo da vazão volumétrica do ar úmido (capítulo 4, equação 2).

O fator da viscosidade dinâmica,  $\left(\frac{\mu_r}{\mu_{ar,u}}\right)$ , é dado por:

$$\left(\frac{\mu_r}{\mu_{ar,u}}\right) = \frac{1,84 \times 10^{-5}}{\mu_{ar,u}} \quad (\text{II-1})$$

onde  $\mu_r$  é a viscosidade dinâmica do ar seco às condições atmosféricas de referência ( $25^\circ\text{C}$  e  $1\text{ atm}$ ) e  $\mu_{ar,u}$  é a viscosidade dinâmica do ar úmido determinada através de:

$$\mu_{ar,u} = \frac{\mu_w}{1 + \frac{Y_{ar,s}}{Y_w} \cdot \frac{\left[1 + \left(\frac{\mu_w}{\mu_{ar,s}}\right)^{1/2} \left(\frac{M_w}{M_{ar,s}}\right)^{1/4}\right]^2}{2,83 \left[1 + \frac{M_w}{M_{ar,s}}\right]^{1/2}}} + \frac{\mu_{ar,s}}{1 + \frac{Y_w}{Y_{ar,s}} \cdot \frac{\left[1 + \left(\frac{\mu_{ar,s}}{\mu_w}\right)^{1/2} \left(\frac{M_{ar,s}}{M_w}\right)^{1/4}\right]^2}{2,83 \left[1 + \frac{M_{ar,s}}{M_w}\right]^{1/2}}} \quad (\text{II-2})$$

sendo que  $\mu_w$  e  $\mu_{ar,s}$  representam a viscosidade do vapor de água e do ar seco; e  $Y_w$  e  $Y_{ar,s}$  são as frações molares da água e do ar seco;  $M_w$  e  $M_{ar,s}$  representam as massas molares da água e do ar seco. Para o cálculo de  $\mu_w$  é utilizada a seguinte relação (Fox, 2006):

$$\mu_w = A \cdot e^{\frac{B}{(T_{amb} - C)}} \quad (\text{II-3})$$

onde  $T_{amb}$  é a temperatura do ar atmosférico na sala de ensaios; A, B e C são constantes equivalentes a  $2,414 \cdot 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$ ,  $247,8 \text{ K}$  e  $140 \text{ K}$ , respectivamente. Já no cálculo de  $\mu_{ar,s}$  foi utilizada a correlação empírica de Sutherland (Fox, 1985):

$$\mu_{ar,s} = \frac{b_{ar,s} \cdot T_{amb}^{3/2}}{S_{ar,s} + T_{amb}} \quad (\text{II-4})$$

onde as constantes  $b_{ar,s} = 1,458 \times 10^{-6} \text{ kg/m.s.K}^{1/2}$  e  $S_{ar,s} = 110,4 \text{ K}$ .

A fração molar do ar seco, da equação (II-2), é calculada através da seguinte relação:

$$Y_{ar,s} = \frac{p_{ar,s}}{p_{ar,u}} \quad (\text{II-5})$$

sendo que  $p_{ar,s}$ ,  $p_{ar,u}$  correspondem à pressão do ar seco e pressão do ar úmido, respectivamente. A fração de vapor de água, consequentemente, é determinada da seguinte maneira:

$$Y_w = 1 - Y_{ar,s} \quad (\text{II-6})$$

Por outro lado, as expressões usadas para determinar os fatores de correção da temperatura,  $\left(\frac{T_r}{T_{ar,u}}\right)$ , e pressão,  $\left(\frac{p_{ar,u}}{p_r}\right)$ , são:

$$\left(\frac{T_r}{T_{ar,u}}\right) = \frac{298,15}{T_{ar,u}} \quad (\text{II-7})$$

e

$$\left(\frac{p_{ar,u}}{p_r}\right) = \frac{p_{ar,u}}{101,325} \quad (\text{II-8})$$

onde  $T_r$  e  $p_r$  equivalem à temperatura e pressão do ar seco às condições atmosféricas de referência, enquanto  $T_{ar,u} = T_{amb}$  e  $p_{ar,u}$  é a pressão do ar úmido medida para cada condição de ensaio.

Finalmente, o fator de correção da densidade,  $\left(\frac{\rho_{ar,u}}{\rho_r}\right)$ , é dada por:

$$\left(\frac{\rho_{ar,u}}{\rho_r}\right) = \frac{\rho_{ar,u}}{1,19} \quad (\text{II-9})$$

onde  $\rho_r$  é a massa específica do ar seco nas condições de referência.

Para determinar a densidade do ar úmido,  $\rho_{ar,u}$ , é usada a seguinte expressão:

$$\rho_{ar,u} = \frac{P_{ar,u}}{R_{ar,u} \cdot (273,15 + T_{ar,u})} \quad (\text{II-10})$$

O valor de  $R_{ar,u}$ , corrigido através da umidade absoluta,  $\omega$ , é dada por:

$$R_{ar,u} = \frac{R_{ar,s} + R_w \cdot \omega}{1 + \omega} \quad (\text{II-11})$$

sendo  $R_{ar,s}$  e  $R_w$  as constante do ar seco e do vapor de água, respectivamente.

Para uma mistura ar-vapor de água, segundo Wylen (1995):

$$\omega = \frac{0,622 \cdot U_r \cdot p_{sat}}{p_{ar,u} - (U_r \cdot p_{sat})} \quad (\text{II-13})$$

onde  $U_r$  é a umidade relativa e  $p_{sat}$  a pressão de saturação do vapor de água à temperatura ambiente,  $T_{ar,u}$ , que segundo Jones (1983) é dada por:

$$p_{sat} = 10^{\left(30,59 - 8,2 \log(T_{ar,u}) + 0,0024804 \cdot T_{ar,u} - \frac{3142,31}{T_{ar,u}}\right)} \quad (\text{II-14})$$

### Apêndice III – Relações estequiométricas ar-combustível

A combustão ideal é realizada com a quantidade de ar seco teórico, ou de oxigênio estequiométrico, resultando em uma combustão completa do combustível.

Quando se consegue a combustão completa dos reagentes com o ar seco teórico, os produtos resultantes não contêm oxigênio. Dessa forma, a equação geral para a combustão de um hidrocarboneto com ar seco apresenta é dada por (Wylen, 1995):



onde os coeficientes relativos às substâncias são conhecidos como os coeficientes estequiométricos. A conservação das espécies químicas fornece a quantidade de ar teórica. Assim, tem-se que:

$$\begin{aligned} C : \nu_{CO_2} &= x \\ H : 2\nu_{H_2O} &= y \\ N_2 : \nu_{N_2} &= 3,76\nu_{O_2} \\ O_2 : \nu_{O_2} &= \nu_{CO_2} + (\nu_{H_2O} / 2) = x + (y / 4) \end{aligned} \quad (\text{III-2})$$

Por outro lado, a relação ar seco – combustível ( $A/C$ ) ou sua recíproca ( $C/A$ ) podem ser calculadas em base mássica (Equação III-3) ou em base molar (Equação III-4):

$$(A/C) = \frac{m_{ar}}{m_{comb}} \quad (\text{III-3})$$

$$(A/C)_{molar} = \frac{n_{ar}}{n_{comb}} \quad (\text{III-4})$$

Também, as Equações (III-3) e (III-3) podem ser relacionadas através das massas moleculares do ar ( $M_{ar}$ ) e do combustível ( $M_{comb}$ ), i.e.:

$$(A/C) = \frac{m_{ar}}{m_{comb}} = \frac{n_{ar}}{n_{comb}} \frac{M_{ar}}{M_{comb}} = (A/C)_{molar} \frac{M_{ar}}{M_{comb}} \quad (\text{III-5})$$

Para uma combustão ideal ou estequiométrica, utiliza-se o subscrito “ $E$ ” para indicar que a relação se refere a 100% do ar seco teórico.

Em seguida, serão determinadas as equações de combustão estequiométricas e as razões  $(A/C)_e$  para os combustíveis utilizados nos ensaios do motor: óleo diesel, etanol e gás natural.

### Óleo diesel:

A representação média do óleo diesel é dada por  $C_{12}H_{23}$ , variando aproximadamente de  $C_{10}H_{20}$  para  $C_{15}H_{28}$  (Panosyan, 2010). Portanto, a equação balanceada será:



Logo, a relação estequiométrica ar seco – óleo diesel, em base molar, é:

$$(A/C)_{d_{MOLAR}} = \frac{(17,75 + 66,74)}{1} = 84,49 \text{ kmol de ar / kmol de óleo diesel} \quad (\text{III-7})$$

Já a equação (III-7) quando expressada em base mássica é dada por:

$$(A/C)_{d_E} = (A/C)_{d_{MOLAR}} \frac{M_{ar}}{M_{diesel}} = 84,49 \frac{28,97}{(12 \times 12) + (23 \times 1,008)} \quad (\text{III-8})$$

$$(A/C)_{d_E} = 14,6 \frac{kg_{ar}}{kg_{diesel}} \quad (\text{III-9})$$

Assim, a combustão ideal é dada quando se tem 14,6 quilogramas de ar seco para cada quilograma de óleo diesel.

### Etanol hidratado:

A equação balanceada do etanol é:



Logo, a razão ideal ar seco – etanol é relacionado através de:

$$(A/C)_{e_E} = \frac{(3 \times 32)/0,23}{46} = 9,07 \frac{kg_{ar}}{kg_{etanol}} \quad (\text{III-11})$$

Assim, tem-se a combustão estequiométrica ou ideal quando se tem 9,07 quilogramas de ar seco para cada quilograma de etanol.

### Gás natural:

O primeiro passo será obter a representação geral do gás natural ( $C_xH_y$ ) a partir de sua composição típica fornecida pela Companhia Distribuidora de Gás do Rio de Janeiro (CEG, 2004):

**Tabela AIII – Composição média do gás natural fornecido pela CEG.**

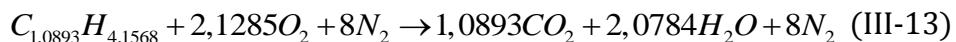
Componente	Formula	% volume	% massa
Metano	CH <sub>4</sub>	90,17	81,93
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7,46	12,71
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,28	3,19
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	0,65	1,03
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0,41	1,02
Outros componentes	IC <sub>4</sub> +NC <sub>4</sub> +IC <sub>5</sub> +NC <sub>5</sub> +C <sub>6</sub>	0,03	0,12

Fonte: (CEG, 2004).

Para esta composição tem-se:

$$\begin{array}{ccc} & [C] & [H] \\ \left[ \begin{array}{cc} 0,9017 & CH_4 \\ 0,0746 & C_2H_6 \\ 0,0128 & C_3H_8 \end{array} \right] & \left[ \begin{array}{c} 0,9017 \\ 0,1492 \\ 0,0384 \end{array} \right] & \left[ \begin{array}{c} 3,6068 \\ 0,4476 \\ 0,1024 \end{array} \right] \Rightarrow C_{1,0893}H_{4,1568} \quad (\text{III-12}) \end{array}$$

Portanto, a equação de combustão ideal é:



Já a relação ideal de ar seco e gás natural, em base molar, é:

$$(A/C)_{g_{MOLAR}} = \frac{(2,1285+8)}{1} = 10,1285 \text{ kmol de ar / kmol de gás} \quad (\text{III-14})$$

A Equação (III-14) em base mássica é dada por:

$$(A/C)_{g_E} = (A/C)_{g_{MOLAR}} \frac{M_{ar}}{M_{gás}} = 10,1285 \frac{28,97}{(1,0893 \times 12) + (4,1568 \times 1,008)} \quad (\text{III-15})$$

$$(A/C)_{g_E} = 16,9 \frac{kg_{ar}}{kg_{gás}} \quad (\text{III-16})$$

Dessa forma, quando se tem 16,9 quilogramas de ar seco para cada quilograma de gás natural, atinge-se a combustão ideal do combustível gasoso.

#### **Apêndice IV – Pontos experimentais**

O presente apêndice contém tabelas com resultados experimentais típicos Diesel/etanol e Diesel/gás. Dado ao elevado número de grandezas medidas e calculadas, e suas associadas incertezas experimentais, apresentam-se apenas as principais.

Nesta seção não foram incluídas os dados da pressão no cilindro, já que, devido ao grande volume de informação disponível, isso exigiria muitas páginas.

Contudo, os interessados devem entrar em contato com o autor (ou orientadores) de modo a ter acesso aos dados completos dos ensaios, disponíveis em meio eletrônico.

## Apêndice IV.I – Resultados Diesel / etanol.

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de etanol	$\phi_e$	RET <sub>e</sub>	$\delta_{RETe}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{mar,s}$	Pressão do ar no coletor	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NO <sub>x</sub>	$\delta_{NOx}$	HC	n	Ignição	$p_{máx}$	$\theta p_{máx}$	(dp/dθ)máx
*APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	%	kg/h	-	-	-	%	%	kg/h	kg/sia	°C	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau	
1600	100	1,10	13,53	0,00	**	0,00	0,00	0,51	$\pm 0,006$	39,4	$\pm 0,141$	387,2	$\pm 2,4$	24,14	451,9	33,58	$\pm 1,01$	384	$\pm 19$	462	$\pm 23$	20	1,3793	-1	11,3	15	0,453	
1600	50	1,09	12,07	10,79	$\pm 0,23$	2,03	0,08	0,48	$\pm 0,006$	39,9	$\pm 0,143$	402,9	$\pm 2,4$	24,08	44,96	44,96	$\pm 1,35$	915	$\pm 46$	425	$\pm 21$	80	1,3743	1	11,4	13	0,571	
1600	47	1,11	10,87	19,63	$\pm 0,26$	4,11	0,15	0,48	$\pm 0,006$	40,1	$\pm 0,142$	404,7	$\pm 2,5$	24,00	450,3	45,84	$\pm 1,38$	1465	$\pm 73$	441	$\pm 22$	150	1,3759	2	12,1	13	0,833	
1600	43	1,11	9,35	30,91	$\pm 0,30$	6,17	0,21	0,48	$\pm 0,006$	40,7	$\pm 0,145$	398,5	$\pm 2,4$	23,71	443,8	36,95	$\pm 1,11$	1609	$\pm 80$	475	$\pm 24$	300	1,3701	2	13,0	13	1,055	
1600	45	0,82	10,46	0,00	**	0,00	0,00	0,43	$\pm 0,006$	38,0	$\pm 0,180$	349,0	$\pm 2,1$	21,04	421,2	36,33	$\pm 1,09$	106	$\pm 5$	369	$\pm 18$	10	1,3770	2	9,4	11	0,645	
1600	43	0,82	9,36	10,47	$\pm 0,30$	1,46	0,06	0,43	$\pm 0,006$	38,6	$\pm 0,184$	348,1	$\pm 2,1$	20,91	408,3	32,2	$\pm 0,97$	759	$\pm 38$	353	$\pm 18$	120	1,3838	0	9,5	13	0,636	
1600	41	0,82	8,45	19,18	$\pm 0,33$	2,97	0,12	0,43	$\pm 0,006$	38,5	$\pm 0,183$	346,9	$\pm 2,1$	20,83	403,7	29,68	$\pm 0,89$	1263	$\pm 63$	350	$\pm 18$	180	1,3728	1	9,8	11	0,692	
1600	39	0,82	7,57	27,59	$\pm 0,37$	4,39	0,17	0,43	$\pm 0,006$	38,4	$\pm 0,182$	344,5	$\pm 2,1$	20,73	398,1	31,85	$\pm 0,96$	1655	$\pm 83$	369	$\pm 18$	220	1,3720	2	10,2	11	0,836	
1600	38	0,82	6,88	34,24	$\pm 0,41$	5,60	0,21	0,44	$\pm 0,006$	38,1	$\pm 0,181$	343,5	$\pm 2,1$	20,65	395,7	45,16	$\pm 1,35$	1799	$\pm 90$	385	$\pm 19$	300	1,3681	3	10,6	11	1,108	
1600	38	0,55	7,39	0,00	**	0,00	0,00	0,34	$\pm 0,007$	35,9	$\pm 0,251$	312,7	$\pm 1,9$	18,47	349,7	22,93	$\pm 0,69$	76	$\pm 4$	567	$\pm 28$	0	1,3756	1	8,3	10	0,674	
1600	34	0,55	5,96	19,35	$\pm 0,47$	2,27	0,09	0,34	$\pm 0,007$	35,9	$\pm 0,251$	310,3	$\pm 1,9$	18,24	329,3	32,27	$\pm 0,97$	1164	$\pm 58$	536	$\pm 27$	260	1,3674	2	8,4	9	0,852	
1600	32	0,55	5,14	30,45	$\pm 0,55$	3,59	0,14	0,35	$\pm 0,007$	35,8	$\pm 0,251$	308,1	$\pm 1,9$	18,15	322,4	22,35	$\pm 0,67$	1617	$\pm 81$	562	$\pm 28$	320	1,3683	2	8,4	9	0,801	
1600	30	0,55	4,35	41,14	$\pm 0,65$	4,94	0,18	0,35	$\pm 0,007$	35,5	$\pm 0,248$	306,1	$\pm 1,9$	18,08	318,9	7,41	$\pm 0,22$	1880	$\pm 94$	601	$\pm 30$	330	1,3667	2	8,4	11	0,949	
1600	30	0,55	4,14	43,98	$\pm 0,68$	5,20	0,19	0,35	$\pm 0,007$	35,7	$\pm 0,250$	307,6	$\pm 1,9$	18,09	321,3	6,44	$\pm 0,19$	1900	$\pm 95$	599	$\pm 30$	380	1,3667	2	8,4	8	0,946	
1600	31	0,33	5,11	0,00	**	0,00	0,00	0,27	$\pm 0,007$	31,1	$\pm 0,356$	278,8	$\pm 1,7$	16,74	284,4	19,45	$\pm 0,58$	166	$\pm 8$	408	$\pm 20$	30	1,3675	1	7,3	6	0,768	
1600	30	0,33	4,61	9,78	$\pm 0,61$	0,59	0,03	0,26	$\pm 0,007$	32,0	$\pm 0,366$	279,2	$\pm 1,7$	16,56	260,7	12,63	$\pm 0,38$	685	$\pm 34$	390	$\pm 20$	120	1,3747	1	7,4	6	0,728	
1600	28	0,33	4,07	20,35	$\pm 0,69$	1,62	0,07	0,26	$\pm 0,007$	31,2	$\pm 0,357$	279,0	$\pm 1,7$	16,56	259,6	6,98	$\pm 0,21$	1168	$\pm 58$	387	$\pm 19$	210	1,3722	1	7,2	6	0,735	
1600	27	0,33	3,48	31,90	$\pm 0,81$	2,89	0,12	0,28	$\pm 0,007$	30,0	$\pm 0,341$	278,5	$\pm 1,7$	16,61	261,5	2,76	$\pm 0,08$	1675	$\pm 84$	385	$\pm 19$	300	1,3762	2	7,1	8	0,605	
1800	100	1,21	16,75	0,00	**	0,00	0,00	0,48	$\pm 0,006$	39,4	$\pm 0,126$	507,1	$\pm 3,1$	27,66	446,5	30,2	$\pm 0,91$	113	$\pm 6$	913	$\pm 46$	30	1,3894	-2	12,6	14	0,387	
1800	62	1,20	14,82	11,52	$\pm 0,19$	2,43	0,08	0,48	$\pm 0,006$	40,1	$\pm 0,129$	498,6	$\pm 3,0$	27,32	445,4	32,92	$\pm 0,99$	753	$\pm 38$	907	$\pm 45$	40	1,3893	-1	13,2	11	0,480	
1800	58	1,20	13,37	20,18	$\pm 0,21$	4,62	0,14	0,48	$\pm 0,006$	40,3	$\pm 0,130$	495,5	$\pm 3,0$	27,04	438,4	32,37	$\pm 0,97$	1202	$\pm 60$	931	$\pm 47$	50	1,3846	-1	14,0	11	0,750	
1800	54	1,20	11,92	28,84	$\pm 0,24$	6,80	0,20	0,48	$\pm 0,006$	40,4	$\pm 0,130$	489,2	$\pm 3,0$	26,75	435,2	28,21	$\pm 0,85$	1339	$\pm 67$	971	$\pm 49$	60	1,3785	-1	15,1	9	1,231	
1800	56	0,90	12,76	0,00	**	0,00	0,00	0,42	$\pm 0,006$	38,4	$\pm 0,163$	440,4	$\pm 2,7$	23,93	393,4	27,99	$\pm 0,84$	124	$\pm 6$	782	$\pm 39$	20	1,3885	-1	11,2	11	0,551	
1800	53	0,90	11,52	9,72	$\pm 0,25$	1,71	0,06	0,42	$\pm 0,006$	38,9	$\pm 0,166$	437,6	$\pm 2,7$	23,79	390,9	25,41	$\pm 0,76$	767	$\pm 38$	741	$\pm 37$	30	1,3881	-1	11,4	11	0,714	
1800	50	0,90	10,14	20,53	$\pm 0,28$	3,91	0,12	0,42	$\pm 0,006$	38,9	$\pm 0,166$	435,6	$\pm 2,6$	23,57	383,7	20,99	$\pm 0,63$	1425	$\pm 71$	750	$\pm 38$	50	1,3839	0	11,9	11	0,802	
1800	47	0,90	9,03	29,23	$\pm 0,31$	5,62	0,17	0,42	$\pm 0,006$	39,0	$\pm 0,166$	431,2	$\pm 2,6$	23,37	379,2	19,59	$\pm 0,59$	1722	$\pm 86$	780	$\pm 39$	70	1,3807	0	12,5	10	0,840	
1800	46	0,90	8,23	35,50	$\pm 0,34$	6,87	0,20	0,42	$\pm 0,006$	39,0	$\pm 0,166$	428,0	$\pm 2,6$	23,24	377,4	16,5	$\pm 0,50$	1702	$\pm 85$	803	$\pm 40$	110	1,3778	0	12,9	10	1,064	
1800	47	0,60	9,15	0,00	**	0,00	0,00	0,36	$\pm 0,006$	35,8	$\pm 0,225$	368,9	$\pm 2,2$	20,09	332,3	19,42	$\pm 0,58$	125	$\pm 6$	674	$\pm 34$	20	1,3871	0	9,4	9	0,711	
1800	43	0,60	7,34	19,78	$\pm 0,39$	2,84	0,10	0,36	$\pm 0,006$	35,8	$\pm 0,225$	371,1	$\pm 2,3$	20,07	327,1	16,9	$\pm 0,51$	1222	$\pm 61$	591	$\pm 30$	50	1,3796	0	9,7	12	1,097	
1800	40	0,60	6,36	30,49	$\pm 0,44$	4,41	0,15	0,36	$\pm 0,006$	35,8	$\pm 0,225$	367,6	$\pm 2,2$	19,91	321,9	14,55	$\pm 0,44$	1670	$\pm 84$	605	$\pm 30$	110	1,3716	1	10,0	12	1,141	
1800	38	0,60	5,58	39,02	$\pm 0,51$	5,64	0,18	0,36	$\pm 0,006$	35,8	$\pm 0,225$	364,0	$\pm 2,2$	19,76	317,6	7,87	$\pm 0,24$	1866	$\pm 93$	630	$\pm 32$	150	1,3741	1	10,4	10	1,119	
1800	38	0,60	5,23	42,84	$\pm 0,54$	6,16	0,19	0,36	$\pm 0,006$	35,9	$\pm 0,225$	362,7	$\pm 2,2$	19,73	317,1	5	$\pm 0,15$	1897	$\pm 95$	649	$\pm 32$	200	1,3696	1	10,6	12	1,177	
1800	40	0,36	6,29	0,00	**	0,00	0,00	0,28	$\pm 0,007$	31,3	$\pm 0,321$	323,2	$\pm 2,0$	17,72	289,9	14,88	$\pm 0,45$	103	$\pm 5$	500	$\pm 25$	10	1,3848	0	8,1	6	0,685	
1800	37	0,36	5,27	16,22	$\pm 0,54$	1,68	0,06	0,28	$\pm 0,007$	31,1	$\pm 0,319$	324,2	$\pm 2,0$	17,56	265,8	7,15	$\pm 0,21$	1067	$\pm 53$	450	$\pm 23$	120	1,3805	1	8,4	5	1,074	
1800	35	0,36																										

## Apêndice IV.I – Resultados Diesel / etanol (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de etanol	$\phi_e$	RET <sub>e</sub>	$\delta_{RETe}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{mar,s}$	Pressão do ar no coletor	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NO <sub>x</sub>	$\delta_{NOx}$	HC	n	Ignição	$p_{máx}$	$\theta p_{máx}$	(dp/dθ)máx
*APMS	rpm	%	Mpa	kg/h	%	%	kg/h	-	-	-	%	%	kg/h	kgpsia	°C	mg/m3	mg/m3	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau	
P1 (10° APMS)	1600	100	1,13	13,95	0,00	**	0,00	0,00	0,50	± 0,006	39,5	± 0,137	405,0	± 2,5	25,06	458,7	76,26	± 2,29	254	± 13	979	± 49	20	1,3782	-	12,6	12	0,534
	1600	53	1,13	12,62	9,53	± 0,22	1,81	0,08	0,50	± 0,006	40,0	± 0,139	401,4	± 2,4	24,93	454,7	70,91	± 2,13	913	± 46	965	± 48	140	1,3762	-1	12,9	11	0,569
	1600	48	1,13	11,19	19,78	± 0,25	3,96	0,15	0,50	± 0,006	40,3	± 0,140	397,2	± 2,4	24,64	447,0	72,94	± 2,19	1405	± 70	1009	± 50	180	1,3762	-2	13,5	10	0,876
	1600	45	1,13	9,91	28,96	± 0,29	5,82	0,21	0,50	± 0,006	40,6	± 0,141	391,0	± 2,4	24,32	442,8	51,85	± 1,56	1430	± 72	1082	± 54	220	1,3813	-2	14,4	10	1,331
	1600	46	0,82	10,42	0,00	**	0,00	0,00	0,43	± 0,006	38,1	± 0,181	348,4	± 2,1	21,56	426,7	49,41	± 1,48	152	± 8	886	± 44	30	1,3788	-2	10,7	11	0,665
	1600	44	0,82	9,37	10,08	± 0,30	1,35	0,06	0,43	± 0,006	38,9	± 0,185	343,6	± 2,1	21,14	398,4	39,95	± 1,20	756	± 38	822	± 41	130	1,3775	-1	10,6	10	0,653
	1600	41	0,82	8,27	20,63	± 0,34	3,31	0,14	0,44	± 0,006	38,3	± 0,182	341,9	± 2,1	21,04	394,0	29,54	± 0,89	1295	± 65	825	± 41	160	1,3766	-1	11,0	10	1,003
	1600	40	0,82	7,53	27,74	± 0,38	4,27	0,17	0,43	± 0,006	38,8	± 2,1	20,98	393,5	21,17	± 0,64	1406	± 70	858	± 43	200	1,3807	-1	11,4	10	1,109		
	1601	39	0,55	7,43	0,00	**	0,00	0,00	0,35	± 0,007	35,7	± 0,250	303,8	± 1,8	18,70	353,9	18,02	± 0,54	98	± 5	687	± 34	40	1,3793	-1	9,0	10	0,815
	1600	38	0,55	6,72	9,56	± 0,42	1,07	0,05	0,36	± 0,007	35,9	± 0,251	301,1	± 1,8	18,52	333,4	24,79	± 0,74	596	± 30	581	± 29	80	1,3704	0	8,9	8	0,954
P2 (10° APMS)	1600	36	0,55	6,03	18,84	± 0,47	2,26	0,10	0,36	± 0,007	35,6	± 0,249	301,2	± 1,8	18,46	327,1	28,01	± 0,84	1128	± 56	584	± 29	120	1,3672	0	9,0	8	0,855
	1600	33	0,55	5,22	29,74	± 0,54	3,53	0,14	0,36	± 0,007	35,6	± 0,249	299,0	± 1,8	18,36	322,1	19,78	± 0,59	1517	± 76	606	± 30	180	1,3718	0	9,0	8	1,019
	1600	32	0,55	4,64	37,55	± 0,61	4,43	0,17	0,36	± 0,007	35,6	± 0,249	297,9	± 1,8	18,35	324,1	11,75	± 0,35	1640	± 82	631	± 32	220	1,3781	0	9,0	9	1,084
	1600	33	0,33	5,17	0,00	**	0,00	0,00	0,27	± 0,007	30,8	± 0,351	275,8	± 1,7	16,90	281,5	114,4	± 0,57	114	± 6	469	± 23	20	1,3830	0	7,8	4	0,901
	1600	32	0,33	4,75	8,12	± 0,60	0,47	0,02	0,27	± 0,007	31,6	± 0,361	273,7	± 1,7	16,72	260,6	12,61	± 0,38	515	± 26	431	± 22	140	1,3791	0	7,7	8	0,815
	1600	29	0,33	4,03	22,05	± 0,70	1,79	0,08	0,27	± 0,007	30,9	± 0,352	273,7	± 1,7	16,72	259,1	4,87	± 0,15	1095	± 55	408	± 20	290	1,3797	0	7,5	6	0,746
	1600	29	0,33	3,71	28,24	± 0,76	2,35	0,10	0,27	± 0,007	30,7	± 0,349	273,6	± 1,7	16,78	263,8	4,34	± 0,13	1310	± 66	402	± 20	380	1,3819	0	7,4	6	0,715
	1800	100	1,26	17,20	0,00	**	0,00	0,00	0,48	± 0,006	39,9	± 0,123	514,4	± 3,1	28,45	428,3	40,11	± 1,20	112	± 6	1190	± 60	40	1,3901	-4	14,7	12	0,576
	1800	60	1,25	15,41	10,41	± 0,18	2,45	0,08	0,48	± 0,006	40,3	± 0,125	507,4	± 3,1	28,29	433,8	36,56	± 1,10	755	± 38	1197	± 60	170	1,3872	-4	15,2	11	0,775
P3 (10° APMS)	1799	56	1,25	13,71	20,29	± 0,21	4,97	0,15	0,48	± 0,006	40,6	± 0,126	503,3	± 3,1	27,94	425,1	33,02	± 0,99	1167	± 58	1264	± 63	280	1,3813	-3	16,1	10	1,007
	1800	54	1,25	12,81	25,52	± 0,22	6,24	0,18	0,49	± 0,006	40,8	± 0,127	499,3	± 3,0	27,76	421,7	27,7	± 0,83	1311	± 57	1321	± 66	310	1,3789	-3	16,6	9	1,217
	1800	52	0,89	12,69	0,00	**	0,00	0,00	0,42	± 0,006	38,6	± 0,164	441,7	± 2,7	24,61	395,0	36,39	± 1,09	102	± 5	1052	± 53	30	1,3862	-4	12,7	10	0,693
	1800	49	0,89	11,43	10,42	± 0,25	1,74	0,06	0,42	± 0,006	39,0	± 0,167	437,3	± 2,7	24,14	373,2	26,73	± 0,80	796	± 40	984	± 49	160	1,3872	-3	12,8	9	0,830
	1800	46	0,89	10,15	20,45	± 0,28	3,71	0,12	0,42	± 0,006	39,1	± 0,167	433,0	± 2,6	23,91	367,9	18,39	± 0,55	1315	± 66	1012	± 51	290	1,3845	-3	13,2	9	0,982
	1800	44	0,89	9,20	27,90	± 0,31	5,24	0,16	0,42	± 0,006	39,1	± 0,167	429,6	± 2,6	23,75	365,4	14,75	± 0,44	1437	± 72	1064	± 53	390	1,3765	-3	13,8	9	1,203
	1800	44	0,60	9,09	0,00	**	0,00	0,00	0,35	± 0,006	35,9	± 0,226	373,7	± 2,3	20,70	334,6	13,03	± 0,39	64	± 3	906	± 45	30	1,3835	-3	10,5	9	0,772
	1800	41	0,60	8,17	10,71	± 0,35	1,36	0,05	0,35	± 0,006	36,2	± 0,228	371,8	± 2,3	20,47	319,9	13,36	± 0,40	653	± 33	798	± 40	110	1,3827	-2	10,6	8	1,123
P4 (10° APMS)	1800	39	0,60	7,38	19,34	± 0,38	2,72	0,09	0,36	± 0,006	35,9	± 0,226	370,6	± 2,2	20,37	315,9	11,57	± 0,35	1141	± 57	793	± 40	220	1,3764	-2	11,0	7	1,116
	1800	37	0,60	6,38	30,27	± 0,44	4,34	0,14	0,36	± 0,006	35,8	± 0,225	367,1	± 2,2	20,20	311,6	7,92	± 0,24	1522	± 76	842	± 42	330	1,3738	-2	11,4	7	1,290
	1800	35	0,60	5,69	37,81	± 0,50	5,36	0,17	0,36	± 0,006	36,0	± 0,226	363,9	± 2,2	20,13	311,5	4,99	± 0,15	1523	± 76	888	± 44	410	1,3739	-2	11,7	7	1,298
	1800	36	0,36	6,34	0,00	**	0,00	0,00	0,28	± 0,007	30,9	± 0,318	330,2	± 2,0	18,17	280,3	8,96	± 0,27	124	± 6	658	± 33	40	1,3872	-3	9,0	5	1,101
	1800	35	0,36	5,76	8,43	± 0,49	0,81	0,03	0,28	± 0,007	31,3	± 0,322	327,2	± 2,0	17,91	259,9	6,4	± 0,19	564	± 28	589	± 29	100	1,3868	-2	9,0	7	1,015
	1800	33	0,36	5,08	19,24	± 0,56	2,02	0,07	0,28	± 0,007	30,9	± 0,318	326,1	± 2,0	17,85	256,6	3,24	± 0,10	1033	± 52	583	± 29	230	1,3859	-2	9,0	7	1,067
	1800	31	0,36	4,30	31,64	± 0,66	3,41	0,12	0,29	± 0,007	30,4	± 0,312	326,1	± 2,0	17,86	256,3	1,45	± 0,04	1498	± 75	591	± 30	390	1,3743	-2	9,0	7	1,255
	2200	100	1,22	21,66	0,00	**	0,00	0,00	0,48	± 0,006	37,5	± 0,115	656,6	± 4,0	29,48	444,6	90,01	± 2,70	213	± 11	1073	± 54	20	1,3886	-5	15,4	9	0,715
	2200	73	1,22	19,42	10,34	± 0,15	3,05	0,08	0,48	± 0,006	38,1	± 0,117	648,8	± 3,9	29,32	466,0	77,88	± 2,34	838	± 42	1112	± 56	200	1,3790	-4	15,7	10	0,734
P5 (10° APMS)	2200	69	1,22	17,28	20,22	± 0,16	5,97	0,14	0																			

## Apêndice IV.I – Resultados Diesel / etanol (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de etanol	$\phi_e$	RET <sub>e</sub>	$\delta_{RET_e}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{mar,s}$	Pressão do ar no coletor	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NO <sub>x</sub>	$\delta_{NOx}$	HC	n	Ignição	$p_{máx}$	$\theta p_{máx}$	(dp/dθ)máx
*APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	%	kg/h	-	-	-	%	%	kg/h	kg/h	psia	°C	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/graus	
P2 (11° APMS)	1600	100	1,12	13,82	0,00	**	0,00	0,00	0,48	± 0,006	39,3	± 0,138	413,9	± 2,5	24,80	465,1	85,82	± 2,57	527	± 26	1127	± 56	0	1,3816	-4	13,2	11	0,607
	1600	54	1,12	12,35	10,64	± 0,23	2,03	0,08	0,48	± 0,006	40,0	± 0,140	411,6	± 2,5	24,56	456,6	93,68	± 2,81	1392	± 70	1111	± 56	110	1,3774	-4	13,5	9	0,731
	1600	50	1,12	11,11	19,61	± 0,25	3,96	0,15	0,48	± 0,006	40,1	± 0,141	406,6	± 2,5	24,24	448,7	77,79	± 2,33	1901	± 95	1158	± 58	170	1,3801	-3	14,2	9	0,965
	1600	47	1,12	9,59	30,61	± 0,29	6,12	0,21	0,49	± 0,006	40,6	± 0,143	400,5	± 2,4	23,89	443,0	50,31	± 1,51	1736	± 87	1312	± 66	200	1,3755	-3	15,5	6	1,288
	1600	48	0,82	10,44	0,00	**	0,00	0,00	0,44	± 0,006	38,0	± 0,180	347,8	± 2,1	21,24	412,9	64,86	± 1,95	285	± 14	1040	± 52	0	1,3835	-4	11,1	9	0,778
	1600	45	0,82	9,28	11,11	± 0,30	1,44	0,06	0,43	± 0,006	38,9	± 0,186	342,3	± 2,1	21,00	396,2	36,14	± 1,08	928	± 46	1019	± 51	90	1,3843	-3	11,2	8	0,814
	1600	43	0,82	8,27	20,79	± 0,34	3,05	0,13	0,43	± 0,006	38,9	± 0,185	340,0	± 2,1	20,87	391,0	31,28	± 0,94	1490	± 75	1020	± 51	140	1,3763	-3	11,6	8	1,020
	1600	41	0,82	7,34	29,69	± 0,39	4,55	0,18	0,44	± 0,006	38,8	± 0,185	338,8	± 2,1	20,78	386,3	29,51	± 0,89	1690	± 85	1045	± 52	180	1,3723	-3	11,9	7	1,213
	1600	39	0,82	6,52	37,55	± 0,43	5,80	0,22	0,44	± 0,006	38,9	± 0,186	336,6	± 2,0	20,69	385,7	34,24	± 1,03	1553	± 78	1135	± 57	210	1,3691	-2	12,5	7	1,323
	1600	41	0,54	7,37	0,00	**	0,00	0,00	0,35	± 0,007	35,9	± 0,252	303,5	± 1,8	18,59	348,4	17,13	± 0,51	84	± 4	842	± 42	0	1,3810	-3	9,4	8	0,762
	1600	39	0,54	6,54	11,26	± 0,43	1,24	0,05	0,35	± 0,007	36,2	± 0,254	302,5	± 1,8	18,44	327,5	23,27	± 0,70	800	± 40	773	± 39	80	1,3768	-3	9,4	7	1,118
P3 (11° APMS)	1600	37	0,54	5,88	20,22	± 0,48	2,37	0,10	0,35	± 0,007	35,9	± 0,252	301,5	± 1,8	18,34	321,5	22,65	± 0,68	1313	± 66	775	± 39	160	1,3715	-2	9,5	7	1,188
	1600	35	0,54	5,23	29,04	± 0,54	3,37	0,14	0,35	± 0,007	36,0	± 0,252	300,0	± 1,8	18,27	316,5	16,32	± 0,49	1658	± 83	804	± 40	210	1,3705	-2	9,5	7	1,079
	1600	33	0,54	4,50	38,94	± 0,63	4,55	0,18	0,36	± 0,007	35,9	± 0,252	297,3	± 1,8	18,20	315,6	7,28	± 0,22	1801	± 90	848	± 42	270	1,3661	-2	9,6	9	1,051
	1600	34	0,33	5,12	0,00	**	0,00	0,00	0,27	± 0,007	31,0	± 0,355	276,9	± 1,7	16,87	275,7	13,84	± 0,42	148	± 7	625	± 31	0	1,3784	-3	8,1	4	0,860
	1600	33	0,33	4,60	10,16	± 0,61	0,64	0,03	0,26	± 0,007	31,7	± 0,364	276,3	± 1,7	16,69	254,1	9,14	± 0,27	628	± 31	591	± 30	60	1,3741	-3	8,1	7	1,027
	1600	31	0,33	4,08	20,31	± 0,69	1,62	0,07	0,27	± 0,007	31,1	± 0,356	275,2	± 1,7	16,66	252,6	4,1	± 0,12	1104	± 55	562	± 28	140	1,3736	-2	8,0	6	0,998
	1600	30	0,33	3,63	29,10	± 0,78	2,45	0,10	0,27	± 0,007	30,7	± 0,350	276,0	± 1,7	16,71	254,6	2,34	± 0,07	1476	± 74	553	± 28	220	1,3713	-2	7,8	6	0,916
	1800	100	1,21	16,70	0,00	**	0,00	0,00	0,47	± 0,006	39,5	± 0,126	515,7	± 3,1	27,95	440,5	58,98	± 1,77	284	± 14	1250	± 63	40	1,3890	-5	15,0	10	0,680
	1800	62	1,20	14,96	10,42	± 0,19	2,27	0,07	0,46	± 0,006	40,1	± 0,129	511,0	± 3,1	27,67	434,4	52,73	± 1,58	1029	± 51	1240	± 62	60	1,3861	-5	15,4	9	0,718
	1800	58	1,20	13,33	20,18	± 0,21	4,69	0,14	0,47	± 0,006	40,4	± 0,130	503,3	± 3,1	27,30	427,3	42,5	± 1,28	1503	± 75	1288	± 64	80	1,3815	-5	16,2	9	1,057
P4 (11° APMS)	1800	55	0,90	12,74	0,00	**	0,00	0,00	0,41	± 0,006	38,4	± 0,164	446,5	± 2,7	24,28	400,8	46,44	± 1,39	241	± 12	1121	± 56	30	1,3874	-5	12,9	9	0,700
	1800	52	0,90	11,37	10,89	± 0,25	1,85	0,06	0,41	± 0,006	39,1	± 0,167	440,4	± 2,7	23,83	384,6	30,45	± 0,91	1009	± 50	1094	± 55	50	1,3885	-4	13,1	8	0,986
	1800	49	0,90	10,15	20,45	± 0,28	3,76	0,12	0,41	± 0,006	39,1	± 0,167	437,1	± 2,7	23,60	379,4	19,79	± 0,59	1555	± 78	1137	± 57	80	1,3787	-4	13,6	8	0,989
	1800	47	0,90	9,07	28,92	± 0,31	5,44	0,16	0,42	± 0,006	39,1	± 0,167	432,5	± 2,6	23,42	375,9	16,13	± 0,48	1636	± 82	1181	± 59	110	1,3783	-4	14,2	8	1,228
	1800	45	0,90	8,43	33,93	± 0,34	6,43	0,19	0,42	± 0,006	39,2	± 0,167	429,1	± 2,6	23,39	376,8	12,43	± 0,37	1257	± 76	1254	± 63	150	1,3805	-4	15,0	6	1,378
	1800	47	0,60	9,09	0,00	**	0,00	0,00	0,35	± 0,006	36,0	± 0,226	377,7	± 2,3	20,51	343,3	17,11	± 0,51	65	± 3	967	± 48	30	1,3841	-4	10,7	8	0,868
	1800	44	0,60	8,10	11,48	± 0,35	1,45	0,05	0,35	± 0,006	36,3	± 0,228	375,6	± 2,3	20,27	327,9	12,91	± 0,39	756	± 38	895	± 45	50	1,3855	-4	10,8	7	1,128
	1800	41	0,60	7,19	21,42	± 0,39	3,00	0,10	0,35	± 0,006	36,0	± 0,226	374,3	± 2,3	20,16	322,1	12,62	± 0,38	1377	± 69	920	± 46	90	1,3824	-3	11,2	7	1,266
	1800	39	0,60	6,32	30,00	± 0,45	4,33	0,14	0,35	± 0,006	36,1	± 0,227	369,7	± 2,2	20,00	318,0	7,92	± 0,24	1661	± 83	956	± 48	120	1,3765	-3	11,5	7	1,366
	1800	36	0,60	5,48	40,11	± 0,52	5,65	0,18	0,36	± 0,006	36,1	± 0,227	366,4	± 2,2	19,88	316,8	3,48	± 0,10	1629	± 81	1031	± 52	180	1,3736	-3	12,0	7	1,301
P5 (11° APMS)	1800	39	0,36	6,32	10,65	± 0,50	1,02	0,04	0,27	± 0,007	31,1	± 0,320	334,9	± 2,0	18,04	284,0	9,57	± 0,29	108	± 5	713	± 36	30	1,3853	-4	9,1	5	1,010
	1800	37	0,36	5,62	10,65	± 0,50	1,02	0,04	0,27	± 0,007	31,4	± 0,323	332,0	± 2,0	17,77	263,1	5,26	± 0,16	649	± 32	687	± 34	40	1,3856	-3	9,1	4	1,254
	1800	35	0,36	5,14	18,28	± 0,55	1,84	0,07	0,28	± 0,007	31,2	± 0,320	330,8	± 2,0	17,74	260,8	2,92	± 0,09	1002	± 50	689	± 34	70	1,3864	-3	9,2	4	1,178
	1801	33	0,36	4,40	30,05	± 0,64	3,24	0,11	0,28	± 0,007	30,5	± 0,313	329,6	± 2,0	17,70	257,8	1,42	± 0,04	1576	± 79	684	± 34	130	1,3789	-3	9,4	6	1,275
	1800	32	0,36	3,78	39,90	± 0,75	4,28	0,14	0,28	± 0,007	30,3	± 0,310	329,5	± 2,0	17,75	260,6	0,95	± 0,03	1921	± 96	684	± 34	210	1,3789	-3	9,3	6	1,195
	2200	100																										

## Apêndice IV.I – Resultados Diesel / etanol (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de etanol	$\phi_e$	RET <sub>e</sub>	$\delta_{RETe}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{mar,s}$	Pressão do ar no coletor	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NO <sub>x</sub>	$\delta_{NOx}$	HC	n	Ignição	$p_{máx}$	$\theta p_{máx}$	(dp/dθ)máx
*APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	%	kg/h	-	-	-	%	%	kg/h	kg/h	psia	°C	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau	
<b>P4 (13° APMS)</b>	1600	100	1,12	14,12	0,00	**	0,00	0,00	0,51	± 0,006	38,7	± 0,135	404,7	± 2,5	25,07	461,0	10,33	± 0,31	561	± 28	1891	± 95	100	1,3770	-11	16,0	6	0,972
	1600	55	1,12	13,35	5,45	± 0,21	0,85	0,04	0,50	± 0,006	39,3	± 0,137	398,9	± 2,4	24,83	456,7	7,81	± 0,23	1010	± 51	1872	± 94	210	1,3690	-9	15,9	7	1,038
	1600	53	1,12	12,72	9,92	± 0,22	1,74	0,07	0,50	± 0,006	39,5	± 0,138	397,0	± 2,4	24,64	452,1	4,68	± 0,14	1250	± 63	1989	± 99	220	1,3705	-10	16,0	7	1,169
	1600	49	1,12	11,33	19,76	± 0,25	3,81	0,15	0,51	± 0,006	39,8	± 0,139	390,8	± 2,4	24,25	444,3	2,67	± 0,08	1425	± 71	2202	± 110	270	1,3765	-10	16,4	6	1,410
	1600	47	1,13	10,64	24,65	± 0,27	5,54	0,22	0,53	± 0,006	38,7	± 0,135	386,6	± 2,3	24,10	443,4	2,1	± 0,06	1281	± 64	2471	± 124	270	1,3755	-10	17,2	4	1,530
	1600	46	0,82	10,49	0,00	**	0,00	0,00	0,45	± 0,006	37,8	± 0,179	340,8	± 2,1	21,23	412,8	2,49	± 0,07	121	± 6	2191	± 110	0	1,3788	-10	13,1	5	1,100
	1600	44	0,82	9,77	6,86	± 0,29	0,96	0,04	0,45	± 0,006	38,2	± 0,182	337,2	± 2,0	20,94	397,9	1,93	± 0,06	786	± 39	2209	± 110	110	1,3687	-8	13,1	6	1,132
	1600	44	0,82	9,37	10,68	± 0,30	1,64	0,07	0,45	± 0,006	38,1	± 0,181	337,1	± 2,0	20,87	394,0	1,54	± 0,05	1095	± 55	2219	± 111	180	1,3700	-9	13,3	5	1,450
	1600	42	0,82	8,47	19,26	± 0,33	3,09	0,13	0,45	± 0,006	38,1	± 0,181	333,9	± 2,0	20,77	389,9	1,42	± 0,04	1407	± 70	2312	± 116	260	1,3765	-10	13,6	5	1,639
	1600	40	0,82	7,34	30,03	± 0,39	5,00	0,20	0,46	± 0,006	37,7	± 0,179	331,9	± 2,0	20,69	386,9	1,3	± 0,04	1120	± 56	2545	± 127	280	1,3751	-10	14,4	4	1,725
	1600	40	0,54	7,67	0,00	**	0,00	0,00	0,37	± 0,007	34,5	± 0,241	298,5	± 1,8	18,47	343,6	1,74	± 0,05	153	± 8	1993	± 100	0	1,3756	-10	11,0	6	1,081
	1600	39	0,54	6,88	10,30	± 0,41	1,01	0,05	0,37	± 0,007	35,2	± 0,246	297,5	± 1,8	18,32	325,5	1,82	± 0,05	933	± 47	1989	± 99	120	1,3634	-7	10,9	4	1,529
	1600	36	0,54	6,10	20,47	± 0,46	2,30	0,10	0,37	± 0,007	35,0	± 0,245	296,3	± 1,8	18,25	320,8	1,58	± 0,05	1523	± 76	2000	± 100	240	1,3684	-8	11,0	4	1,398
	1600	34	0,54	5,32	30,64	± 0,53	3,60	0,15	0,37	± 0,007	34,8	± 0,243	295,1	± 1,8	18,19	316,6	0,98	± 0,03	1651	± 83	1977	± 99	300	1,3710	-8	11,2	3	1,780
	1600	32	0,54	4,47	41,72	± 0,63	4,99	0,20	0,37	± 0,007	34,7	± 0,242	294,1	± 1,8	18,18	315,8	0,94	± 0,03	1446	± 72	1957	± 98	330	1,3748	-9	11,3	3	1,732
	1600	34	0,33	5,40	0,00	**	0,00	0,00	0,29	± 0,007	29,4	± 0,335	274,1	± 1,7	16,81	273,5	1,83	± 0,05	302	± 15	1487	± 74	0	1,3701	-9	9,1	2	1,320
	1600	33	0,33	5,05	6,48	± 0,56	0,26	0,01	0,28	± 0,007	30,5	± 0,348	273,5	± 1,7	16,71	260,9	1,71	± 0,05	641	± 32	1427	± 71	90	1,3668	-8	9,1	3	1,344
	1600	33	0,33	4,90	9,26	± 0,58	0,57	0,03	0,28	± 0,007	30,2	± 0,344	274,4	± 1,7	16,69	258,9	1,54	± 0,05	847	± 42	1386	± 69	140	1,3727	-8	9,1	3	1,246
	1600	31	0,33	4,38	18,89	± 0,65	1,52	0,07	0,28	± 0,007	29,7	± 0,339	273,2	± 1,7	16,67	257,7	1,03	± 0,03	1304	± 65	1285	± 64	240	1,3676	-8	9,0	3	1,132
	1600	30	0,33	3,85	28,70	± 0,73	2,38	0,10	0,28	± 0,007	29,7	± 0,338	272,0	± 1,7	16,69	259,2	0,88	± 0,03	1603	± 80	1189	± 59	330	1,3721	-8	8,8	5	1,305
	1800	100	1,13	16,02	0,00	**	0,00	0,00	0,47	± 0,006	38,6	± 0,131	497,1	± 3,0	27,18	417,5	5,58	± 0,17	272	± 14	2071	± 104	40	1,3872	-11	17,3	6	1,058
	1800	61	1,13	15,11	5,68	± 0,19	1,13	0,04	0,47	± 0,006	39,1	± 0,133	492,2	± 3,0	27,21	428,2	3,71	± 0,11	793	± 40	2101	± 105	60	1,3807	-11	17,5	6	1,084
	1800	59	1,13	14,40	10,11	± 0,20	2,21	0,07	0,47	± 0,006	39,2	± 0,133	489,5	± 3,0	27,02	423,8	3,32	± 0,10	1109	± 55	2189	± 109	110	1,3830	-11	17,6	6	1,204
	1800	57	1,13	13,66	14,73	± 0,21	3,33	0,10	0,47	± 0,006	39,2	± 0,133	486,6	± 3,0	26,82	419,3	2,26	± 0,07	1309	± 65	2317	± 116	150	1,3797	-11	17,9	6	1,401
	1800	53	1,13	12,37	22,78	± 0,23	5,29	0,16	0,47	± 0,006	39,4	± 0,134	482,0	± 2,9	26,53	415,5	1,47	± 0,04	1201	± 60	2578	± 129	150	1,3809	-10	18,6	6	1,795
	1800	54	0,90	12,96	0,00	**	0,00	0,00	0,43	± 0,006	37,8	± 0,160	438,5	± 2,7	24,28	398,3	1,5	± 0,05	72	± 4	2226	± 111	40	1,3824	-11	15,3	5	1,200
	1800	51	0,89	11,54	9,56	± 0,25	2,02	0,07	0,43	± 0,006	38,2	± 0,162	434,8	± 2,6	23,92	382,4	0,94	± 0,03	1147	± 57	2314	± 116	110	1,3808	-11	15,5	6	1,364
	1800	49	0,89	10,97	14,03	± 0,26	2,92	0,10	0,43	± 0,006	38,2	± 0,162	432,6	± 2,6	23,81	380,0	0,85	± 0,03	1383	± 69	2398	± 120	160	1,3806	-11	15,8	5	1,400
	1800	48	0,90	10,22	19,91	± 0,28	4,17	0,13	0,43	± 0,006	38,1	± 0,162	430,4	± 2,6	23,70	377,9	0,67	± 0,02	1419	± 71	2524	± 126	190	1,3777	-10	16,2	5	1,598
	1800	46	0,90	9,53	25,31	± 0,30	5,20	0,16	0,43	± 0,006	38,2	± 0,163	428,4	± 2,6	23,64	378,1	0,62	± 0,02	1248	± 62	2635	± 132	200	1,3768	-10	16,6	5	1,960
	1800	46	0,60	9,36	0,00	**	0,00	0,00	0,36	± 0,006	34,9	± 0,219	372,3	± 2,3	20,47	337,0	0,87	± 0,03	116	± 6	2269	± 113	30	1,3850	-10	12,3	5	1,254
	1800	43	0,60	8,38	8,42	± 0,34	1,43	0,05	0,36	± 0,006	35,2	± 0,221	370,6	± 2,2	20,28	328,7	0,92	± 0,03	1014	± 51	2228	± 111	60	1,3815	-10	12,6	2	1,666
	1800	41	0,60	7,50	18,03	± 0,38	2,91	0,10	0,37	± 0,006	35,0	± 0,219	369,6	± 2,2	20,18	322,7	0,87	± 0,03	1519	± 76	2282	± 114	160	1,3804	-9	12,9	5	1,695
	1800	38	0,60	6,57	30,00	± 0,43	4,53	0,15	0,37	± 0,006	34,6	± 0,217	367,3	± 2,2	20,06	318,9	0,71	± 0,02	1561	± 78	2295	± 115	190	1,3730	-9	13,3	5	2,185
	1800	37	0,60	5,92	35,30	± 0,48	5,57	0,18	0,37	± 0,006	34,6	± 0,217	364,8	± 2,2	20,04	317,6	0,69	± 0,02	1426	± 71	2291	± 115	240	1,3735	-8	13,8	3	2,229
	1800	38	0,36	6,63	0,00	**	0,00	0,00	0,29	± 0,007	29,6	± 0,303	332,3	± 2,0	18,08	284,4	1,31	± 0,04	208	± 10	1693	± 85	40	1,3875	-10	10,3	2	1,391
	1800	37	0,36	6,01	4,45	± 0,4																						

## Apêndice IV.II – Resultados Diesel / gás.

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de gás natural	$\phi_g$	$RET_g$	$\delta_{RETg}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{m_{ar,s}}$	Pressão do ar no coletor	Restrição do ar	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NOx	$\delta_{NOx}$	n	Ignição	$\rho_{máx}$	$\theta\rho_{máx}$	(dp/dθ)máx
*APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	%	kg/h	-	-	-	%	%	kg / h	kg/h	psia		°C	mg/m3	mg/m3	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau
P0 (9° APMS)	1600	100	1,20	14,58	0,00	**	0,00	0,00	0,51	± 0,006	40,0	± 0,126	418,0	± 2,5	25,96	0,0	449,9	**	**	74	± 4	912	± 46	1,3917	0	12,2	14	0,41
	1600	42	1,20	8,66	40,60	± 0,33	5,71	0,37	0,58	± 0,006	38,5	± 0,126	383,3	± 2,3	25,04	8,3	476,9	**	**	1115	± 56	822	± 41	1,3806	0	12,4	14	0,56
	1600	39	1,20	7,28	50,07	± 0,39	6,80	0,43	0,59	± 0,006	38,7	± 0,128	375,0	± 2,3	24,6	10,3	473	**	**	1649	± 82	1213	± 61	1,3759	-1	12,8	13	0,60
	1600	36	1,20	5,87	59,74	± 0,48	7,89	0,48	0,60	± 0,006	39,2	± 0,133	364,6	± 2,2	24,1	12,8	469,9	**	**	1488	± 74	1331	± 67	1,3682	-1	13,1	13	0,61
	1600	29	1,21	3,62	75,17	± 0,78	9,62	0,55	0,62	± 0,006	40,0	± 0,141	348,3	± 2,1	23,26	16,7	463,2	**	**	1143	± 57	1726	± 86	1,3710	-1	13,9	12	0,69
	1600	42	1,21	8,84	39,37	± 0,32	5,81	0,41	0,62	± 0,006	37,9	± 0,123	367,6	± 2,2	23,82	12,1	507,4	**	**	1891	± 95	1133	± 57	1,3815	0	12,5	14	0,51
	1600	39	1,21	7,38	49,38	± 0,38	6,99	0,47	0,63	± 0,006	38,2	± 0,126	357,9	± 2,2	23,31	14,4	504	**	**	1710	± 86	1267	± 63	1,3774	0	12,9	13	0,59
	1600	36	1,21	5,91	59,47	± 0,48	7,99	0,52	0,64	± 0,006	38,8	± 0,131	344,9	± 2,1	22,7	17,5	501,3	**	**	1442	± 72	1465	± 73	1,3740	-1	13,3	12	0,58
	1600	30	1,21	3,98	72,70	± 0,71	9,66	0,60	0,67	± 0,006	39,1	± 0,135	331,3	± 2,0	22,05	20,8	502,9	**	**	849	± 42	1406	± 70	1,3699	-1	14,9	10	1,04
	1600	42	1,21	8,66	40,60	± 0,33	6,14	0,47	0,67	± 0,006	37,5	± 0,121	344,7	± 2,1	22,69	17,5	540,6	**	**	2087	± 104	1167	± 58	1,3754	0	12,3	13	0,60
	1600	39	1,21	7,20	50,62	± 0,39	7,24	0,54	0,68	± 0,006	38,0	± 0,125	332,8	± 2,0	22,09	20,4	534,5	**	**	1886	± 94	1342	± 67	1,3733	0	13,0	12	0,61
	1600	36	1,21	5,81	60,15	± 0,49	8,34	0,59	0,70	± 0,006	38,2	± 0,128	322,5	± 2,0	21,53	22,8	527,8	**	**	1822	± 91	1627	± 81	1,3691	-1	13,6	11	0,84
	1600	31	1,21	4,27	70,71	± 0,66	9,65	0,65	0,72	± 0,006	38,3	± 0,131	311,7	± 1,9	21,11	25,4	532,5	**	**	1449	± 72	2304	± 115	1,3662	-1	15,2	9	1,27
	1600	46	0,83	10,49	0,00	**	0,00	0,00	0,46	± 0,006	38,3	± 0,162	331,7	± 2,0	21,41	0,0	413,9	**	**	66	± 3	772	± 39	1,3885	1	9,7	11	0,59
	1600	34	0,82	5,26	49,86	± 0,54	5,14	0,37	0,53	± 0,006	35,8	± 0,160	309,3	± 1,9	20,65	6,7	410,5	**	**	1324	± 66	819	± 41	1,3757	1	9,7	11	0,75
	1600	30	0,83	4,13	60,63	± 0,68	6,12	0,43	0,54	± 0,006	36,0	± 0,163	303,0	± 1,8	20,38	8,7	408,2	**	**	1378	± 69	888	± 44	1,3738	0	9,8	12	0,74
	1600	27	0,83	3,10	70,45	± 0,91	6,93	0,46	0,54	± 0,006	36,5	± 0,169	297,8	± 1,8	20,12	10,2	406,4	**	**	1265	± 63	939	± 47	1,3715	0	9,8	13	0,56
	1600	23	0,83	1,78	83,03	± 1,59	7,92	0,51	0,55	± 0,006	37,0	± 0,178	290,6	± 1,8	19,77	12,4	399,7	**	**	1021	± 51	902	± 45	1,3786	-1	9,2	13	0,37
	1600	34	0,83	5,17	50,71	± 0,55	5,38	0,40	0,55	± 0,006	35,6	± 0,158	301,1	± 1,8	19,91	9,2	426	**	**	1426	± 71	861	± 43	1,3770	0	9,9	12	0,72
	1600	30	0,83	4,07	61,20	± 0,69	6,29	0,45	0,56	± 0,006	35,8	± 0,161	295,2	± 1,8	19,61	11,0	423,5	**	**	1423	± 71	943	± 47	1,3737	0	9,8	13	0,66
	1600	27	0,83	3,05	70,92	± 0,93	6,95	0,48	0,56	± 0,006	36,5	± 0,169	288,3	± 1,8	19,25	13,1	418,4	**	**	1204	± 60	1024	± 51	1,3660	-1	9,7	13	0,53
	1600	23	0,83	1,75	83,32	± 1,62	7,90	0,52	0,57	± 0,006	37,1	± 0,178	280,5	± 1,7	18,98	15,4	420,1	**	**	936	± 47	1014	± 51	1,3622	-1	9,4	13	0,38
	1600	34	0,83	5,22	50,24	± 0,54	5,49	0,43	0,58	± 0,006	35,0	± 0,155	290,7	± 1,8	19,16	12,4	447,4	**	**	1505	± 75	906	± 45	1,3754	-1	9,7	12	0,72
	1600	30	0,83	4,09	61,01	± 0,69	6,25	0,47	0,59	± 0,006	35,7	± 0,161	281,7	± 1,7	18,74	15,1	441,3	**	**	1427	± 71	1031	± 52	1,3698	0	9,8	12	0,69
	1600	27	0,83	3,08	70,64	± 0,92	6,93	0,51	0,59	± 0,006	36,5	± 0,169	274,7	± 1,7	18,38	17,2	436,2	**	**	1124	± 56	1151	± 58	1,3683	-1	9,8	13	0,53
	1600	23	0,83	1,79	82,94	± 1,58	7,93	0,55	0,60	± 0,006	37,2	± 0,178	268,5	± 1,6	18,07	19,1	429,4	**	**	923	± 46	1242	± 62	1,3675	-1	9,7	13	0,40
	1599	43	0,55	7,51	0,00	**	0,00	0,00	0,38	± 0,007	35,7	± 0,229	289,4	± 1,8	18,51	0,0	354,4	23,52	± 0,71	64	± 3	549	± 27	1,3763	1	8,3	10	0,55
	1600	39	0,55	5,81	22,64	± 0,49	2,00	0,17	0,42	± 0,007	33,2	± 0,215	281,5	± 1,7	18,28	2,7	347,6	28,22	± 0,85	850	± 43	507	± 25	1,3720	1	8,1	10	0,71
	1600	36	0,55	4,94	34,22	± 0,57	2,90	0,24	0,43	± 0,007	32,5	± 0,212	277,6	± 1,7	18,18	4,1	347,4	24,35	± 0,73	1131	± 57	511	± 26	1,3672	1	8,0	10	0,64
	1600	35	0,55	4,41	41,28	± 0,64	3,42	0,27	0,44	± 0,007	32,2	± 0,212	276,1	± 1,7	18,14	4,6	347,4	18,91	± 0,57	1304	± 65	517	± 26	1,3694	1	7,9	9	0,64
	1600	33	0,55	3,68	51,00	± 0,77	4,25	0,33	0,46	± 0,007	31,4	± 0,208	273,5	± 1,7	18,06	5,5	348,8	11,20	± 0,34	1556	± 78	522	± 26	1,3707	1	7,9	9	0,59
	1600	39	0,55	5,83	22,37	± 0,49	2,08	0,20	0,45	± 0,007	32,6	± 0,211	264,7	± 1,6	17,21	8,5	367,1	40,59	± 1,22	882	± 44	558	± 28	1,3715	1	8,1	10	0,69
	1600	36	0,55	4,92	34,49	± 0,57	2,99	0,27	0,47	± 0,007	32,1	± 0,210	259,7	± 1,6	17,07	10,3	366,6	34,36	± 1,03	1174	± 59	565	± 28	1,3745	1	7,9	10	0,66
	1600	34	0,55	4,19	44,21	± 0,68	3,76	0,32	0,48	± 0,007	31,5	± 0,208	256,9	± 1,6	17,00	11,2	367,4	25,16	± 0,75	1406	± 70	583	± 29	1,3688	1	7,8	9	0,65
	1600	33	0,55	3,62	51,80	± 0,78	4,36	0,36	0,49	± 0,006	31,1	± 0,207	255,2	± 1,5	16,94	11,8	371,1	18,07	± 0,54	1580	± 79	589	± 29	1,3742	1	7,7	9	0,59
	1600	38	0,55	5,62	25,17	± 0,50	2,44	0,27	0,52	± 0,007	31,9	± 0,207	235,1	± 1,4	15,39	18,8	425,9	108,64	± 3,26	1223	± 61	635	± 32	1,3641	1	7,5	12	0,76
	1600	37	0,55	5,05	32,76	± 0,56	2,99	0,32	0,53	± 0,007	31,7	± 0,206	233,2	± 1,4	15,31	19,4	422,7	105,62	± 3,17	1391	± 70	650	± 33	1,3658	1	7,5	12	0,76
	1600</																											

## Apêndice IV.II – Resultados Diesel / gás (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de gás natural	$\phi_g$	$RET_g$	$\delta_{RETg}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{m_{ar,s}}$	Pressão do ar no coletor	Restrição do ar	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NOx	$\delta_{NOx}$	n	Ignição	$p_{máx}$	$\theta p_{máx}$	(dp/dθ)máx
° APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	kg / h	kg/h	-	-	kg / h	%	kg / h	kg/h	kg/h	psia	%	°C	mg/m3	mg/m3	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau
P0 (9° APMS)	1800	100	1,26	17,25	0,00	**	0,00	0,00	0,48	± 0,006	40,1	± 0,128	517,6	± 3,1	28,6	0,0	434,1	**	**	32	± 2	957	± 48	1,3951	-3	13,6	13	0,43
	1800	51	1,27	12,07	30,03	± 0,23	5,11	0,28	0,54	± 0,006	38,8	± 0,126	486,5	± 3,0	28,09	6,0	453,6	**	**	1180	± 59	1081	± 54	1,3860	-2	14,0	13	0,54
	1800	48	1,27	10,27	40,46	± 0,28	6,67	0,34	0,55	± 0,006	38,8	± 0,128	478,4	± 2,9	27,71	7,6	450,3	**	**	1450	± 73	1153	± 58	1,3831	-2	14,3	13	0,58
	1800	43	1,27	8,46	50,96	± 0,33	8,09	0,39	0,55	± 0,006	39,0	± 0,129	469,0	± 2,8	27,24	9,4	446,2	**	**	1385	± 69	1175	± 59	1,3789	-2	14,5	12	0,65
	1800	38	1,26	6,52	62,20	± 0,43	9,56	0,44	0,56	± 0,006	39,5	± 0,133	461,0	± 2,8	26,79	10,9	435,2	**	**	1273	± 64	1333	± 67	1,3784	-2	15,1	12	0,64
	1800	51	1,28	12,45	27,83	± 0,23	5,08	0,32	0,59	± 0,006	38,2	± 0,124	449,2	± 2,7	26,79	13,2	497,4	**	**	1170	± 59	1068	± 53	1,3870	-1	13,4	13	0,50
	1800	48	1,28	10,67	38,14	± 0,27	6,59	0,39	0,60	± 0,006	38,4	± 0,126	441,3	± 2,7	26,38	14,7	491,6	**	**	1345	± 67	1072	± 54	1,3832	-1	13,7	13	0,59
	1800	43	1,28	8,69	49,62	± 0,33	8,10	0,44	0,60	± 0,006	38,9	± 0,164	434,7	± 2,6	25,87	16,0	484,1	**	**	505	± 25	810	± 41	1,3767	-1	14,1	13	0,60
	1800	38	1,28	6,67	61,33	± 0,42	9,54	0,50	0,61	± 0,006	39,6	± 0,169	422,1	± 2,6	25,27	18,4	488,4	**	**	928	± 46	1426	± 71	1,3725	-2	14,8	12	0,66
	1800	51	1,28	12,22	29,16	± 0,23	6,01	0,45	0,70	± 0,006	36,6	± 0,151	401,0	± 2,4	24,15	22,5	580,9	**	**	2689	± 134	1108	± 55	1,3785	-1	13,2	13	0,49
	1800	48	1,28	10,49	39,19	± 0,27	7,21	0,51	0,70	± 0,006	37,2	± 0,155	391,9	± 2,4	23,72	24,3	571,2	**	**	2294	± 115	1262	± 63	1,3758	-1	13,6	12	0,60
	1800	43	1,28	8,67	49,74	± 0,33	8,60	0,56	0,71	± 0,006	37,7	± 0,159	384,3	± 2,3	23,25	25,7	554,8	**	**	2037	± 102	1423	± 71	1,3712	-1	14,0	11	0,71
	1800	39	1,27	6,92	59,88	± 0,41	9,99	0,62	0,72	± 0,006	37,9	± 0,160	373,6	± 2,3	22,81	27,8	553,3	**	**	1735	± 87	1627	± 81	1,3695	-1	15,5	8	1,66
	1800	52	0,94	13,22	0,00	**	0,00	0,00	0,45	± 0,006	39,0	± 0,165	421,5	± 2,6	24,75	0,0	402,1	**	**	33	± 2	765	± 38	1,3968	-2	11,5	13	0,45
	1800	41	0,94	8,15	38,35	± 0,35	5,07	0,30	0,50	± 0,006	36,8	± 0,159	404,5	± 2,5	24,04	4,1	403,4	**	**	1133	± 57	842	± 42	1,3850	-1	11,5	12	0,70
	1800	38	0,94	6,81	48,49	± 0,42	6,37	0,36	0,52	± 0,006	36,5	± 0,159	396,6	± 2,4	23,68	5,9	398,2	**	**	1304	± 65	882	± 44	1,3836	-1	11,6	13	0,77
	1800	34	0,94	5,54	58,09	± 0,51	7,44	0,41	0,53	± 0,006	36,6	± 0,161	390,7	± 2,4	23,52	7,3	403,7	**	**	1377	± 69	945	± 47	1,3807	-1	11,6	12	0,73
	1800	29	0,94	3,48	73,68	± 0,81	8,99	0,47	0,54	± 0,006	37,2	± 0,169	376,8	± 2,3	22,92	10,6	400,2	**	**	1255	± 63	1030	± 52	1,3773	-2	11,8	12	0,66
	1800	41	0,94	7,80	41,00	± 0,36	5,59	0,35	0,54	± 0,006	36,3	± 0,157	385,4	± 2,3	22,95	8,6	428,5	**	**	1245	± 62	872	± 44	1,3836	-1	11,4	12	0,70
	1800	38	0,95	6,67	49,55	± 0,42	6,60	0,39	0,55	± 0,006	36,4	± 0,159	379,5	± 2,3	22,7	10,0	427,9	**	**	1368	± 68	922	± 46	1,3808	-1	11,5	13	0,74
	1800	34	0,94	5,26	60,21	± 0,54	7,68	0,44	0,56	± 0,006	36,7	± 0,132	370,3	± 2,2	22,29	12,2	425,6	**	**	1369	± 68	1014	± 51	1,3792	-1	11,5	11	0,72
	1800	29	0,95	3,52	73,37	± 0,80	8,94	0,49	0,56	± 0,006	37,5	± 0,140	359,5	± 2,2	21,79	14,7	425,4	**	**	1089	± 54	1093	± 55	1,3787	0	11,6	12	0,64
	1800	41	0,94	7,89	40,32	± 0,36	5,67	0,43	0,62	± 0,006	35,8	± 0,125	338,9	± 2,1	20,71	19,6	494,1	**	**	1536	± 77	1044	± 52	1,3787	0	10,9	11	0,80
	1800	38	0,95	6,77	48,79	± 0,42	6,63	0,48	0,63	± 0,006	35,9	± 0,127	332,4	± 2,0	20,39	21,2	492	**	**	1579	± 79	1140	± 57	1,3768	0	11,0	12	0,86
	1800	34	0,94	5,38	59,30	± 0,53	7,56	0,52	0,64	± 0,006	36,7	± 0,132	322,2	± 2,0	19,84	23,6	487,1	**	**	1297	± 65	1288	± 64	1,3719	-1	11,1	13	0,87
	1800	29	0,95	3,54	73,22	± 0,80	8,95	0,60	0,67	± 0,006	37,5	± 0,140	303,7	± 1,8	19	27,9	467,6	**	**	975	± 49	1664	± 83	1,3709	-1	11,8	12	0,65
	1800	48	0,60	9,40	0,00	**	0,00	0,00	0,37	± 0,006	35,2	± 0,130	372,1	± 2,3	20,6	0,0	349,7	15,15	± 0,45	50	± 3	693	± 35	1,3831	-2	9,6	9	0,71
	1800	46	0,61	8,48	9,79	± 0,33	0,94	0,07	0,39	± 0,006	34,6	± 0,129	359,1	± 2,2	20,29	3,5	341	16,02	± 0,48	379	± 19	644	± 32	1,3783	-2	9,4	9	0,69
	1800	43	0,60	7,32	22,13	± 0,39	2,22	0,15	0,40	± 0,006	33,5	± 0,127	355,6	± 2,2	20,18	4,4	341,6	13,30	± 0,40	754	± 38	618	± 31	1,3832	-1	9,3	9	0,73
	1800	41	0,60	6,36	32,34	± 0,44	3,22	0,21	0,42	± 0,006	32,9	± 0,126	352,2	± 2,1	20,06	5,3	341,9	11,40	± 0,34	1000	± 50	623	± 31	1,3775	-1	9,3	9	0,84
	1800	38	0,60	5,34	43,19	± 0,53	4,35	0,27	0,43	± 0,006	32,0	± 0,125	347,6	± 2,1	19,94	6,6	342,5	6,70	± 0,20	1289	± 64	619	± 31	1,3737	-1	9,2	9	0,83
	1800	47	0,60	8,58	8,72	± 0,33	0,81	0,07	0,42	± 0,006	34,8	± 0,130	332,1	± 2,0	18,9	10,7	370,2	31,34	± 0,94	353	± 18	677	± 34	1,3770	0	9,0	10	0,66
	1800	44	0,60	7,57	19,47	± 0,37	1,92	0,15	0,43	± 0,006	33,8	± 0,128	327,5	± 2,0	18,81	12,0	370,6	27,00	± 0,81	686	± 34	677	± 34	1,3756	0	9,1	10	0,70
	1800	41	0,60	6,36	32,34	± 0,44	3,18	0,23	0,45	± 0,006	33,0	± 0,154	321,2	± 1,9	18,65	13,7	371,1	24,32	± 0,73	1004	± 50	695	± 35	1,3688	0	9,0	10	0,85
	1800	38	0,60	5,44	42,13	± 0,52	4,13	0,29	0,47	± 0,006	32,4	± 0,153	317,3	± 1,9	18,54	14,7	372,7	15,08	± 0,45	1190	± 60	716	± 36	1,3683	-1	9,0	11	0,89
	1800	44	0,60	7,44	20,85	± 0,38	2,27	0,20	0,49	± 0,006	32,9	± 0,151	296,9	± 1,8	17,39	20,2	411,9	56,72	± 1,70	886	± 44	728	± 36	1,3660	0	8,1	12	0,89
	1800	41	0,60	6,40	31,91	± 0,44	3,27	0,28	0,51	± 0,006	32,5	± 0,151	292,4	± 1,8	17,26	21,4	411	55,89	± 1,68	1163	± 58	768	± 38	1,3641	0	8,5	10	

## Apêndice IV.II – Resultados Diesel / gás (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de gás natural	$\phi_g$	$RET_g$	$\delta_{RETg}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{m_{ar,s}}$	Pressão do ar no coletor	Restrição do ar	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NOx	$\delta_{NOx}$	n	Ignição	$\rho_{máx}$	$\theta\rho_{máx}$	(dp/dθ)máx
° APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	kg / h	kg/h	-	-	kg / h	%	kg / h	kg / h	kg/h	psia	%	°C	mg/m3	mg/m3	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau
P0 (9° APMS)	2200	100	1,19	21,22	0,00	**	0,00	0,00	0,49	± 0,006	37,6	± 0,227	622,4	± 3,8	29,16	0,0	482,4	**	**	77	± 4	856	± 43	1,3850	-3	13,9	11	0,55
	2200	68	1,20	17,07	19,56	± 0,17	3,99	0,19	0,53	± 0,006	36,9	± 0,223	597,0	± 3,6	28,88	4,1	484,9	**	**	756	± 38	938	± 47	1,3854	-2	14,1	12	0,54
	2200	64	1,19	14,75	30,49	± 0,19	6,01	0,27	0,53	± 0,006	36,9	± 0,223	595,4	± 3,6	28,81	4,3	473,4	**	**	1061	± 53	991	± 50	1,3823	-2	14,4	11	0,57
	2200	59	1,20	12,69	40,20	± 0,22	7,73	0,32	0,53	± 0,006	37,1	± 0,225	593,2	± 3,6	28,7	4,7	460,4	**	**	1262	± 63	1043	± 52	1,3807	-2	14,8	12	0,58
	2200	55	1,20	10,41	50,94	± 0,27	9,61	0,37	0,53	± 0,006	37,4	± 0,227	592,2	± 3,6	28,61	4,9	443,8	**	**	1390	± 70	1100	± 55	1,3796	-2	15,2	12	0,59
	2200	67	1,19	16,86	20,55	± 0,17	4,24	0,24	0,58	± 0,006	36,7	± 0,222	546,3	± 3,3	27,25	12,2	519,2	**	**	875	± 44	1004	± 50	1,3811	-2	13,5	13	0,54
	2200	64	1,20	14,97	29,45	± 0,19	5,91	0,31	0,59	± 0,006	36,8	± 0,223	538,2	± 3,3	27,48	13,5	508	**	**	1015	± 51	1046	± 52	1,3793	-2	13,8	11	0,58
	2200	59	1,20	12,87	39,35	± 0,22	7,64	0,37	0,59	± 0,006	37,1	± 0,225	532,6	± 3,2	27,31	14,4	496,4	**	**	1189	± 59	1132	± 57	1,3794	-2	14,1	11	0,65
	2200	54	1,20	10,05	52,64	± 0,28	9,79	0,44	0,59	± 0,006	37,6	± 0,229	523,2	± 3,2	26,98	15,9	492,5	**	**	982	± 49	1239	± 62	1,3771	-2	14,9	11	0,64
	2200	68	1,20	16,94	20,17	± 0,17	5,46	0,41	0,71	± 0,006	34,7	± 0,209	472,7	± 2,9	24,61	24,1	635,7	**	**	2268	± 113	1032	± 52	1,3747	-2	12,9	12	0,61
	2199	64	1,20	14,66	30,91	± 0,19	6,96	0,46	0,70	± 0,006	35,5	± 0,215	470,0	± 2,9	24,42	24,5	606,5	**	**	1894	± 95	1145	± 57	1,3744	-1	13,3	12	0,65
	2201	60	1,20	13,02	38,64	± 0,22	8,06	0,49	0,69	± 0,006	36,0	± 0,218	468,6	± 2,8	24,29	24,7	587,8	**	**	1636	± 82	1250	± 63	1,3751	-1	13,7	11	0,68
	2200	55	1,20	10,46	50,71	± 0,27	9,84	0,54	0,69	± 0,006	36,8	± 0,223	461,4	± 2,8	24,03	25,9	559,3	**	**	1255	± 63	1403	± 70	1,3731	-1	14,3	10	0,69
	2200	65	0,90	16,20	0,00	0,00	0,00	0,42	0,006	37,0	± 0,370	555,7	± 3,4	27,32	0,0	383,8	**	**	744	± 37	1,3874	-2	12,8	11	0,53			
	2200	56	0,90	11,45	29,32	± 0,25	4,94	0,22	0,46	± 0,006	35,0	± 0,350	548,3	± 3,3	26,79	1,3	382,5	**	**	921	± 46	727	± 36	1,3776	-2	12,7	11	0,64
	2200	53	0,90	9,83	39,32	± 0,29	6,55	0,28	0,47	± 0,006	34,7	± 0,348	543,0	± 3,3	26,64	2,3	380,1	**	**	1153	± 58	717	± 36	1,3780	-1	12,7	9	0,71
	2200	50	0,90	8,22	49,26	± 0,34	8,01	0,32	0,47	± 0,006	34,5	± 0,346	537,7	± 3,3	26,43	3,2	379,5	**	**	1366	± 68	731	± 37	1,3773	-1	12,7	11	0,77
	2200	45	0,89	6,32	60,99	± 0,45	9,71	0,37	0,48	± 0,006	34,2	± 0,343	529,3	± 3,2	26,16	4,7	375,8	**	**	1520	± 76	721	± 36	1,3760	-1	12,7	12	0,78
	2200	56	0,90	11,27	30,43	± 0,25	5,06	0,25	0,50	± 0,006	35,2	± 0,352	499,7	± 3,0	25,24	10,1	414	**	**	958	± 48	816	± 41	1,3789	-1	12,1	10	0,74
	2200	53	0,90	9,81	39,44	± 0,29	6,45	0,31	0,51	± 0,006	34,9	± 0,350	496,5	± 3,0	25,08	10,7	410,9	**	**	1148	± 57	805	± 40	1,3791	-1	12,0	11	0,72
	2200	50	0,90	8,20	49,38	± 0,34	7,90	0,36	0,52	± 0,006	34,8	± 0,350	490,0	± 3,0	24,88	11,8	411,7	**	**	1334	± 67	822	± 41	1,3778	-1	12,1	12	0,73
	2200	47	0,89	6,74	58,40	± 0,42	9,14	0,40	0,52	± 0,006	34,7	± 0,348	485,5	± 2,9	24,75	12,6	415,4	**	**	1429	± 71	834	± 42	1,3751	-1	12,1	12	0,75
	2200	56	0,90	11,23	30,68	± 0,25	5,24	0,31	0,56	± 0,006	34,8	± 0,348	448,8	± 2,7	22,94	19,2	466,4	**	**	1180	± 59	921	± 46	1,3791	-1	11,4	12	0,66
	2200	53	0,90	9,84	39,26	± 0,29	6,45	0,36	0,57	± 0,006	34,7	± 0,348	443,3	± 2,7	22,72	20,2	465	**	**	1323	± 66	950	± 48	1,3765	-1	11,6	11	0,70
	2199	50	0,90	8,22	49,26	± 0,34	7,88	0,42	0,58	± 0,006	34,8	± 0,349	436,9	± 2,7	22,54	21,4	458,7	**	**	1447	± 72	972	± 49	1,3722	-1	11,6	12	0,87
	2201	47	0,90	6,81	57,96	± 0,42	8,98	0,46	0,58	± 0,006	35,1	± 0,352	428,7	± 2,6	22,2	22,8	452,1	**	**	1444	± 72	1012	± 51	1,3676	-1	11,7	12	0,88
	2200	60	0,59	11,59	0,00	0,00	0,00	0,33	± 0,006	34,0	± 0,225	503,6	± 3,1	23,31	0,0	315,7	14,05	± 0,42	49	± 2	632	± 32	1,3821	-2	11,0	9	0,76	
	2200	55	0,59	8,98	22,52	± 0,31	3,02	0,14	0,37	± 0,006	31,7	± 0,210	491,5	± 3,0	23,15	2,4	320	9,62	± 29	822	± 41	553	± 28	1,3779	-1	11,0	6	0,75
	2200	53	0,59	8,05	30,54	± 0,35	4,05	0,18	0,38	± 0,006	31,1	± 0,206	488,7	± 3,0	23,08	3,0	320,3	5,69	± 17	1070	± 54	544	± 27	1,3734	-1	10,8	6	0,80
	2201	51	0,59	6,82	41,16	± 0,41	5,52	0,24	0,40	± 0,006	30,0	± 0,200	486,5	± 3,0	23,04	3,4	321,3	3,98	± 12	1453	± 73	524	± 26	1,3763	-1	10,7	6	0,78
	2200	49	0,59	5,61	51,60	± 0,50	6,97	0,29	0,41	± 0,006	29,0	± 0,194	483,5	± 2,9	22,99	4,0	322,7	2,29	± 0,07	1833	± 92	505	± 25	1,3741	-1	10,6	9	0,72
	2200	57	0,59	9,93	14,32	± 0,28	1,96	0,11	0,40	± 0,006	32,4	± 0,215	447,3	± 2,7	21,5	11,2	351,2	13,98	± 0,42	527	± 26	655	± 33	1,3794	-1	10,1	9	0,74
	2200	56	0,59	9,10	21,48	± 0,31	2,85	0,15	0,41	± 0,006	31,9	± 0,212	443,6	± 2,7	21,4	11,9	352,2	14,24	± 0,43	750	± 38	644	± 32	1,3787	-1	10,1	11	0,83
	2200	53	0,59	8,08	30,28	± 0,35	3,95	0,21	0,42	± 0,006	31,3	± 0,208	440,6	± 2,7	21,32	12,5	353,5	9,35	± 28	1013	± 51	634	± 32	1,3767	-1	10,0	11	0,96
	2200	51	0,59	6,78	41,50	± 0,42	5,35	0,27	0,43	± 0,006	30,5	± 0,204	437,0	± 2,7	21,24	13,2	355,7	5,12	± 15	1341	± 67	622	± 31	1,3762	-1	9,9	9	0,85
	2200	58	0,59	10,49	9,49	± 0,27	1,52	0,10	0,44	± 0,006	32,3	± 0,213	405,3	± 2,5	19,58	19,5	396,9	42,74	± 1,28	495	± 25	731	± 37	1,3795	-1	9,4	10	0,91
	2200	55	0,59	9,03	22,09	± 0,31	3,03	0,19	0,46	± 0,006	31,5	± 0,209	397,0	± 2,4	19,37	21,2	397,8	29,79	± 0,89	860	± 43	732	± 37	1,3815	0	9,5	7	0,92
	2200	54																										

## Apêndice IV.II – Resultados Diesel / gás (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de gás natural	$\phi_g$	$RET_g$	$\delta_{RETg}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{m_{ar,s}}$	Pressão do ar no coletor	Restrição do ar	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NOx	$\delta_{NOx}$	n	Ignição	$\rho_{máx}$	$\theta\rho_{máx}$	(dp/dθ)máx
° APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	kg / h	kg/h	-	-	kg / h	%	kg / h	kg / h	kg/h	psia	%	°C	mg/m3	mg/m3	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau
P1 (10° APMS)	1800	100	1,25	17,12	0,00	**	0,00	0,00	0,50	± 0,006	40,0	± 0,128	499,6	± 3,0	28,48	0,0	440,9	**	**	133	± 7	1197	± 60	1,3913	-4	14,7	11	0,60
	1800	51	1,26	11,95	30,20	± 0,24	5,19	0,30	0,56	± 0,006	38,4	± 0,125	469,5	± 2,9	27,78	6,0	454,4	**	**	1481	± 74	1478	± 74	1,3825	-4	15,4	10	0,66
	1800	48	1,26	10,44	39,02	± 0,27	6,43	0,35	0,56	± 0,006	38,6	± 0,127	460,7	± 2,8	27,34	7,8	450,2	**	**	1565	± 78	1576	± 79	1,3810	-4	15,7	10	0,69
	1800	43	1,26	8,60	49,77	± 0,33	7,92	0,41	0,57	± 0,006	39,0	± 0,130	452,4	± 2,7	26,94	9,4	444,1	**	**	1311	± 66	1688	± 84	1,3759	-4	16,1	10	0,72
	1800	38	1,26	6,72	60,75	± 0,42	9,28	0,46	0,58	± 0,006	39,5	± 0,134	439,9	± 2,7	26,28	12,0	440,5	**	**	1002	± 50	1869	± 93	1,3727	-4	16,2	9	0,87
	1800	51	1,26	11,85	30,78	± 0,24	5,39	0,30	0,55	± 0,006	38,2	± 0,125	474,6	± 2,9	26,83	5,0	467,4	**	**	1574	± 79	1458	± 73	1,3815	-4	15,3	10	0,74
	1800	47	1,27	10,27	40,01	± 0,28	6,67	0,39	0,60	± 0,006	38,6	± 0,127	435,8	± 2,6	26,24	12,8	477,7	**	**	1171	± 59	1533	± 77	1,3752	-4	15,2	10	0,72
	1800	43	1,26	8,57	49,94	± 0,33	7,92	0,45	0,61	± 0,006	39,1	± 0,165	424,0	± 2,6	25,64	15,1	476,5	**	**	816	± 41	1725	± 86	1,3725	-4	15,6	10	0,82
	1800	39	1,26	6,96	59,35	± 0,41	9,25	0,50	0,62	± 0,006	39,3	± 0,167	414,7	± 2,5	25,28	17,0	481,9	**	**	644	± 32	1946	± 97	1,3715	-4	16,1	7	1,20
	1800	55	1,26	13,44	21,50	± 0,21	5,31	0,47	0,74	± 0,006	35,4	± 0,146	385,7	± 2,3	23,82	22,8	607,5	**	**	4142	± 207	1301	± 65	1,3714	-3	14,1	10	0,70
P2 (10° APMS)	1800	52	1,27	12,25	28,45	± 0,23	6,20	0,52	0,75	± 0,006	35,7	± 0,148	378,7	± 2,3	23,45	24,2	603,9	**	**	3911	± 196	1434	± 72	1,3656	-4	14,4	10	0,84
	1800	48	1,26	10,32	39,72	± 0,27	7,76	0,61	0,77	± 0,006	35,9	± 0,150	365,6	± 2,2	22,86	26,8	601	**	**	3752	± 188	1646	± 82	1,3654	-4	15,2	8	1,19
	1800	43	1,27	8,55	50,06	± 0,33	9,38	0,68	0,79	± 0,006	35,9	± 0,150	358,6	± 2,2	22,58	28,2	592,6	**	**	3960	± 198	1969	± 98	1,3670	-4	15,8	7	1,65
	1800	53	0,94	13,24	0,00	0,00	0,43	0,00	0,66	± 0,006	38,8	± 0,164	445,7	± 2,7	24,8	-5,7	395,7	**	**	113	± 6	1114	± 56	1,3918	-4	12,8	11	0,73
	1800	41	0,95	7,74	41,45	± 0,37	5,58	0,31	0,50	± 0,006	36,6	± 0,158	415,8	± 2,5	24,02	1,4	396,2	**	**	1225	± 61	1274	± 64	1,3766	-3	12,8	9	0,96
	1800	38	0,94	6,65	49,70	± 0,43	6,54	0,35	0,51	± 0,006	36,2	± 0,158	408,3	± 2,5	23,7	3,2	394,9	**	**	1431	± 72	1329	± 66	1,3782	-3	12,8	11	1,05
	1800	35	0,94	5,38	59,30	± 0,53	7,58	0,40	0,51	± 0,006	36,5	± 0,161	401,9	± 2,4	23,38	4,7	393,3	**	**	1437	± 72	1416	± 71	1,3806	-4	13,1	10	0,96
	1800	29	0,94	3,19	75,87	± 0,89	9,23	0,46	0,52	± 0,006	37,4	± 0,169	387,0	± 2,3	22,73	8,2	387,6	**	**	1112	± 56	1547	± 77	1,3710	-4	12,9	11	0,67
	1800	41	0,95	7,89	40,32	± 0,36	5,48	0,32	0,51	± 0,006	36,5	± 0,158	402,5	± 2,4	23,28	4,5	410,8	**	**	1330	± 67	1266	± 63	1,3843	-3	12,8	11	0,82
	1800	38	0,95	6,62	49,92	± 0,43	6,59	0,37	0,53	± 0,006	36,5	± 0,160	394,6	± 2,4	22,99	6,4	410,2	**	**	1460	± 73	1312	± 66	1,3809	-3	12,8	12	0,92
	1800	34	0,94	5,12	61,27	± 0,55	7,74	0,42	0,53	± 0,006	36,8	± 0,232	384,3	± 2,3	22,51	8,8	409,3	**	**	1290	± 65	1485	± 74	1,3746	-4	13,0	10	0,86
	1800	29	0,95	3,23	75,57	± 0,88	9,17	0,47	0,54	± 0,006	37,7	± 0,241	373,2	± 2,3	22,02	11,5	409,2	**	**	935	± 47	1638	± 82	1,3735	-4	13,1	11	0,69
	1800	43	0,94	8,09	38,80	± 0,35	5,57	0,41	0,61	± 0,006	35,6	± 0,222	344,5	± 2,1	20,45	18,3	488,3	**	**	1794	± 90	1414	± 71	1,3702	-3	12,0	11	0,82
	1800	38	0,94	6,58	50,23	± 0,43	6,68	0,47	0,62	± 0,006	36,0	± 0,226	333,9	± 2,0	20,02	20,8	490,1	**	**	1488	± 74	1618	± 81	1,3665	-3	12,3	9	0,89
	1800	34	0,94	5,16	60,97	± 0,55	7,76	0,53	0,64	± 0,006	36,5	± 0,230	323,0	± 2,0	19,51	23,4	485,1	**	**	1232	± 62	1915	± 96	1,3702	-3	12,6	8	0,96
	1800	29	0,94	3,19	75,87	± 0,89	9,36	0,60	0,66	± 0,006	37,0	± 0,236	309,3	± 1,9	18,9	26,6	478,9	**	**	987	± 49	2695	± 135	1,3609	-4	13,0	7	0,81
P2 (10° APMS)	1800	43	0,60	9,14	0,00	0,00	0,37	± 0,006	36,1	± 0,230	355,1	± 2,2	20,74	0,0	340,2	13,67	± 0,41	58	± 3	937	± 47	1,3869	-3	10,5	9	0,82		
	1800	41	0,60	8,23	9,96	± 0,34	1,23	0,09	0,40	± 0,006	34,2	± 0,218	351,1	± 2,1	20,53	1,1	331,5	14,20	± 0,43	298	± 15	887	± 44	1,3843	-3	10,5	9	0,90
	1800	39	0,60	7,34	19,69	± 0,39	2,15	0,15	0,41	± 0,006	33,6	± 0,216	346,9	± 2,1	20,41	2,3	331,9	13,73	± 0,41	499	± 25	899	± 45	1,3820	-3	10,5	9	0,95
	1800	36	0,60	6,37	30,31	± 0,44	3,22	0,22	0,43	± 0,006	32,8	± 0,211	342,6	± 2,1	20,25	3,5	331,8	11,86	± 0,36	687	± 34	935	± 47	1,3833	-3	10,4	6	0,95
	1800	33	0,60	5,37	41,25	± 0,53	4,22	0,27	0,44	± 0,006	32,3	± 0,209	337,5	± 2,0	20,09	5,0	332,5	5,83	± 0,17	829	± 41	967	± 48	1,3802	-3	10,2	7	1,00
	1800	41	0,60	8,23	9,96	± 0,34	1,30	0,11	0,43	± 0,006	33,9	± 0,216	325,1	± 2,0	18,91	8,5	365,7	29,72	± 0,89	311	± 16	920	± 46	1,3784	-3	10,0	9	1,04
	1800	38	0,60	7,21	21,12	± 0,39	2,46	0,19	0,46	± 0,006	32,9	± 0,210	320,7	± 1,9	18,78	9,7	365,7	31,27	± 0,94	590	± 30	957	± 48	1,3798	-2	10,0	9	1,18
	1800	36	0,60	6,38	30,20	± 0,44	3,28	0,25	0,47	± 0,006	32,5	± 0,209	316,5	± 1,9	18,65	10,9	365	26,03	± 0,78	755	± 38	986	± 49	1,3739	-3	9,9	9	1,18
	1800	34	0,60	5,40	40,92	± 0,52	4,15	0,30	0,48	± 0,006	32,4	± 0,210	311,5	± 1,9	18,47	12,3	364,9	15,36	± 0,46	870	± 44	1048	± 52	1,3726	-3	9,8	6	1,00
	1800	38	0,60	7,24	20,79	± 0,39	2,52	0,23	0,51	± 0,006	32,6	± 0,208	291,0	± 1,8	17,33	18,1	406,8	58,75	± 1,76	689	± 34	1036	± 52	1,3738	-2	9,5	9	1,04
P3 (10° APMS)	1800	36	0,60	6,30	31,07	± 0,45	3,45	0,30	0,52	± 0,006	32,2	± 0,207	285,7	± 1,7	17,17	19,5	405,1	51,85	± 1,56	930	± 47	11						

## Apêndice IV.II – Resultados Diesel / gás (continuação).

Ponto de Injeção	RPM	Posição do acelerador	pme	Consumo de diesel	TS	$\delta_{TS}$	Consumo de gás natural	$\phi_g$	$RET_g$	$\delta_{RETg}$	Rend. térmico	$\delta_{\eta_T}$	Vazão de ar seco	$\delta_{m_{ar,s}}$	Pressão do ar no coletor	Restrição do ar	Temperatura exaustão	MP	$\delta_{MP}$	CO	$\delta_{CO}$	NOx	$\delta_{NOx}$	n	Ignição	$\rho_{máx}$	$\theta\rho_{máx}$	(dp/dθ)máx
° APMS	rpm	%	MPa	kg/h	%	kg / h	kg/h	-	-	kg / h	%	kg / h	kg / h	kg/h	psia	%	°C	mg/m3	mg/m3	ppm	ppm	ppm	ppm	-	graus	Mpa	graus	Mpa/grau
P2 (11° APMS)	1800	100	1,21	16,88	0,00	**	0,00	0,00	0,52	± 0,006	39,3	± 0,126	472,8	± 2,9	27,92	0,0	446,3	**	**	270	± 14	1257	± 63	1,3932	-6	15,3	9	0,75
	1800	51	1,21	11,56	31,52	± 0,24	5,01	0,30	0,56	± 0,006	38,3	± 0,125	450,6	± 2,7	27,14	4,7	450	**	**	1612	± 81	1538	± 77	1,3784	-6	15,8	9	0,77
	1800	50	1,21	11,01	34,77	± 0,26	5,41	0,32	0,56	± 0,006	38,4	± 0,126	448,6	± 2,7	26,97	5,1	446,2	**	**	1616	± 81	1576	± 79	1,3791	-6	15,9	9	0,83
	1800	43	1,21	8,38	50,36	± 0,34	7,47	0,41	0,57	± 0,006	39,1	± 0,131	432,2	± 2,6	26,23	8,6	439,1	**	**	1045	± 52	1836	± 92	1,3757	-6	16,2	8	0,87
	1800	39	1,21	6,98	58,65	± 0,41	8,53	0,46	0,59	± 0,006	39,4	± 0,134	415,4	± 2,5	25,94	12,1	431,8	**	**	780	± 39	1978	± 99	1,3778	-6	16,4	8	1,00
	1800	51	1,21	11,56	31,52	± 0,24	5,09	0,32	0,58	± 0,006	38,1	± 0,125	433,6	± 2,6	26,42	8,3	460,7	**	**	1544	± 77	1555	± 78	1,3833	-6	15,8	9	0,74
	1800	48	1,22	10,09	40,23	± 0,28	6,21	0,38	0,59	± 0,006	38,6	± 0,127	424,4	± 2,6	25,96	10,2	460,7	**	**	1235	± 62	1698	± 85	1,3770	-6	16,0	8	0,77
	1800	43	1,22	8,25	51,13	± 0,34	7,67	0,44	0,60	± 0,006	39,0	± 0,131	412,8	± 2,5	25,39	12,7	460,1	**	**	821	± 41	1880	± 94	1,3732	-6	16,1	9	0,90
	1800	39	1,22	6,76	59,95	± 0,42	8,90	0,49	0,62	± 0,006	39,1	± 0,133	402,2	± 2,4	25,02	14,9	461,7	**	**	642	± 32	2092	± 105	1,3699	-6	16,6	8	1,22
	1800	51	1,22	11,47	32,05	± 0,25	5,64	0,44	0,68	± 0,006	37,0	± 0,121	383,8	± 2,3	23,91	18,8	543,7	**	**	2298	± 115	1584	± 79	1,3725	-5	15,0	8	0,91
	1800	48	1,21	10,06	40,40	± 0,28	6,69	0,49	0,69	± 0,006	37,5	± 0,123	376,0	± 2,3	23,47	20,5	537,7	**	**	1906	± 95	1740	± 87	1,3684	-6	15,3	7	0,93
	1800	43	1,22	8,23	51,24	± 0,34	8,23	0,57	0,71	± 0,006	37,6	± 0,125	365,4	± 2,2	23,02	22,7	532,4	**	**	1722	± 86	2025	± 101	1,3608	-6	15,8	8	1,03
	1800	39	1,21	6,77	59,89	± 0,42	9,64	0,63	0,73	± 0,006	37,2	± 0,126	355,9	± 2,2	22,68	24,7	527,6	**	**	1711	± 86	2443	± 122	1,3635	-6	16,6	6	1,81
	1800	55	0,94	13,47	0,00	**	0,00	0,00	0,47	± 0,006	38,3	± 0,156	412,6	± 2,5	24,84	2,1	412,4	**	**	187	± 9	1209	± 60	1,3875	-5	13,5	8	0,80
	1800	43	0,94	7,92	40,09	± 0,36	5,43	0,34	0,53	± 0,006	36,5	± 0,152	387,0	± 2,3	23,8	8,2	404,6	**	**	1418	± 71	1450	± 73	1,3853	-5	13,6	9	1,00
	1800	39	0,95	6,81	48,49	± 0,42	6,38	0,38	0,54	± 0,006	36,6	± 0,154	380,0	± 2,3	23,5	9,9	402,1	**	**	1381	± 69	1508	± 75	1,3833	-5	13,8	9	1,09
	1800	36	0,94	5,83	55,90	± 0,49	7,11	0,42	0,55	± 0,006	36,8	± 0,157	372,7	± 2,3	23,2	11,6	403,6	**	**	1213	± 61	1614	± 81	1,3742	-6	14,0	8	1,06
	1800	30	0,94	3,51	73,45	± 0,81	8,85	0,49	0,56	± 0,006	37,6	± 0,166	356,1	± 2,2	22,38	15,5	396,6	**	**	807	± 40	1903	± 95	1,3688	-6	14,2	8	0,84
	1800	43	0,95	7,93	40,02	± 0,36	5,46	0,36	0,56	± 0,006	36,4	± 0,152	371,5	± 2,3	22,83	11,9	424,4	**	**	1451	± 73	1469	± 73	1,3770	-5	13,6	9	0,97
	1800	39	0,94	6,71	49,24	± 0,42	6,44	0,41	0,56	± 0,006	36,5	± 0,154	365,0	± 2,2	22,5	13,4	423	**	**	1291	± 65	1570	± 79	1,3749	-6	13,6	8	1,05
	1800	36	0,94	5,49	58,47	± 0,52	7,37	0,45	0,57	± 0,006	37,0	± 0,158	357,4	± 2,2	22,13	15,2	423	**	**	1036	± 52	1744	± 87	1,3765	-6	13,8	8	1,01
	1800	30	0,95	3,44	73,98	± 0,82	8,98	0,52	0,59	± 0,006	37,6	± 0,165	343,3	± 2,1	21,56	18,6	426,4	**	**	718	± 36	2143	± 107	1,3679	-6	14,2	6	0,82
	1800	43	0,95	7,81	40,92	± 0,36	5,71	0,45	0,64	± 0,006	36,0	± 0,150	328,2	± 2,0	20,63	22,1	486,9	**	**	1478	± 74	1642	± 82	1,3723	-5	12,9	9	1,03
	1800	39	0,94	6,64	49,77	± 0,43	6,62	0,50	0,65	± 0,006	36,2	± 0,153	319,7	± 1,9	20,22	24,1	482,3	**	**	1302	± 65	1817	± 91	1,3664	-5	13,0	7	0,97
	1800	36	0,95	5,73	56,66	± 0,49	7,43	0,55	0,67	± 0,006	36,3	± 0,154	312,6	± 1,9	19,79	25,8	468,4	**	**	1166	± 58	2020	± 101	1,3667	-5	13,1	7	1,06
	1800	30	0,94	3,50	73,52	± 0,81	9,20	0,63	0,70	± 0,006	36,7	± 0,161	296,3	± 1,8	19,2	29,7	472,7	**	**	875	± 44	2926	± 146	1,3613	-6	14,0	7	0,96
	1800	46	0,60	9,13	0,00	**	0,00	0,00	0,36	± 0,006	36,2	± 0,227	363,4	± 2,2	20,67	0,0	337,8	13,61	± 0,41	74	± 4	1035	± 52	1,3830	-4	10,7	7	0,94
	1800	44	0,60	8,08	11,50	± 0,35	1,24	0,09	0,38	± 0,006	34,7	± 0,219	360,4	± 2,2	20,5	0,8	333,8	12,84	± 0,39	316	± 16	998	± 50	1,3859	-4	10,6	8	0,98
	1800	41	0,60	7,14	21,80	± 0,40	2,31	0,15	0,40	± 0,006	33,7	± 0,213	355,8	± 2,2	20,39	2,1	334,4	12,63	± 0,38	493	± 25	1028	± 51	1,3855	-4	10,6	6	1,01
	1800	39	0,60	6,29	31,11	± 0,45	3,18	0,21	0,41	± 0,006	33,2	± 0,211	351,4	± 2,1	20,27	3,3	333,9	9,76	± 0,29	630	± 32	1058	± 53	1,3782	-4	10,5	7	1,11
	1800	36	0,60	5,29	42,06	± 0,53	4,20	0,26	0,43	± 0,006	32,6	± 0,209	345,7	± 2,1	20,09	4,9	333,7	5,19	± 0,16	730	± 37	1096	± 55	1,3787	-4	10,6	7	1,16
	1800	44	0,60	8,17	10,51	± 0,35	1,25	0,10	0,42	± 0,006	34,3	± 0,216	330,1	± 2,0	18,83	9,1	368,8	20,57	± 0,62	287	± 14	1085	± 54	1,3764	-4	10,2	8	0,99
	1800	42	0,60	7,29	20,15	± 0,39	2,26	0,17	0,44	± 0,006	33,4	± 0,211	327,0	± 2,0	18,74	10,0	369,8	22,57	± 0,68	298	± 15	1076	± 54	1,3754	-4	10,1	8	0,99
	1800	38	0,60	6,26	31,43	± 0,45	3,30	0,24	0,46	± 0,006	32,8	± 0,208	321,9	± 2,0	18,59	11,4	368,5	20,93	± 0,63	736	± 37	1157	± 58	1,3717	-4	10,1	8	0,99
	1800	36	0,60	5,33	41,62	± 0,53	4,18	0,29	0,47	± 0,006	32,5	± 0,208	318,0	± 1,9	18,45	12,5	368,2	11,30	± 0,34	850	± 43	1217	± 61	1,3728	-5	10,1	7	1,05
	1800	41	0,60	7,27	20,37	± 0,39	2,35	0,20	0,48	± 0,006	33,1	± 0,209	301,0	± 1,8	17,5	17,2	405	44,55	± 1,34	642	± 32	1161	± 58	1,3766	-3	9,7	8	1,14
	1800	38	0,60	6,28	31,22	± 0,45	3,39	0,28	0,50	± 0,006	32,4	± 0,206	295,9	± 1,8	17,33	18,6	404,2	40,22	± 1,21	885	± 44	1254	± 63	1,3696	-4	9,7	8	

## Apêndice V: Restrição parcial do ar no modo Diesel / etanol.

Na Figura AV são apresentados alguns dos resultados preliminares obtidos nos ensaios Diesel/etanol, com restrição parcial do ar de combustão. Em princípio, as reduções de hidrocarbonetos obtidas pela restrição torna-se um fato relevante para a otimização da operação bicombustível. Porém, futuros trabalhos deverão realizar um estudo mais detalhado, avaliando os efeitos dessa técnica nas diferentes condições de funcionamento dos motores.

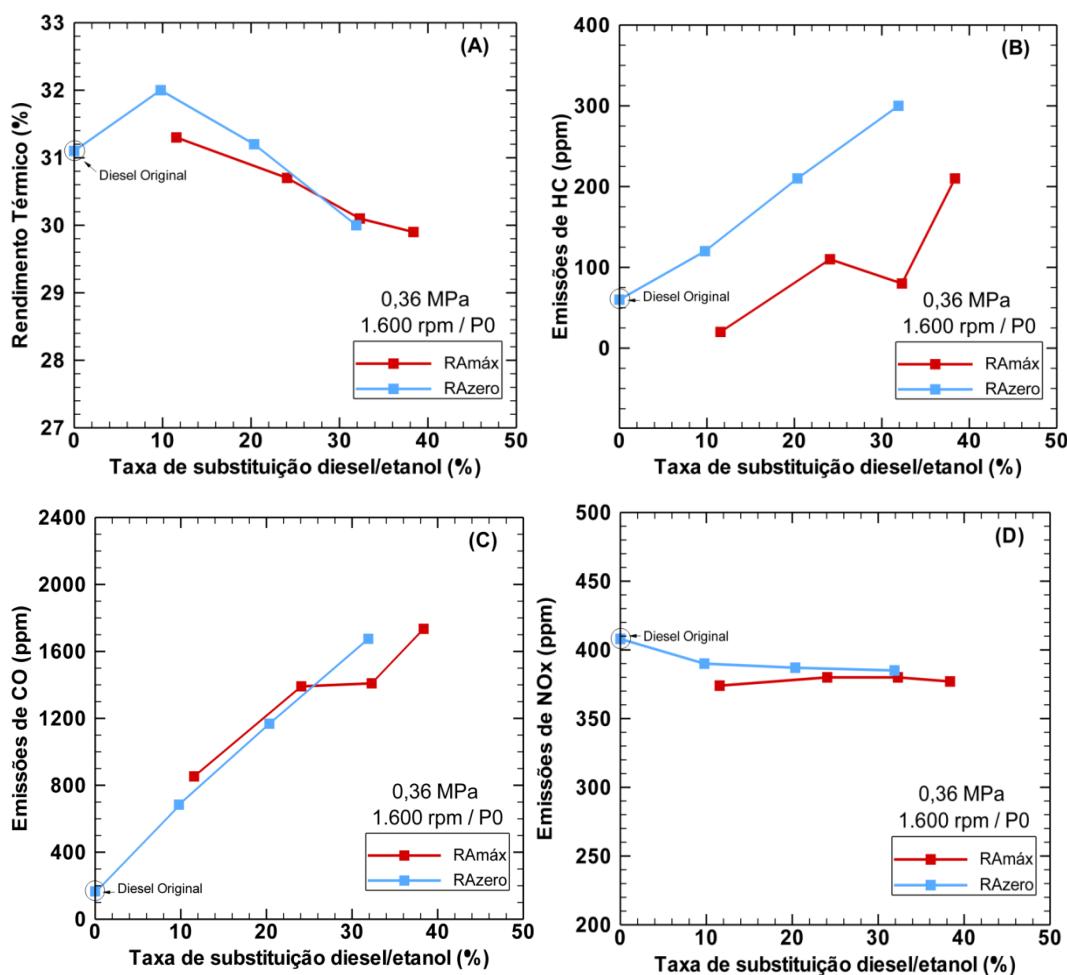


Figura AV: Rendimento térmico e emissões de HC, CO e NO<sub>x</sub> variando com a taxa de substituição Diesel/etanol e a restrição do ar;  $pme = 0,36 \text{ MPa}$ ; RPM = 1.800; ponto de injeção do diesel:  $P0 = 9^\circ \text{ APMS}$ .