

Artigo técnico

Predição da octanagem de gasolina utilizando técnica rápida e não destrutiva.

Prediction of gasoline octane using fast and non-destructive technique

Pâmela Coelho Tambani^{a*}, Renata Moreira^a, Danilo Eiji Hirayama^a, Rafael Augusto Camargo^a, Marcelo Aparecido Mendonça^a, Karina Meschini Batista G. Porto^a, Jorge Luís Dias dos Santos^b

Resumo

O número de octanas corresponde a propriedade antidetonante da gasolina automotiva. A determinação dos parâmetros RON (número de octanas pesquisa) e MON (número de octanas motor) da gasolina é realizada utilizando o método de teste padrão do motor CFR (*Cooperative Fuels Research*) especificado pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Por ser um método de alta complexidade e elevados custos de operação do motor, metodologias alternativas utilizando a espectroscopia no infravermelho médio associada a análise multivariada, poderiam servir tanto para predição, em linha, dos parâmetros de octanagem, como para colaborar na etapa de ajustes funcionais do motor CFR. Este trabalho tem como objetivo apresentar a correlação entre os métodos de análise disponíveis no Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética (LBE), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), utilizando o motor CFR (método normalizado) e o analisador portátil de medição por infravermelho médio, Petrospec GS1000 Plus VOC (método alternativo). Embora, estatisticamente, os resultados obtidos pelas duas metodologias não tenham apresentado diferenças significativas, foram observadas para algumas amostras diferenças superiores a reprodutibilidade dos métodos de referência. Os resultados evidenciam que é possível utilizar a metodologia alternativa para processos de triagem e que ainda são necessárias otimizações dos modelos para elevar a precisão das predições.

^a Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

^b Laboratório de Química e Manufaturados, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., Franca-SP, Brasil.

* E-mail: ptambani@ipt.br

Palavras-chave: octanagem; gasolina; motor CFR; infravermelho médio; análise multivariada.

Keywords: octane; gasoline; CFR engine; medium infrared; multivariate analysis.

Abstract

The octane number corresponds to the antiknock property of gasoline. The determination of the RON (research octane number) and MON (motor octane number) parameters of gasoline is performed using the standard CFR (Cooperative Fuels Research) engine test method specified by the American Society for Testing and Materials (ASTM). As a method of high complexity and high engine operating costs, alternative methodologies using mid-infrared spectroscopy associated with multivariate analysis could serve both for online prediction of octane parameters, as well as for collaborating in the functional adjustments parameters of the CFR engine. This work aims to present the correlation between the analysis methods available at the Laboratory of Bioenergy and Energy Efficiency (LBE), of the Institute for Technological Research (IPT), using the CFR engine (reference method) and the portable infrared measurement analyzer medium, Petrospec GS1000 Plus VOC (alternative method). Although, statistically, the results obtained by the two methodologies did not show significant differences, differences were observed for some samples that were higher than the reproducibility of the reference methods. The results show that it is possible to use the alternative methodology for screening processes and that model optimizations are still needed to increase the accuracy of predictions.

1 Introdução

A octanagem ou número de octanas é um importante parâmetro de qualidade da gasolina e está relacionada ao desempenho e eficiência do motor (SAYIN, 2012). É um parâmetro empírico que mede a capacidade de resistência do combustível à detonação em motores de combustão interna (SILVA *et al.*, 2019). Quanto maior a octanagem da gasolina, melhor será a resistência à explosão do motor e maior será a capacidade de compressão na câmara de combustão, a altas temperaturas, sem que ocorra a detonação (SHUTAO *et al.*, 2020).

Dois valores de octanagem são utilizados para descrever a resistência de detonação dos combustíveis: *Research Octane Number (RON)* e *Motor Octane Number (MON)*, em português, número de octanas pesquisa e número de octanas motor, respectivamente. O valor de RON é medido em rotação mais lenta (600 rpm) e temperaturas iniciais mais baixas, enquanto MON enfatiza a ignição de combustível em temperaturas mais altas e maior rotação (900 rpm) (WESTBROOK *et al.*, 2018). A média aritmética de RON e MON indica a tendência do combustível a suportar a pré-ignição na câmara de combustão, conhecido como Antiknock Index (AKI), em português, índice antidetonante (IAD). A pré-ignição é indesejada porque reduz a eficiência do motor, podendo danificá-lo (STIKKERS, 2002).

A octanagem é determinada por ensaios padronizados pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) utilizando motores monocilíndricos CFR (*Cooperative Fuel Research*) (SANTOS, 2018). Sob condições rigorosas de teste no motor CFR, o número de octanas da gasolina compara seu comportamento de detonação com um padrão de referência primário, do inglês PRF (*Primary Reference Fuel*). Basicamente, o PRF é uma mistura binária de n-heptano e iso-octano preparada de acordo com o número de octanas esperado da amostra de gasolina que será testada (KIM *et al.*, 2019).

O Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética (LBE), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), é um dos poucos laboratórios brasileiros com infraestrutura que possibilita a determinação de RON, MON e IAD, de acordo com as normas de referência ASTM D2699: *Standard Test Method for Research Octane Number of spark-ignition engine fuel* e ASTM D2700: *Standard Test Method for Motor Octane Number of spark-ignition engine fuel*, possibilitando atender as especificações da Resolução da Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para gasolina.

Devido à alta complexidade e elevado custo operacional do motor CFR (MENDES *et al.*, 2012), o LBE também dispõe de um analisador portátil que permite a predição da octanagem da gasolina por espectroscopia no infravermelho médio, de forma rápida, não destrutiva e de baixo custo operacional, podendo auxiliar nos ajustes dos parâmetros de funcionalidade do motor CFR. O método consiste em correlacionar os espectros da amostra teste com um banco de dados de amostras analisadas em motor CFR, associado a um modelo matemático (BRANDÃO, 2017).

Métodos espectroscópicos utilizando infravermelho médio costumam ser utilizados para prever as propriedades de combustíveis. Andrade *et al.* (1997) estudaram a espectroscopia no infravermelho médio combinada à análise de regressão parcial de mínimos quadrados (PLS) demonstrando que modelos úteis podem ser obtidos e usados para prever os índices RON e MON das naftas de plataforma e, assim, controlar o fluxo do processo de reforma catalítica. Kalligeros *et al.* (2003) avaliaram a qualidade da gasolina adulterada com chumbo e gasolina sem chumbo, utilizando o analisador portátil de medição por infravermelho médio. Com o objetivo de simplificar o processo de avaliação da qualidade analítica da gasolina, bem como redução dos custos, Mendes *et al.* (2012), utilizando um analisador portátil de medição por infravermelho médio, compararam os resultados obtidos por esta técnica analítica em conjunto com as curvas de destilação e calibração multivariada PLS para determinação dos parâmetros MON e RON da gasolina.

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da espectroscopia no infravermelho na predição dos parâmetros RON, MON e IAD de gasolina.

2 Procedimento metodológico

2.1 Amostras

Foram analisadas 108 amostras, sendo: 2 gasolinas formuladas que consistem em uma mistura química com características iguais à refinada, 4 gasolinas com aditivo e 102 gasolinas comuns (gasolina C). As amostras foram armazenadas em frascos âmbar de vidro e acondicionadas em temperatura de 2°C a 10°C para análise em motor CFR. Para a obtenção do espectro no infravermelho foi separada uma alíquota de aproximadamente 100 mL de cada uma das amostras e acondicionada em temperatura de 15°C a 38°C.

2.2 Analisador portátil de infravermelho médio

As determinações de RON, MON e IAD das gasolinas foram realizadas utilizando o analisador portátil Petrospec GS1000 Plus VOC, **Figura 1**. O espectro infravermelho de cada amostra de gasolina foi comparado a espectros de referência. Para a elaboração do modelo de predição foram utilizadas aproximadamente 320 amostras de gasolina ($R^2 = 0,9870$ para RON e $R^2 = 0,9832$ para MON).

Antes da análise, foi realizado o pré-aquecimento (warm-up) e estabilização térmica do sistema óptico do equipamento por 30 minutos. A vazão do equipamento foi ajustada para 3,5 mL com tempo de sucção de 50 s. Aproximadamente 20 mL de amostra de gasolina foram homogeneizados e inseridos no frasco de amostra do equipamento para pressurização do sistema seguido do bombeamento e purga do combustível para preenchimento da célula. Os valores de RON, MON e IAD foram obtidos após, aproximadamente, 3 minutos de análise.

Figura 1 – Analisador portátil Petrospec GS1000 Plus VOC.



Fonte: elaborada pelos autores

2.3 Motor CFR

Para a determinação de MON e RON pelas metodologias de referência (ASTM D2699 e ASTM D2700), foi utilizado o motor CFR F-2, da CFR Engines Inc., **Figura 2**.

Figura 2 – Motor CFR F-2, CFR Engines Inc.



Fonte: elaborada pelos autores

Antes de iniciar a operação do motor foi realizada a lubrificação do sistema, utilizando óleo lubrificante aquecido SAE 30 com viscosidade entre $9,3 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cSt) e $12,5 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cSt) a 100°C (212°F) e índice de viscosidade superior a 85. Foram ajustados os parâmetros de operação do motor conforme as especificações apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Parâmetros de ajuste para início da operação do motor CRF F-2 para as metodologias RON e MON.

Parâmetro	RON	MON
Rotação do motor	(600 ± 6) rpm	(900 ± 9) rpm
Ângulo da centelha	13°	-
Dimensão do Venturi	9/16 in (14,3 mm)	19,32 in (15,1 mm)
Gargulante (glicleur) recomendado	86	68
Temperatura do ar de entrada	-	(38 ± 2,8) °C
Temperatura de entrada da mistura	-	(149 ± 1) °C
Temperatura da mistura	(300 ± 2) °F	-
Ponto de ignição	13° APMS	26° APMS ^a
Pressão do óleo	25 psi a 30 psi	
Temperatura do óleo	(135° ± 15) °F	
Temperatura do líquido refrigerante	(212° ± 3) °F	
Temperatura do ar de admissão	(100° ± 5) °F	

a. Leitura do contador digital de 264 ou leitura do relógio comparador de 0.825 in.

Fonte: elaborada pelos autores e adaptada de ASTM D2699-19^{E1} e ASTM D2700-19^{E1} da *American Society for Testing and Materials*.

A estabilização do motor foi realizada utilizando gasolina comercial por um período de aquecimento de 1 hora. Antes de iniciar a análise das amostras, foi necessário realizar o enquadramento do motor utilizando misturas de combustível padrão de tolueno, preparadas de acordo com as normas ASTM D2699 e ASTM D2700 como evidenciado nas **Tabelas 2 e 3**.

Tabela 2 – Misturas de combustível padrão de tolueno para enquadramento do motor (RON).

Mistura combustível padrão de tolueno	Composição da mistura de combustível padrão de tolueno (% volume)			Faixa de uso para amostra de combustível
	RON	Tolueno	Iso-octano	n-Heptano
85,2 ± 0,3	66	0	34	80,2 – 87,4
89,3 ± 0,3	70	0	30	87,1 – 91,5
93,4 ± 0,3	74	0	26	91,2 – 95,3
96,9 ± 0,3	74	5	21	95,0 – 98,5
99,8 ± 0,3	74	10	16	98,2 – 100,0
103,3 ± 0,9	74	15	11	100,0 – 105,7

Fonte: adaptado de ASTM D2699-19^{E1} da *American Society for Testing and Materials*, tabelas 2 e 3 dos itens 12.3 e 12.4 respectivamente (2021, tradução elaborada pelos autores)

Tabela 3 – Misturas de combustível padrão de tolueno para enquadramento do motor (MON).

Mistura combustível padrão de tolueno	Composição da mistura de combustível padrão de tolueno (% volume)			Faixa de uso para amostra de combustível
	Tolueno	Iso-octano	n-Heptano	MON
78,2 ± 0,3	70	0	30	76,4 – 79,9
81,5 ± 0,3	74	0	26	79,6 – 83,5
85,2 ± 0,3	74	5	21	83,2 – 87,1
88,7 ± 0,3	74	10	16	86,8 – 90,8
92,6 ± 0,3	74	15	11	90,5 – 94,7

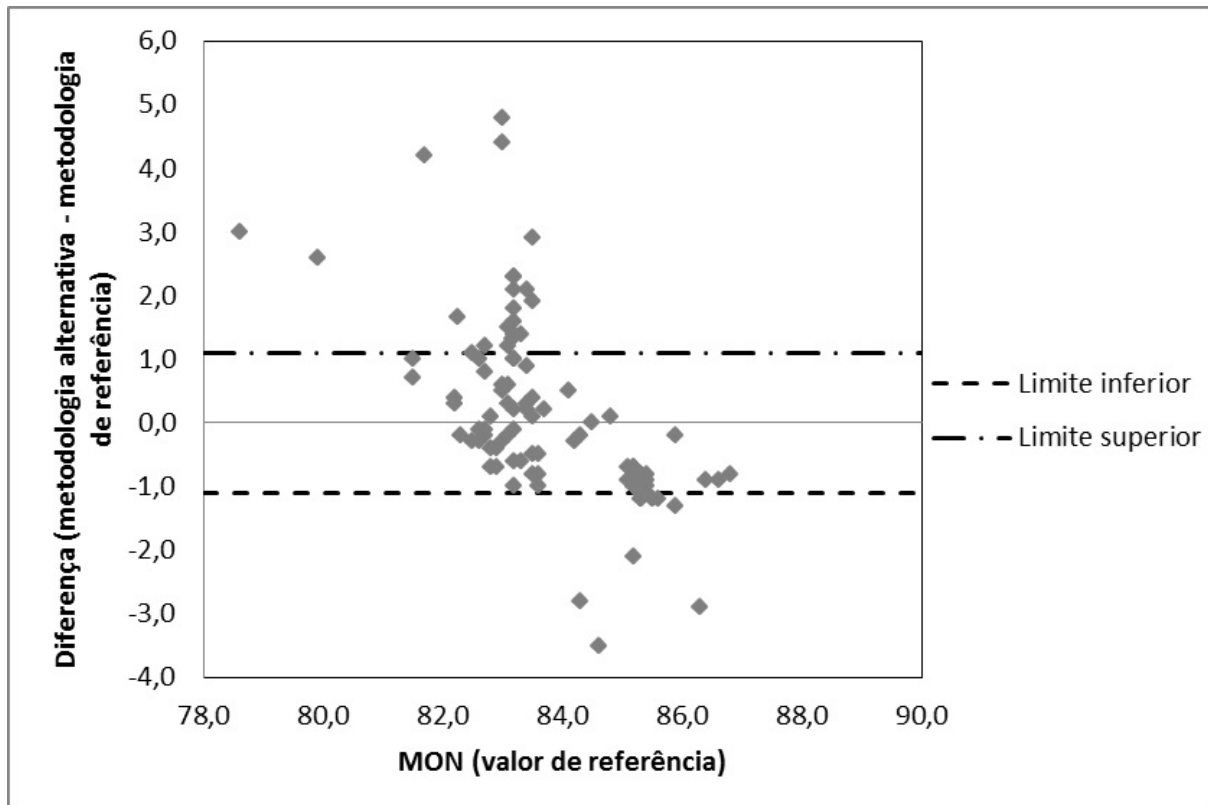
Fonte: adaptado de ASTM D2700–19^{E1} da *American Society for Testing and Materials*, tabela 4 do item 12.3 (2021, tradução elaborada pelos autores)

Após o enquadramento do motor foi realizada a leitura da amostra e dos padrões de referência primária (mistura de iso-octano em n-heptano). O número de octanas da amostra de gasolina, por definição, é igual à porcentagem de iso-octano do padrão de referência primária.

3 Resultados e discussões

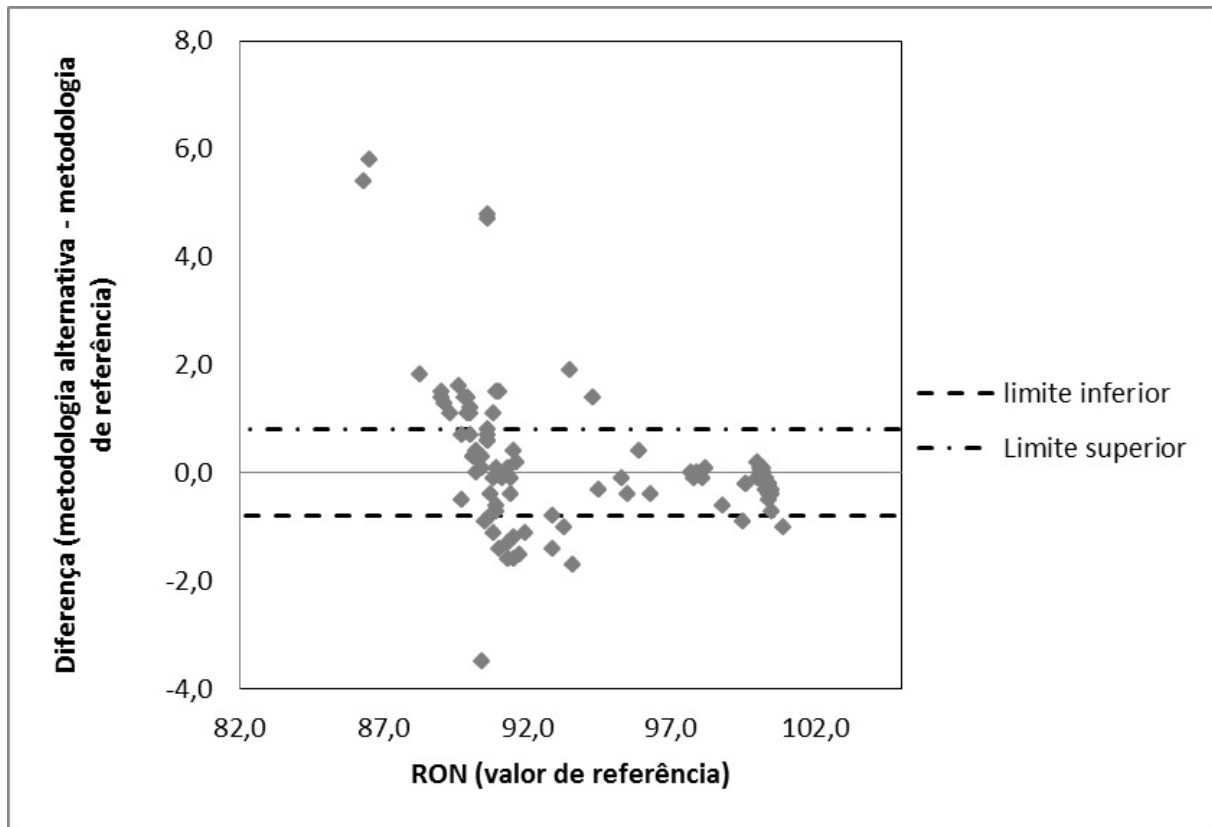
Os valores de RON, MON e IAD das 108 amostras de gasolina obtidas pelos dois métodos estudados (metodologia de referência – CFR-F2 e metodologia alternativa – MID) estão apresentados na **Tabela 4** do Anexo A. Os resultados apresentados são referentes a uma única determinação de cada amostra de gasolina para ambos os métodos. Para a comparação das metodologias, foi utilizado o teste t a um nível de confiança de 95%, utilizando o procedimento de blocagem. Nas **Figuras 3 e 4** são apresentadas as diferenças entre os resultados obtidos pelas metodologias de referência e alternativa para RON e MON, respectivamente.

Figura 3 – Diferença entre os resultados obtidos pelas metodologias de referência e alternativa para determinação de RON em gasolinas. Limites inferior e superior estabelecidos em função da reprodutibilidade do método de referência ASTM D2699.



Fonte: elaborada pelos autores

Figura 4 – Diferença entre os resultados obtidos pelas metodologias de referência e alternativa para determinação de MON em gasolinas. Limites inferior e superior estabelecidos em função da reprodutibilidade do método de referência ASTM D2700.



Fonte: elaborada pelos autores

Os valores de t calculados para MON e RON ($t_{\text{calculado para MON}} = 0,001$ e $t_{\text{calculado RON}} = 0,01$) foram muito inferiores ao t crítico ($t_{107, 95\%} = 1,98$), evidenciando que não há diferença significativa entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos. Embora estatisticamente não haja diferença significativa entre os resultados obtidos por ambas as metodologias, algumas amostras apresentaram diferenças superiores aos limites considerando a reprodutibilidade especificada pelos métodos de referência para os parâmetros MON (reprodutividade: 1,1) e RON (reprodutividade: 0,8).

Essas discrepâncias podem estar relacionadas com as variações nas matrizes, pois elas exercem forte influência na modelagem que envolve os espectros na região do infravermelho para determinação de suas propriedades (CÔCCO *et al.*, 2005). Sendo assim, é sempre importante avaliar se o modelo matemático utilizado na predição abrange informações espectrais suficientes de amostras desconhecidas (SHUTAO *et al.*, 2020).

Outra forma de avaliar a predição do modelo é utilizando o RER (razão de intervalo de erro). O RER corresponde à razão entre a faixa de resultados obtidos (metodologia de referência) pela variação do erro de predição RMSE (Root Mean Standard Error). Segundo WILLIAMS, P.C. *et al.*, 1996 apud VELVARSKÁ, *et al.*, 2020, valores de RER superiores a 10 indicam que o modelo pode ser utilizado em operações de triagem. Com base nessas informações, os modelos obtidos para RON (RER=11) e IAD (RER=11) podem ser utilizados em operações de triagem. Já a predição do MON (RER = 6) ainda precisa ser melhorada. Mesmo com a necessidade de ajuste dos modelos as predições já permitem a estimativa da octanagem visando otimizar a etapa de enquadramento do motor, reduzindo tempo e custo da análise realizada pelos métodos de referência.

5 Conclusões

Os resultados demonstraram que é possível prever a octanagem de gasolina utilizando a espectroscopia no infravermelho. Para as características RON e IAD os modelos testados apresentaram precisões adequadas para processos de triagem e o modelo aplicado para quantificação de MON ainda precisa ser melhorado. A predição de MON e RON pela metodologia alternativa também auxilia na execução da octanagem pelos métodos de referência, pois indica a faixa na qual o motor deve ser enquadrado, otimizando tempo e custo do ensaio.

6 Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM D2699-19^{E1}**: For Research Octane Number of spark-ignition engine fuel. 2019. doi: 10.1520/D2699-19E01.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM D2700-19^{E1}**: For Motor Octane Number of spark-ignition engine fuel. 2019. doi: 10.1520/D2700-19E01.

ANDRADE, J.M. *et al.* Prediction of clean octane numbers of catalytic reformed naphthas using FT-m.i.r. and PLS. **Fuel**, v. 76, no. 11, p. 1035-1042, 1997. ISSN 0016-2361. doi: <[https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(97\)00095-1](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(97)00095-1)>.

BRANDÃO, L.F.P. **Estudo do 1-Butanol e 2-Metil-1-propanol em misturas com a gasolina e o diesel: uma análise sob a perspectiva da especificação brasileira**. 2017. 156 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível também via World Wide Web <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/31599/1/2017_LuizFilipePaivaBrand%C3%A3o.pdf>. Acesso em 05 de abril de 2021.

CÔCCO, L.C.; YAMAMOTO, C.I.; MEIEN, O.F. Study of correlations for physicochemical properties of Brazilian gasoline. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 76, ed. 1, p. 55-63, 2005. ISSN 0169-7439. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2004.09.004>>.

KALLIGEROS, S, *et al.* Fuel adulteration issues in Greece. **Energy**, v. 28, p. 15-26, 2003. ISSN 0360-5442. doi: <[https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(02\)00091-9](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(02)00091-9)>.

KIM, D.; WESTBROOK, C.K.; VIOLI, A. Two-stage ignition behavior and octane sensitivity of toluene reference fuels as gasoline surrogate. **Combustion and Flame**, v. 210, p. 100-113, 2019. ISSN 0010-2180. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2019.08.019>>.

MENDES, G.; ALEME, H.G.; BARBEIRA, J.S. Determination of octane numbers in gasoline by distillation curves and partial least squares regression. **Fuel**, v. 97, p. 131-136, 2012. ISSN 0016-2361. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.01.058>>.

SANTOS, D. **Uma contribuição para a avaliação do número de octano de misturas de hidrocarbonetos**. 2018. 184 p. Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. Curitiba. 2018. Disponível também via World Wide Web <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3819/1/CT_PPGEM_D_Santos%2C%20Dinarte_2018.pdf>. Acesso em 05 de abril de 2021.

SAYIN, C. The impact of varying spark timing at different octane numbers on the performance and emission characteristics in a gasoline engine. **Fuel**, v. 97, p. 856-861, 2012. ISSN 0016-2361. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.03.013>>.

SHUTAO, W.; SHIYU, L.; JINGKUN, Z.; XIANGE, C.; ZHIFANG, W.; DEMING, K. Feasibility study on prediction of gasoline octane number using NIR spectroscopy combined with manifold learning and neural network. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 228, 117836, 2020. ISSN 1386-1425. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117836>>.

SILVA, N.C. *et al.* NIR-based octane rating simulator for use in gasoline compounding processes. **Fuel**, v. 243, p. 381-389, 2019. ISSN 0016-2361. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.01.145>>.

STIKKERS, D.E. Octane and the environment. **Science of The Total Environment**, v. 299. ed. 1-3, p. 37-56, 2002. ISSN 0048-9697. doi: <[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00271-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00271-1)>.

WESTBROOK, C.K.; SJÖBERG, M.; CERNANSKY, N.P. A new chemical kinetic method of determining RON and MON values for single component and multicomponent mixtures of engine fuels. **Combustion and Flame**, v. 195, p. 50-62, 2018. ISSN 0010-2180. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2018.03.038>>.

WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C. How Do We Do It: A Brief Summary of the Methods We Use in Developing near Infrared Calibrations. A.M.C. Davies, P.C. Williams (Eds.), **Near infrared spectroscopy: the future waves**, NIR Publications, Chichester, p. 185-188, 1996 apud VELVARSKÁ, R.; VRÁBLÍK, A.; HIDALGO-HERRADOR, J.M.; CERNÝM, R. Near-infrared spectroscopy to determine cold-flow improver concentrations in diesel fuel. *Infrared Physics & Technology*, v. 110, 103445, 2020. ISSN 1350-4495. doi: <<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103445>>.

ANEXO A

Tabela 4 - Dados referentes à análise de amostras de gasolina pelas metodologias alternativa (GS1000) e de referência (motor CFR).

Sequência	Tipo de amostra	GS1000			Motor CFR		
		MON	RON	IAD	MON	RON	IAD
1	Gasolina formulada	81,5	95,7	88,6	84,3	94,3	89,3
2	Gasolina formulada	81,1	95,4	88,3	84,6	93,5	89,1
3	Gasolina (c/aditivo)	86,0	99,9	93,0	86,8	100,9	93,9
4	Gasolina (c/aditivo)	85,7	99,8	92,8	86,6	100,5	93,6
5	Gasolina (c/aditivo)	85,5	99,9	92,7	86,4	100,4	93,4
6	Gasolina (c/ aditivo)	84,2	99,4	91,8	85,2	99,6	92,4
7	Gasolina C	83,9	91,3	87,6	83,7	90,6	87,2
8	Gasolina C	83,9	91,2	87,6	83,5	90,6	87,1
9	Gasolina C	82,2	97,7	90,0	83,2	97,7	90,5
10	Gasolina C	83,6	91,0	87,3	83,4	91,4	87,4
11	Gasolina C	83,6	91,0	87,3	83,5	90,9	87,2
12	Gasolina C	83,0	98,0	90,5	83,5	98,1	90,8
13	Gasolina C	83,1	98,3	90,7	83,6	98,2	90,9
14	Gasolina C	84,6	99,4	92,0	85,9	99,6	92,8
15	Gasolina C	82,5	90,4	86,5	82,9	89,7	86,3
16	Gasolina C	84,2	-	-	83,2	-	-
17	Gasolina C	84,3	91,2	87,8	83,1	89,6	86,4
18	Gasolina C	82,7	90,4	86,6	83,0	89,0	86,0
19	Gasolina C	82,5	90,5	86,5	82,7	89,0	85,9
20	Gasolina C	82,8	90,4	86,6	83,6	89,3	86,5
21	Gasolina C	82,6	90,7	86,7	83,2	90,4	86,8
22	Gasolina C	82,6	90,4	86,5	82,2	90,1	86,2
23	Gasolina C	82,5	90,4	86,5	82,6	90,1	86,4
24	Gasolina C	82,7	90,2	86,5	83,3	90,2	86,8
25	Gasolina C	82,3	90,5	86,4	82,6	90,4	86,5
26	Gasolina C	85,7	96,3	91,0	85,9	95,9	90,9
27	Gasolina C	82,6	90,6	86,6	82,7	90,2	86,5
28	Gasolina C	82,4	90,7	86,6	82,8	90,8	86,8
29	Gasolina C	82,5	90,7	86,6	82,2	90,0	86,1
30	Gasolina C	82,6	90,5	86,6	83,6	90,2	86,9
31	Gasolina C	83,4	92,5	88,0	83,2	91,0	87,1
32	Gasolina C	83,5	92,4	88,0	83,0	90,9	87,0
33	Gasolina C	82,7	91,5	87,1	83,5	92,9	88,2
34	Gasolina C	83,7	91,3	87,5	83,4	91,4	87,4
35	Gasolina C	82,5	95,2	88,9	81,5	95,3	88,4

Sequência	Tipo de amostra	GS1000			Motor CFR		
		MON	RON	IAD	MON	RON	IAD
36	Gasolina C	82,2	95,1	88,7	81,5	95,5	88,5
37	Gasolina C	83,6	90,4	87,0	82,5	89,1	85,8
38	Gasolina C	84,2	100,2	92,2	85,3	100,2	92,8
39	Gasolina C	84,4	100,2	92,3	85,1	100,2	92,7
40	Gasolina C	84,1	100,2	92,2	85,3	100,0	92,7
41	Gasolina C	84,5	100,3	92,4	85,4	100,2	92,8
42	Gasolina C	84,5	100,1	92,3	85,3	100,3	92,8
43	Gasolina C	84,2	100,2	92,2	85,2	100,2	92,7
44	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,4	100,1	92,8
45	Gasolina C	84,3	100,1	92,2	85,4	100,1	92,8
46	Gasolina C	84,5	100,2	92,4	85,3	100,3	92,8
47	Gasolina C	84,4	99,9	92,2	85,2	100,0	92,6
48	Gasolina C	84,2	100,1	92,2	85,1	100,4	92,8
49	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,3	100,3	92,8
50	Gasolina C	84,4	100,0	92,2	85,3	100,4	92,9
51	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,2	100,4	92,8
52	Gasolina C	84,3	100,0	92,2	85,5	100,3	92,9
53	Gasolina C	84,5	100,2	92,4	85,2	100,4	92,8
54	Gasolina C	84,2	100,1	92,2	85,2	100,3	92,8
55	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,4	100,4	92,9
56	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,2	100,4	92,8
57	Gasolina C	84,1	100,2	92,2	85,3	100,4	92,9
58	Gasolina C	84,4	100,1	92,3	85,3	100,5	92,9
59	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,3	100,4	92,9
60	Gasolina C	84,3	100,2	92,3	85,4	100,4	92,9
61	Gasolina C	84,4	100,1	92,3	85,3	100,3	92,8
62	Gasolina C	84,4	100,2	92,3	85,6	100,4	93,0
63	Gasolina C	84,3	100,0	92,2	85,3	100,3	92,8
64	Gasolina C	84,6	100,2	92,4	85,4	100,4	92,9
65	Gasolina C	84,5	100,2	92,4	85,2	100,4	92,8
66	Gasolina C	84,4	100,1	92,3	85,4	100,4	92,9
67	Gasolina C	84,2	100,2	92,2	85,3	100,5	92,9
68	Gasolina C	82,2	90,8	86,5	82,5	91,9	87,2
69	Gasolina C	83,1	91,8	87,5	83,2	91,6	87,4
70	Gasolina C	84,1	97,9	91,0	84,3	97,9	91,1
71	Gasolina C	83,9	97,7	90,8	84,2	97,8	91,0
72	Gasolina C	82,2	89,6	85,9	82,9	91,0	87,0
73	Gasolina C	82,9	91,4	87,2	83,1	91,3	87,2
74	Gasolina C	82,9	91,4	87,2	82,8	90,6	86,7

Sequência	Tipo de amostra	GS1000			Motor CFR		
		MON	RON	IAD	MON	RON	IAD
75	Gasolina C	83,4	98,6	91,0	86,3	99,5	92,9
76	Gasolina C	83,1	98,2	90,7	85,2	98,8	92,0
77	Gasolina C	82,1	91,9	87,0	82,3	91,5	86,9
78	Gasolina C	82,1	94,2	88,2	82,8	94,5	88,7
79	Gasolina C	81,6	91,7	86,7	78,6	86,3	82,5
80	Gasolina C	82,5	92,3	87,4	79,9	86,5	83,2
81	Gasolina C	86,4	90,3	88,4	83,5	91,5	87,5
82	Gasolina C	84,5	92,1	88,3	84,5	92,9	88,7
83	Gasolina C	84,9	92,3	88,6	84,8	93,3	89,1
84	Gasolina C	-	91,9	-	-	93,6	-
85	Gasolina C	83,5	89,7	86,6	82,7	90,8	86,8
86	Gasolina C	83,6	90,0	86,8	83,0	91,3	87,2
87	Gasolina C	83,4	89,9	86,7	83,1	91,5	87,3
88	Gasolina C	83,7	90,2	87,0	83,1	91,7	87,4
89	Gasolina C	83,9	86,9	85,4	82,7	90,4	86,6
90	Gasolina C	83,6	89,6	86,6	82,6	90,5	86,6
91	Gasolina C	84,3	90,3	87,3	83,4	90,9	87,2
92	Gasolina C	84,8	91,9	88,4	83,2	90,8	87,0
93	Gasolina C	84,2	90,3	87,3	83,2	90,7	87,0
94	Gasolina C	84,7	90,2	87,5	83,3	90,9	87,1
95	Gasolina C	84,6	89,9	87,3	83,1	90,7	86,9
96	Gasolina C	83,9	89,2	86,6	82,3	89,7	86,0
97	Gasolina C	84,6	95,9	90,3	84,1	96,3	90,2
98	Gasolina C	85,9	90,1	88,0	81,7	88,3	85,0
99	Gasolina C	84,5	89,7	87,1	83,2	91,3	87,2
100	Gasolina C	84,6	91,0	87,8	83,2	91,1	87,2
101	Gasolina C	85,4	91,2	88,3	83,5	90,6	87,1
102	Gasolina C	85,0	91,0	88,0	83,2	89,9	86,6
103	Gasolina C	85,5	91,2	88,4	83,4	90,0	86,7
104	Gasolina C	85,5	91,3	88,4	83,2	89,9	86,6
105	Gasolina C	85,3	91,2	88,3	83,2	89,8	86,5
106	Gasolina C	85,5	91,1	88,3	83,2	90,0	86,6
107	Gasolina C	87,8	95,4	91,6	83,0	90,6	86,8
108	Gasolina C	87,4	95,3	91,4	83,0	90,6	86,8

Fonte: elaborada pelos autores

10.34033/2526-5830-v6n20-3

