



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



TESE DE DOUTORADO

FORMULAÇÃO DE NOVOS COMBUSTÍVEIS BASE DIESEL: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E EMISSÕES

Manoel Reginaldo Fernandes

Orientador: Prof. Dr. Afonso Avelino Dantas Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Lins de Barros Neto

Natal / RN

Maio / 2011

Manoel Reginaldo Fernandes

**FORMULAÇÃO DE NOVOS COMBUSTÍVEIS BASE
DIESEL: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E EMISSÕES**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Química, sob a orientação do Prof. Dr. Afonso Avelino Dantas Neto e coorientação do Prof. Dr. Eduardo Lins de Barros Neto.

Natal / RN
Maio / 2011

Catálogo da Publicação na Fonte.
UFRN / CT / PPGEQ
Biblioteca Setorial "Professor Horácio Nicolas Solimo".

Fernandes, Manoel Reginaldo.

Formulação de novos combustíveis base diesel: avaliação de desempenho e emissões / Manoel Reginaldo Fernandes. - Natal, 2011.

138 f.: il.

Orientador: Afonso Avelino Dantas Neto.

Co-orientador: Eduardo Lins de Barros Neto.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

1. Combustíveis diesel - Tese. 2. Biodiesel - Tese. 3. Combustível microemulsionado - Tese. 4. Combustíveis alternativos - Tese. 5. Motor diesel - Tese. 6. Emissões de poluentes - Tese. I. Dantas Neto, Afonso Avelino. II. Barros Neto, Eduardo Lins de. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSEQ

CDU 665.753(043.2)

Manoel Reginaldo Fernandes

**FORMULAÇÃO DE NOVOS COMBUSTÍVEIS BASE-DIESEL: AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO E EMISSÕES**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Aprovado (a) em 16 de maio de 2011



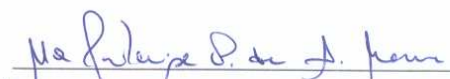
Prof. Dr. Afonso Avelino Dantas Neto
Orientador (a) - UFRN



Prof. Dr. Eduardo Lins de Barros Neto
Co-orientador (a) - UFRN



Prof.^a. Dr.^a. Tereza Neuma de Castro Dantas
Membro Interno - UFRN



Dr.^a. Maria Carlenise P. de Alencar Moura
Membro Interno - UFRN



Prof. Dr. Marcelo Bezerra Grilo
Membro Externo - UFCG



Prof.^a. Dr.^a. Michelle Sinara Gregório Dantas
Membro Externo - IFBA

Fernandes, M. R. – Formulação de novos combustíveis base-diesel: avaliação de desempenho e emissões. Tese de Doutorado, UFRN, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Área de concentração: Tecnologia de Tensoativos, Natal/RN, Brasil.

Orientador: Prof. Dr. Afonso Avelino Dantas Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Lins de Barros Neto

RESUMO: A indústria, ao longo dos anos, vem trabalhando no sentido de melhorar a eficiência dos motores. Mais recentemente surgiu, também, a necessidade de reduzir as emissões de poluentes para se adequar às severas leis ambientais. Isto tem despertado o interesse de desenvolver pesquisas no sentido de substituir os combustíveis derivados do petróleo por diversos tipos de combustíveis menos poluentes, tais como: misturas de óleo diesel com ésteres de óleos vegetais e óleo diesel com óleos vegetais e álcool, emulsões e microemulsões. Este trabalho tem como objetivo desenvolver sistemas microemulsionados a partir de tensoativos não iônicos dos grupos nonilfenóis etoxilados e álcoois láuricos etoxilados, misturas com etanol/diesel e misturas diesel/biodiesel para uso em motores diesel. Em uma primeira fase, visando selecionar os sistemas microemulsionados, foram obtidos diagramas ternários das misturas, sendo os sistemas compostos por: tensoativos não-iônicos, água como fase polar e como fase apolar o diesel e/ou misturas diesel/biodiesel. Os sistemas microemulsionados e as misturas, que representam os combustíveis estudados, foram caracterizados quanto à massa específica, a viscosidade, o índice de cetano e o ponto de fulgor. Também foram avaliados o efeito da temperatura nos sistemas microemulsionados, o desempenho do motor, e as emissões de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos não queimados e fumaça de todos os sistemas. Os ensaios de consumo específico e das emissões em função da potência foram realizados em um motor de ciclo diesel em uma bancada dinamométrica e o analisador de emissões GreenLine 8000. Os resultados mostraram um pequeno aumento no consumo específico para os combustíveis microemulsionados, nas misturas diesel/biodiesel em relação ao diesel puro, porém com uma redução nas emissões de óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos não queimados, índice de fumaça e óxidos de enxofre.

PALAVRAS CHAVE:

- | | | |
|----------------|---------------------------|---------------------------|
| · Diesel | · Biodiesel | · Emissões de poluentes |
| · Motor diesel | · Combustível alternativo | · Diesel microemulsionado |
-

ABSTRACTS

Fernandes, M. R. – Formulation of new diesel-based fuels: evaluation of performance and emissions. Doctorate Thesis, UFRN, Chemical Engineering Post-Graduate Program, Research Area: Surfactants Technology, Natal/RN, Brazil.

ABSTRACT: The industry, over the years, has been working to improve the efficiency of diesel engines. More recently, it was observed the need to reduce pollutant emissions to conform to the stringent environmental regulations. This has attached a great interest to develop researches in order to replace the petroleum-based fuels by several types of less polluting fuels, such as blends of diesel oil with vegetable oil esters and diesel fuel with vegetable oils and alcohol, emulsions, and also microemulsions. The main objective of this work was the development of microemulsion systems using nonionic surfactants that belong to the Nonylphenols ethoxylated group and Lauric ethoxylated alcohol group, ethanol/diesel blends, and diesel/biodiesel blends for use in diesel engines. First, in order to select the microemulsion systems, ternary phase diagrams of the used blends were obtained. The systems were composed by: nonionic surfactants, water as polar phase, and diesel fuel or diesel/biodiesel blends as apolar phase. The microemulsion systems and blends, which represent the studied fuels, were characterized by density, viscosity, cetane number and flash point. It was also evaluated the effect of temperature in the stability of microemulsion systems, the performance of the engine, and the emissions of carbon monoxide, nitrogen oxides, unburned hydrocarbons, and smoke for all studied blends. Tests of specific fuel consumption as a function of engine power were accomplished in a cycle diesel engine on a dynamometer bench and the emissions were evaluated using a GreenLine 8000 analyzer. The obtained results showed a slight increase in fuel consumption when microemulsion systems and diesel/biodiesel blends were burned, but it was observed a reduction in the emission of nitrogen oxides, unburned hydrocarbons, smoke index and f sulfur oxides.

KEYWORDS

· Surfactant	· Biodiesel	· Pollutant emission
· Diesel engine	· Alternative fuel	· Diesel-based microemulsion

À minha família, em especial aos meus pais, Epitácio e Raimunda, a quem devo todo amor, carinho e respeito.

À minha esposa, Gilnara Fernandes, pelo amor, carinho e companheirismo durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que esteve sempre ao meu lado sem cobranças, só me dando forças, saúde e paciência para que eu pudesse seguir nessa caminhada sem obstáculos e com alegria.

À minha mãe Raimunda, ao meu pai Epitácio e, às minhas irmãs Rita de Cássia, Joana Darc e Francisca Marta, pelo apoio constante em todas as atividades da minha vida.

À minha esposa, Gilnara Fernandes, pelo seu companheirismo, amor, incentivo e apoio nos momentos difíceis.

Ao meu tio Raimundo Amorim e a sua esposa Conceição Guimarães pelo apoio, conselhos e incentivo em minha vida estudantil.

Aos professores Afonso Avelino Dantas Neto e Eduardo Lins de Barros Neto, meus orientadores, pela orientação, dedicação, amizade, incentivo, conselhos e apoio durante estes anos de convivência e trabalho.

À Engenheira Maria Carlenise, pelas orientações e colaborações no desenvolvimento deste trabalho.

À professora Tereza Neuma de Castro Dantas, pelas orientações e conselhos para o desenvolvimento neste trabalho.

Aos Técnicos de Laboratório João Batista e Francisco Paulino, pelo apoio e pela amizade adquirida durante a convivência.

Aos bolsistas de iniciação científica Rodolfo, Higo Silva, Hugo, Alessandra, Raniery, Luis Eduardo, Vanessa e Marina, pela ajuda e colaboração na parte experimental.

Aos Técnicos do NUPPRAR, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Artur Santana, Beliza Pinheiro e Tarcila Frota, pelo apoio na parte experimental.

Aos colegas do Laboratório de Tecnologia de Tensoativos, pela amizade e colaboração nas mais variadas formas.

Ao PRH-ANP-14, pelo financiamento desta pesquisa.

À Todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, o meu reconhecimento e agradecimentos.

SUMÁRIO

Capítulo 1	1
1. Introdução.....	2
Capítulo 2	5
2. Aspectos teóricos.....	6
2.1. Aspectos gerais sobre o funcionamento dos motores de ignição por compressão	6
2.1.1. Definição e generalidades.....	6
2.1.2 . Parâmetros de desempenho dos motores de combustão interna.....	9
2.2. Aspectos gerais sobre combustíveis	11
2.2.1. Óleo diesel	12
2.2.1.1. Propriedades e especificações do combustível diesel e misturas diesel/biodiesel	13
2.2.2. Biodiesel	18
2.3. Aspectos gerais sobre combustão	21
2.3.1. Parâmetros da combustão	21
2.3.2. O processo de combustão em motores	23
2.3.3. Emissões em motores de combustão	24
2.4. Tensoativos	27
2.4.1. Definição e generalidades.....	28
2.4.2. Classificação.....	28
2.4.2.1. Tensoativos catiônicos.....	29
2.4.2.2. Tensoativos aniônicos.....	29
2.4.2.3. Tensoativos anfóteros	30
2.4.2.4. Tensoativos não-iônicos	31
2.4.3. Propriedades dos tensoativos.....	31
2.4.3.1. Micelização.....	31
2.4.3.2. Adsorção às interfaces	33
2.4.3.3. Ponto de Krafft	34
2.4.3.4. Ponto de turbidez.....	35
2.4.3.5. Balanço Hidrofílico–Lipofílico (BHL).....	36
2.5. Microemulsão	37
2.5.1. Definição e generalidades.....	37
2.5.2. Classificação de Winsor	38

2.5.3. Diagramas de fases	39
2.5.4. Fatores que influenciam no comportamento das regiões de microemulsão.	41
2.5.4.1. Temperatura.....	41
2.5.4.2. Salinidade	41
2.5.4.3. Natureza do óleo.....	42
2.5.4.4. Influência da razão cotensoativo/tensoativo.....	42
2.5.4.5. Influência da natureza do cotensoativo	43
Capítulo 3	45
3. Estado da arte.....	46
3.1. Combustíveis renováveis.....	46
3.2. Combustíveis emulsionados	54
3.3. Combustíveis microemulsionados.....	58
Capítulo 4	63
4. Metodologia Experimental	64
4.1. Reagentes.....	64
4.2. Equipamentos	65
4.3. Obtenção dos diagramas de fases	65
4.4. Determinação da temperatura de estabilidade das microemulsões	66
4.5. Obtenção do biodiesel	67
4.5.1. Processo de reação de biodiesel.....	67
4.5.2. Purificação do biodiesel.....	68
4.6. Caracterização dos combustíveis.....	68
4.7. Ensaio de consumo específico de combustível.....	72
4.8. Ensaio de determinação das emissões dos combustíveis.....	75
Capítulo 5	77
5. Resultados e discussão	78
5.1. Estudo dos tensoativos	78
5.2. Estudo dos diagramas de fases	78
5.2.1. Estudo de diagramas de fases variando o grau de etoxilação do tensoativo	79
5.2.2. Estudo de diagramas de fases com misturas diesel/biodiesel.....	80
5.2.3. Preparação dos sistemas microemulsionados	82
5.2.4. Estudo de propriedades dos combustíveis diesel puro, misturas diesel/biodiesel (B5 e B20) e dos sistemas microemulsionados	84
5.2.5. Estudo da estabilidade térmica dos sistemas microemulsionados.....	88

5.3. Estudo da potência em função da rotação	90
5.4. Consumo específico em função da potência do motor	91
5.5. Emissões com diesel na fase oleosa	93
5.6. Estudo com biocombustíveis	97
5.6.1. Estudo das propriedades físico-químicas de misturas diesel/biodiesel	98
5.6.2. Estudo do consumo específico de combustível para misturas diesel/biodiesel.....	100
5.6.3. Estudo das emissões para misturas diesel/biodiesel	100
5.6.4. Consumo específico em função da potência do motor para os sistemas com biodiesel.....	103
5.6.5. Análise das emissões para os sistemas com biodiesel.....	104
5.6.6. Estudo com misturas diesel/biodiesel/tensoativo/etanol	111
5.6.6.1. Consumo específico em função da potência do motor para misturas contendo B20/tensoativo/etanol	113
5.6.6.2. Emissões de poluentes para o diesel puro e sistemas contendo diesel/biodiesel/tensoativo/etanol	114
6. Conclusões.....	121
Referências bibliográficas	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo padrão ar/diesel: a) pressão versus volume e b) temperatura versus entropia adaptado de Wylen et al., 1998.....	8
Figura 2. Fluxograma do processo de produção do biodiesel (Parente, 2003).....	19
Figura 3. Percentuais de biodiesel no diesel mineral de acordo com a Lei Federal 11097/2005.....	20
Figura 4. Concentração de HC, CO e NO nos gases de escape (Heywood, 1988).	25
Figura 5. Variação dos gases de escape em função do ϕ . Sendo (a) 1750 K (b) 2250 K (c) 2750 K (Heywood, 1988).	26
Figura 6. Representação esquemática de uma molécula tensoativa.	28
Figura 7. Representação esquemática de um tensoativo catiônico.....	29
Figura 8. Representação esquemática de um tensoativo aniônico.....	30
Figura 9. Representação esquemática de um tensoativo anfótero.	30
Figura 10. Representação esquemática de um tensoativo não-iônicos.....	31
Figura 11. Gráfico da tensão superficial versus log da concentração de tensoativos para determinação da cmc.	32
Figura 12. Representação esquemática de micelas diretas e inversas (Florêncio, 1995).	32
Figura 13. Determinação da cmc do dodecilsulfato de sódio utilizando algumas propriedades físicas (Rosen, 1978).	33
Figura 14. Diagrama de fases de um tensoativo iônico próximo do ponto de Krafft (Attwood e Florence, 1985; Viana, 1994).	34
Figura 15. Esquema mostrando a ocorrência do ponto de turbidez (Corti et al., 1984).....	35
Figura 16. Escala de Griffin.	36
Figura 17. Representação esquemática dos sistemas de Winsor (Barros Neto, 1996).....	39
Figura 18. Representação de diagrama ternário mostrando a zona de microemulsão em um sistema formado por três constituintes (Nicolas Morgantini, 1984).	40
Figura 19. Representação de diagrama de fases mostrando a zona de microemulsão em um sistema com quatro componentes: (a) diagrama pseudoternário e (b) diagrama quaternário (Nicolas Morgantini, 1984).	40
Figura 20. Evolução dos sistemas de Winsor em função da temperatura para tensoativos iônicos (Barros Neto, 1996).....	41
Figura 21. Influência da natureza do hidrocarboneto (a) benzeno, (b) tolueno, para o sistema SDS (dodecilsulfato de sódio) /água/hidrocarboneto (Nicolas Morgantini, 1984).	42

Figura 22. Influência da razão C/T na microemulsão, para o sistema butanol/sabão base/aguarrás/ água (Gomes, 2009).....	43
Figura 23. Influência do cotensoativo na região de microemulsão, para o sistema: solução aquosa CuSO ₄ 0,02 mol/L / querosene / OCS / álcool, (a) n-butanol, (b) n-hexanol, e (c) n-octanol (Barros Neto, 1996).	44
Figura 24. Esquema gráfico do método de determinação das regiões de microemulsão.	66
Figura 25 – Foto ilustrativa do aparato experimental (analisador de emissões, motor, sistema de alimentação, tacômetro, dinamômetro elétrico, ajustador de potência e banco de resistência).	76
Figura 26. Diagrama de fases ternário para os sistemas: a) água/ NFE 4/diesel, b) água/ NFE 5/diesel, c) água/ NFE 6/diesel e d) água/ NFE 7/diesel.	79
Figura 27. Diagrama de fases dos sistemas: a) água/NFE 5/B5, b) água/ NFE 5/B10, c) água/ NFE 5/B15 e d) água/ NFE 5/B20.....	81
Figura 28. Potência em função da rotação para diversas cargas do motor.....	91
Figuras 29. Curvas de consumo específico em função da potência para os combustíveis: diesel puro e os sistemas 1 a 7 (Tabela 5).....	92
Figura 30. Curva de consumo/potência versus teor de água para os sistemas contendo diesel e diesel/NFE 5/água a 0,33 kW	92
Figura 31. Concentração de monóxido de carbono nas emissões em função da potência para o diesel e os sistemas contendo diesel/NFE 5/água.....	93
Figura 32. Concentração de hidrocarbonetos não queimados nas emissões (C _x H _y) em função da potência para o diesel e os sistemas contendo diesel/NFE 5/água.	94
Figura 33. Concentração de óxidos de nitrogênio nas emissões (NO _x) em função da potência para o diesel e os sistemas contendo diesel/NFE 5/água.....	95
Figura 34. Quantidade de particulados nas emissões em função da potência para o diesel e os sistemas contendo diesel/NFE 5/água.	96
Figura 35. Concentração de dióxidos de enxofre nas emissões (SO ₂) em função da potência para o diesel e os sistemas contendo diesel/NFE 5/água.....	97
Figura 36. Consumo específico de combustível em função da potência do motor para: a) diesel e misturas diesel/biodiesel de soja e b) diesel e misturas diesel/biodiesel de girassol.	100
Figura 37. Dados de emissões em função da potência para o diesel e as misturas diesel/biodiesel de soja e girassol: a) CO (biodiesel de soja), b) CO (biodiesel de girassol), c) NO _x (biodiesel de soja), d) NO _x (biodiesel de girassol), e) C _x H _y (biodiesel de soja), f) C _x H _y	

(biodiesel de girassol), g) índice de fumaça (biodiesel de soja) e h) índice de fumaça (biodiesel de girassol).....	102
Figuras 38. Curvas de consumo específico em função da potência para os combustíveis: diesel puro, mistura diesel/biodiesel B5 e seus sistemas (8 a 14, Tabela 5).....	103
Figuras 39. Curvas de consumo específico em função da potência para os combustíveis: diesel puro, mistura diesel/biodiesel B20 e seus sistemas (15 a 21, Tabela 5).....	104
Figura 40. Concentração de monóxidos de carbono em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B5, e seus sistemas (8 a 14-Tabela 5).	105
Figura 41. Concentração de monóxido de carbono em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B20, e seus sistemas (15 a 21-Tabela 5).	105
Figura 42. Concentração de óxidos de nitrogênio em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B5, e seus sistemas (8 a 14-Tabela 5).	106
Figura 43. Concentração de óxidos de nitrogênio em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B20, e seus sistemas (15 a 21-Tabela 5).	106
Figura 44. Concentração de hidrocarbonetos não queimados em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B5, e seus sistemas (8 a 14-Tabela 5).	107
Figura 45. Concentração de hidrocarbonetos não queimados em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B20, e seus sistemas (15 a 21-Tabela 5).	108
Figura 46. Quantidade de Fumaça em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B5, e seus sistemas (8 a 14-Tabela 5).....	109
Figura 47. Quantidade de fumaça em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B20, e seus sistemas (15 a 21-Tabela 5).....	109
Figura 48. Concentração de SO ₂ em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B5, e seus sistemas (8 a 14-Tabela 5).....	110
Figura 49. Concentração SO ₂ em função da potência do motor para o diesel puro, mistura diesel/biodiesel B20, e seus sistemas (15 a 21-Tabela 5).....	111
Figura 50. Curvas de consumo específico em função da potência para os sistemas contendo: diesel puro, mistura (B20) e os sistemas diesel puro/biodiesel/etanool/álcool láurico 3 EO.	114
Figura 51. Concentração de monóxido de carbono em função da potência do motor para: o diesel puro, mistura diesel/biodiesel (B20), e os sistemas contendo diesel puro/biodiesel/etanol/álcool láurico 3 EO.	115
Figura 52. Concentração de óxidos de nitrogênio em função da potência do motor para: o diesel puro, mistura diesel/biodiesel (B20), e os sistemas contendo diesel puro/biodiesel/etanol/álcool láurico 3 EO.	116

Figura 53. Concentração de hidrocarbonetos não queimados em função da potência do motor para: o diesel puro, mistura diesel/biodiesel (B20), e os sistemas contendo diesel puro/biodiesel/etanol/álcool láurico 3 EO.....	117
Figura 54. Quantidade de fumaça em função da potência do motor para: o diesel puro, mistura diesel/biodiesel (B20), e os sistemas contendo diesel puro/biodiesel/etanol/álcool láurico 3 EO.....	118
Figura 55. Concentração de SO ₂ em função da potência do motor para: o diesel puro, mistura diesel/biodiesel (B20), e os sistemas contendo diesel puro/biodiesel/etanol/álcool láurico 3 EO.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Condição de λ para misturas pobres, ricas e estequiométricas (Heywood, 1988)....	23
Tabela 2. Reagentes utilizados durante o trabalho.	64
Tabela 3. Equipamentos utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa.	65
Tabela 4. Especificações do motor diesel empregado no desenvolvimento da pesquisa.	73
Tabela 5. Composição, em percentual mássico, de diesel, nonilfenol etoxilado 5 EO, água, biodiesel dos sistemas estudados neste trabalho.....	83
Tabela 6. Propriedades dos combustíveis: diesel puro, mistura diesel/biodiesel (B5 e B20) e os sistemas microemulsionados contidos na Tabela 5.....	87
Tabela 7. Temperaturas de turbidez para os sistemas de combustíveis estudados: diesel puro, biodiesel puro, misturas de biodiesel/diesel (B5 e B20) e os sistemas referentes à Tabela 5. .	89
Tabela 8. Propriedades físico-químicas das misturas diesel/biodiesel com biodiesel de soja e de girassol.	99
Tabela 9. Composição, em percentual mássico, dos sistemas contendo diesel/biodiesel/etanol/álcool láurico 3EO.	112
Tabela 10. Propriedades dos combustíveis e das misturas com diesel/biodiesel/etanol/tensoativo.	113

NOMENCLATURA

A/O	Água em Óleo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
B10	Mistura diesel/biodiesel (90%/10%)
B100	Biodiesel Puro
B2	Mistura diesel/biodiesel (98%/2%)
B20	Mistura diesel/biodiesel (80%/20%)
B5	Mistura diesel/biodiesel (95%/5%)
B6	Mistura diesel/biodiesel (94%/6%)
BHL	Balço Hidrofílico-Lipofílico
C	Concentração de tensoativo
C/T	cotensoativo/tensoativo
Ch	Consumo horário
cmc	concentração micelar crítica
d	Massa específica
DMA	Óleo diesel Marinho A
DMB	Óleo diesel Marinho B
F	Força
g	Aceleração da gravidade
Hi	Contribuição dos grupos (i) hidrofílicos e lipofílicos
IC	Índice de Cetano
ICO	Ignição por compressão
ICO	Ignição por compressão
L	Comprimento
m	Massa observada na balança
m _a	Massa de ar
M _T	Momento
m _t	Massa teórica
n	Velocidade angular média
NBR	Normas brasileiras
Ne	Potência efetiva

NFE 4	Nonilfenol etoxilado 4 EO
NFE 5	Nonilfenol etoxilado 5 EO
NFE 6	Nonilfenol etoxilado 6 EO
NFE 7	Nonilfenol etoxilado 7 EO
NR	Normas Regulamentadoras
O/A	Óleo em Água
OCS	Óleo de Coco Saponificado
P	Potência
PCI	Poder calorífico inferior
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior
q_e	Consumo específico de combustível
R	Constante universal dos gases
rpm	Rotação por minuto
T	Temperatura
t	Tempo decorrido para R revoluções
v	Volume da bureta
W I	Winsor I
W II	Winsor II
W III	Winsor III
W IV	Winsor IV
X_i	Fração em peso do componente ou mistura i no balanço hidrofílico-lipofílico
γ	Tensão interfacial ou superficial
τ	Torque
Γ	Quantidade de moles dissolvidos por unidade de superfície
η	Rendimento total
η_m	Rendimento mecânico
η_T	Rendimento térmico
η_v	Rendimento volumétrico