

# *Monografia de Graduação*

**Análise e desenvolvimento de técnicas analíticas para estimativa de parâmetros físico-químicos dos combustíveis líquidos**

**Enio Gomes de Azevedo Rocha**

**Natal, março de 2002**

---

*ROCHA, Enio Gomes de Azevedo. “Análise e Desenvolvimento de Técnicas Analíticas para Estimativa de Parâmetros Físico-Químicos dos Combustíveis Líquidos.” Trabalho Final de Curso na área de Engenharia de Processos em Plantas de Petróleo e Gás Natural. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN. Brasil.2002.*

---

TRABALHO APROVADO EM: **08/03/2002**

---

*Prof. Dr. Pagandai Vaithianathan Pannir Selvan*  
*Orientador da disciplina Trabalho Final de Curso (DEQ 300)*

---

*Prof. Dr. Antônio Souza de Araújo*  
*Orientador de bolsa de IC/ANP*

---

*Prof. Dr. Afonso Avelino Dantas Neto*  
*Coordenador do PRH-14/ANP*

## AGRADECIMENTOS

Durante vários anos de estudo tentei adquirir a perspicácia e a experiência necessárias à formulação dessa monografia. Todo esse esforço contou com uma enorme parcela de apoio e auxílio.

Jeane Telles de Assis e Assunção Câmara de Oliveira sempre estiveram ao meu lado, dando-me as melhores oportunidades de desafiar a mim mesmo (duas pessoas maravilhosas); Nedja Suely Fernandes e Regina C. de Oliveira B. Delgado acompanharam meus primeiros passos dentro de um laboratório de pesquisa e são pessoas pelas quais tenho uma enorme gratidão; Antônio Souza Araújo (meu orientador), Valter José Fernandes Júnior, Afonso Avelino Dantas Neto, Eduardo Lins de Barros Neto e Pagandai Vaithianathan Pannir Selvan, foram educadores que prestaram orientação e apoio, dedicando à minha vida acadêmica uma valiosa parcela de seus conhecimentos; a Agência Nacional de Petróleo, através da concessão e financiamento de uma bolsa de estudos, assegurou-me uma qualificação de recursos humanos de alto nível.

Em uma categoria especial está minha família: meus pais, Francisco Rocha Gondim e Resilda Gomes de Azevedo Rocha, e meus irmãos, Emerson e Eider, que fizeram grandes sacrifícios para me ajudar no que encarávamos ser como uma missão de família.

É preciso muitas folhas para que uma árvore possa fazer sombra.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Motor a explosão de 4 tempos .....	15
Figura 02 - Motor com calibragem padrão para medição da octanagem da gasolina .....	22
Figura 03 -Funcionamento de um motor a diesel.....	25
Figura 04 - Analisador de gasolina (IROX).....	28
Figura 05 - Cromatógrafo a gás com espectrômetro de massa .....	29
Figura 06 - Resultado da pesquisa em biblioteca para 1 µl de uma amostra da gasolina tipo C aditivada, possibilitando a visualização de espectros e obtenção de informações para identificar e quantificar um composto alvo .....	30
Figura 07 - Cromatografia da amostra 01 de gasolina tipo C aditivada .....	31
Figura 08 - Cromatografia da amostra 02 de gasolina tipo C aditivada .....	35
Figura 09 - Cromatografia da amostra 03 de gasolina tipo C aditivada .....	39
Figura 10 - Cromatografia da amostra 04 de gasolina tipo C aditivada .....	43
Figura 11 - Cromatografia da amostra 05 de gasolina tipo C aditivada .....	47
Figura 12 - Cromatografia da amostra 06 de gasolina tipo C aditivada .....	51
Figura 13 - Cromatografia da amostra 07 de gasolina tipo C aditivada .....	55
Figura 14 - Cromatografia da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada .....	59
Figura 15 - Cromatografia da amostra 09 de gasolina tipo C aditivada .....	62
Figura 16 - Cromatografia da amostra 10 de gasolina tipo C aditivada .....	66
Figura 17 - Área de trabalho do Software para determinação do índice antidetonante em gasolinas tipo C aditivadas .....	90
Figura 18 - Planilhas contendo células para entrada de dados e arquivos básicos sobre as estruturas químicas dos hidrocarbonetos identificados nas amostras de gasolina	91
Figura 19 - Caixa de diálogo contendo informações básicas sobre o software .....	92
Figura 20 - Protótipo de teste para determinação do índice de cetano, desenvolvido em linguagem C++ .....	92
Figura 21 - Interface do AFFRO em linguagem Delphi .....	93
Figura 22a - Edição de novo texto e salvamento através da célula “Salvar”.....	94
Figura 22b - Edição de novo texto e salvamento através do menu “Arquivos”.....	94
Figura 23 - Abertura de documentos editados .....	95
Figura 24 - Caixa de diálogo contendo resumo sobre o AFFRO .....	95
Figura 25a - Relatório de dados .....	96
Figura 25b - Tela de impressão do relatório de dados .....	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Fatores que afetam a batida.....	20
Tabela 02 - Fatores que afetam a tendência para produzir detonação .....	21
Tabela 03 - Teste Operacional das Condições de Octanagem .....	23
Tabela 04 - Número de Octano dos Compostos Puros .....	24
Tabela 05 - Comparação do número e índice de cetano do diesel (valores mínimos) em alguns Países.....	26
Tabela 06 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 01 de gasolina tipo C aditivada .....	32
Tabela 07 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 02 de gasolina tipo C aditivada .....	36
Tabela 08 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 03 de gasolina tipo C aditivada .....	40
Tabela 09 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 04 de gasolina tipo C aditivada .....	44
Tabela 10 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 05 de gasolina tipo C aditivada .....	48
Tabela 11 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 06 de gasolina tipo C aditivada .....	52
Tabela 12 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 07 de gasolina tipo C aditivada .....	56
Tabela 13 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada .....	60
Tabela 14 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 09 de gasolina tipo C aditivada .....	63
Tabela 15 - Dados obtidos por cromatografia da amostra 10 de gasolina tipo C aditivada .....	67
Tabela 16 - Valores de MON obtidos por infravermelho e percentual das classes de compostos via GC/MS .....	77
Tabela 17 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas .....	77
Tabela 18 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos .....	78
Tabela 19 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados .....	78
Tabela 20 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos.....	79
Tabela 21 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas .....	80
Tabela 22 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais Das classes de compostos .....	80
Tabela 23 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas .....	81
Tabela 24 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos .....	82
Tabela 25 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados .....	82

Tabela 26 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos.....	83
Tabela 26 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas .....	84
Tabela 27 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos .....	84
Tabela 28 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas .....	85
Tabela 29 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos .....	86
Tabela 30 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados .....	86
Tabela 31 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos.....	87
Tabela 32 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas .....	88
Tabela 33 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos .....	88

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 01 de gasolina tipo C aditivada .....	31
Quadro 02 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 02 de gasolina tipo C aditivada .....	35
Quadro 03 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 03 de gasolina tipo C aditivada .....	39
Quadro 04 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 04 de gasolina tipo C aditivada .....	43
Quadro 05 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 05 de gasolina tipo C aditivada .....	47
Quadro 06 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 06 de gasolina tipo C aditivada .....	51
Quadro 07 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 07 de gasolina tipo C aditivada .....	55
Quadro 08 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada .....	59
Quadro 09 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 09 de gasolina tipo C aditivada .....	62
Quadro 10 - Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 10 de gasolina tipo C aditivada .....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas .....	77
Gráfico 02 - Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos.....	78
Gráfico 03 - Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados.....	79
Gráfico 04 - Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos .....	79
Gráfico 05 - Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas .....	79
Gráfico 06 - Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos presentes na gasolina.....	80
Gráfico 07 - Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas .....	81
Gráfico 08 - Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos.....	81
Gráfico 09 - Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados.....	82
Gráfico 10 - Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos .....	83
Gráfico 11 - Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas .....	83
Gráfico 12 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos presentes na gasolina.....	84
Gráfico 13 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas .....	85
Gráfico 14 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos .....	86
Gráfico 15 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados.....	87
Gráfico 16 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos .....	87
Gráfico 17 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas .....	88
Gráfico 18 - Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos presentes na gasolina.....	89

## NOMENCLATURA

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AEAC - Álcool etílico anidro comum  
AEAC - Álcool etílico hidratado comum  
ANP - Agência Nacional do Petróleo  
ASTM - American Society for Testing and Materials  
CFR - Cooperative Fuel Reserach / Motor de teste padrão  
DEQ - Departamento de Engenharia Química  
DQ - Departamento de Química  
EDX - Raio-X por energia dispersiva  
GASOL - Laboratório de combustíveis da UFRN  
GC/MS - Cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa  
IAD - Índice antidetonante  
(IAD)<sub>A</sub> - Fórmula parcial para determinação do IAD com base no percentual de aromáticos  
(IAD)<sub>N</sub> - Fórmula parcial para determinação do IAD com base no percentual de naftênicos  
(IAD)<sub>O</sub> - Fórmula parcial para determinação do IAD com base no percentual de olefinas  
(IAD)<sub>P</sub> - Fórmula parcial para determinação do IAD com base no percentual de parafinas  
(IAD)<sub>X</sub> - Fórmula parcial para determinação do IAD com base no percentual de oxigenados  
(IAD)<sub>G</sub> - Fórmula geral para determinação do IAD via GC/MS  
ICC - Calculated cetane index  
IROX - Analisador portátil de gasolina  
IV - Infravermelho vermelho  
MB - Métodos Brasileiros  
MON - Motor Octane Number/ Número Octano Motor  
(MON)<sub>A</sub> - Fórmula parcial para determinação do MON com base no percentual de aromáticos  
(MON)<sub>N</sub> - Fórmula parcial para determinação do MON com base no percentual de naftênicos  
(MON)<sub>O</sub> - Fórmula parcial para determinação do MON com base no percentual de olefinas  
(MON)<sub>P</sub> - Fórmula parcial para determinação do MON com base no percentual de parafinas  
(MON)<sub>X</sub> - Fórmula parcial para determinação do MON com base no percentual de oxigenados  
(MON)<sub>G</sub> - Fórmula geral para determinação do MON via GC/MS  
NB - Normas Brasileiras  
PFE - Ponto final de ebulição  
PRFs - Referências Primárias de Combustíveis  
PRH 14 - Programa de recursos Humanos nº 14 da ANP, para o setor de petróleo e gás  
RON - Research Octane Number/ Número Octano Pesquisa  
(RON)<sub>A</sub> - Fórmula parcial para determinação do RON com base no percentual de aromáticos  
(RON)<sub>N</sub> - Fórmula parcial para determinação do RON com base no percentual de naftênicos  
(RON)<sub>O</sub> - Fórmula parcial para determinação do RON com base no percentual de olefinas  
(RON)<sub>P</sub> - Fórmula parcial para determinação do RON com base no percentual de parafinas  
(RON)<sub>X</sub> - Fórmula parcial para determinação do RON com base no percentual de oxigenados  
(RON)<sub>G</sub> - Fórmula geral para determinação do RON via GC/MS  
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
%(v/v) - Porcentagem volume/volume

## RESUMO

Este trabalho descreve alguns métodos para estudo detalhado das características de qualidade da gasolina tipo C aditivada e óleo diesel automotivo comercial.

A identificação e caracterização de grupos de compostos químicos presentes na gasolina e a determinação de parâmetros analíticos para o óleo diesel, constituíram a base para a avaliação de variáveis que influenciam no funcionamento dos motores, levando à proposta de novas técnicas de otimização para os testes padrões de monitoramento da qualidade destes combustíveis, dentro das especificações previamente definidas pela Agência Nacional do Petróleo.

Para avaliar a influência dos vários aditivos nas propriedades dos combustíveis líquidos foram realizadas várias análises físico-químicas, fazendo-se uso, principalmente, de métodos cromatográficos, infravermelho e destilação.

A partir de recursos de modelagem e simulação, foi otimizada a determinação de quatro importantes variáveis associadas ao melhor desempenho dos veículos: a octanagem (MON - *Motor Octane Number* e RON - *Research Octane Number*) e o índice antidetonante – IAD, para a gasolina tipo C aditivada, e o índice de cetano, para o óleo diesel automotivo comercial.

A proposta de soluções alternativas permitiu associar precisão e rapidez aos trabalhos de pesquisa e está auxiliando no trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Combustíveis da UFRN – GASOL.

Palavras-chave: Gasolina Aditivada, Cromatografia a Gás, Infravermelho, Octanagem, Óleo Diesel e Índice de Cetano.

## ABSTRACT

This dissertation describes some methods for a detailed study of the quality characteristics of the type C additived gasoline and commercial automotive diesel oil.

The identification and the characterization of chemical groups composition present in the gasoline and the determination analytic parameters for the diesel oil, which constituted the base for the evaluation of variables that influence in the operation of the internal combustion engine motor, considering as according to the proposal of new optimization techniques for the standard monitoring tests of the quality of these fuels, as the specifications that were previously defined by the *Agência Nacional do Petróleo*.

To evaluate the influence of the several additives about properties of the liquid fuels several physical-chemical analyses were carried out, using, mainly, chromatographic, infrared and distillation methods.

Using modelling and simulation tools, optimizations studies were made for the determination of four important variables associated to the best performance of the vehicles such as the octane numbers (MON - Motor Octane Number and RON - Research Octane Number) and the antiknock index - IAD, for the type C additived gasoline, and the cetane index, for the commercial automotive diesel oil.

The proposal of alternative solutions allowed one to associate precision and speed to the research works and they are aiding in the work developed by the *Laboratório de Combustíveis* of UFRN - GASOL.

Keywords: Additived Gasoline, Gas Chromatography, Infrared, Octan Number, Oil Diesel and Index Cetane.

## I. INTRODUÇÃO

A “Análise e desenvolvimento de técnicas analíticas para estimativa de parâmetros físico-químicos da gasolina tipo C aditivada e óleo diesel automotivo comercial” é resultado de um projeto de pesquisa da disciplina Trabalho Final de Curso (DEQ 300), apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito para obtenção do Título de Engenheiro Químico, com ênfase em Engenharia de Processos em Plantas de Petróleo e Gás Natural.

O projeto contou com o financiamento do Programa de Recursos Humanos 14 da Agência nacional do Petróleo e foi desenvolvido junto ao Laboratório de Combustíveis – Departamento de Química (DQ) da UFRN, na área de Engenharia de Processos em Plantas de Petróleo e Gás Natural.

A necessidade de acompanhar o desenvolvimento dos motores e as mudanças na legislação ambiental, além de outros fatores, torna bastante dinâmico o controle da qualidade dos combustíveis. As especificações em todo o mundo têm sido revistas de tempos em tempos, para adequação a uma nova realidade. No Brasil, isso vem sendo feito em especial no que se refere aos combustíveis automotivos, em paralelo ao programa de acompanhamento da qualidade dos produtos comercializados.

Como consequência deste aumento na tendência em regular os níveis de contaminantes nos combustíveis e demais derivados do petróleo, a análise qualitativa e quantitativa de compostos presentes nestes produtos tem se tornado uma área de grande interesse. Dentro deste contexto, o Projeto traz a proposta de novos métodos para auxiliar nos trabalhos de pesquisa e monitoramento da qualidade dos combustíveis líquidos.

A qualidade mínima dos diversos tipos de combustíveis utilizados no País é garantida por especificações técnicas legais. Para cada produto são estabelecidas certas características físicas e químicas, propriedades de combustão e limites de contaminantes.

Essas especificações asseguram a uniformidade de cada combustível na produção. No entanto, devido à possibilidade de ocorrer alterações durante o trajeto até os pontos finais de venda, seja em função de transporte, manuseio ou estocagem inadequados, seja por adulteração, não basta apenas estabelecer os parâmetros de qualidade. Por esta razão, é preciso controlar essa qualidade desde sua saída da refinaria (ou da usina alcooleira) até os postos de abastecimento, para que os combustíveis cheguem aos consumidores em conformidade com suas especificações, que, no Brasil, são reguladas por meio das portarias nº 023 de 29/10/91, 032 de 04/08/97 e 197 de 28/12/99, da Agência Nacional do Petróleo [1,5].

Embora o programa de qualidade envolva todos os combustíveis, a gasolina e o diesel

destacam-se por serem os dois principais combustíveis automotivos usados no País. A manutenção da qualidade desses produtos, da produção ao consumo, garante o bom desempenho dos veículos e máquinas que os utilizam, minimiza os impactos ambientais da sua queima e ainda evita uma série de custos econômicos, decorrentes do maior consumo e do maior desgaste dos equipamentos.

As pesquisas para a caracterização dos parâmetros analíticos consistiram de vários ensaios, realizados de acordo com as Normas Brasileiras (NB), Métodos Brasileiros (MB) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e as Normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) (Vide anexos II, III e IV).

## II. OBJETIVOS

### 2.1. **Objetivos Gerais**

O objetivo geral do trabalho é propor novas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinação da octanagem, na gasolina tipo C aditivada, e do índice de cetano, no óleo diesel automotivo comercial, baseando-se no desenvolvimento e validação de ferramentas computacionais que auxiliem nos trabalhos de pesquisa e monitoramento da qualidade destes combustíveis, assegurando maior precisão e rapidez na estimativa daquelas propriedades.

### 2.2. **Objetivos Específicos**

- Obtenção de parâmetros físico-químicos da gasolina aditivada e óleo diesel
- Comparação entre técnicas analíticas (cromatografia e infravermelho)
- Avaliação da composição química da gasolina tipo C aditivada
- Otimização do modelo matemático proposto pela Norma ASTM D 4737
- Modelagem e simulação

## III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 **Gasolina automotiva**

A gasolina automotiva é produzida de modo a atender requisitos definidos de qualidade. Tais requisitos visam garantir que o produto apresente condições de atender a todas as exigências dos motores e permitir que a emissão de poluentes seja mantida em níveis aceitáveis [2-5].

A classificação das gasolinas é baseada em duas características principais: o poder antidetonante do combustível, que é medido pela octanagem, e a utilização de aditivos, cuja

classificação surgiu por conta da adição do chumbo tetraetila,  $[Pb(C_2H_5)_4]$  para aumentar o poder antidetonante [3].

Em função desta classificação, um dos primeiros estudos realizados neste projeto de pesquisa envolveu a avaliação da composição química da gasolina aditivada e de sua octanagem por GC/MS (Vide item item 4.1).

A octanagem é uma importante variável relacionada à combustão e, provavelmente, o mais simples parâmetro reconhecido da qualidade desse combustível.

Nos motores a explosão de 4 tempos (Figura 1), a gasolina é vaporizada e recebe uma certa quantidade de ar. A mistura é então comprimida e explode sob a ação de uma faísca elétrica produzida pela vela do motor, deslocando o pistão e aproveitando esse movimento para produzir trabalho.

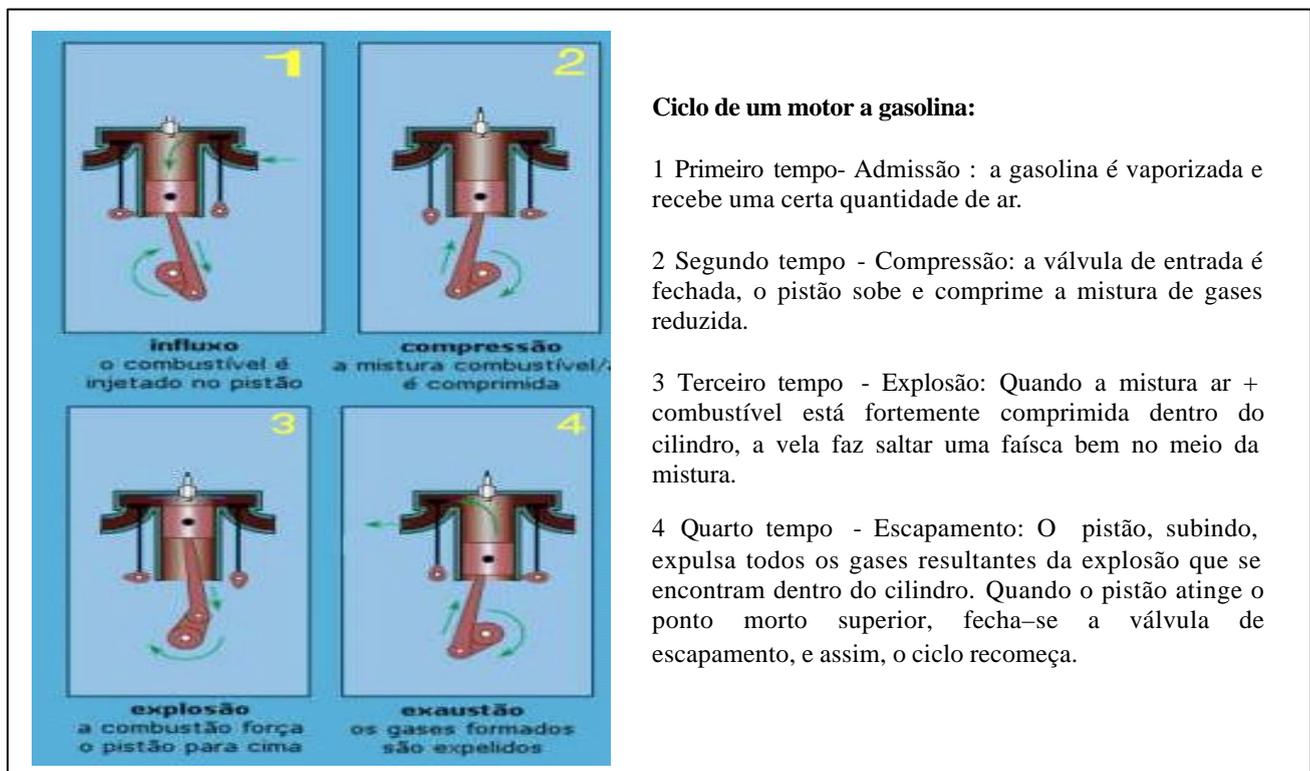


Figura 01 – Funcionamento do motor a explosão de 4 tempos

FONTE: [5].

Muitas vezes, no entanto, a mistura explosiva detona ao ser comprimida. E a octanagem ou índice de octano é justamente a propriedade da gasolina que indica a qual limite máximo essa mistura (vapor combustível + ar) pode ser comprimida dentro da câmara de combustão, sem que haja detonação espontânea, ou seja, sem que a mistura entre em combustão antes da centelha da vela de ignição. Essa variável mede, portanto, a capacidade da gasolina resistir à detonação ou “batida de pino” [2,3].

Neste sentido, a importância de se avaliar a octanagem da gasolina é justificada pela necessidade de garantir que o produto atenda às exigências dos motores no tempo de compressão e início da expansão (quando ocorre aumento de pressão e de temperatura) sem entrar em auto-ignição, o que, em geral, prejudica o trabalho do motor, diminuindo sua potência e rendimento, podendo causar ainda outros sérios danos dependendo da intensidade e persistência da detonação.

O cálculo do poder antidetonante (expresso em octanagem) de um combustível é feito atualmente através de dois métodos:

- Método Motor (MON - *Motor Octane Number*) - avalia a resistência da gasolina à detonação quando o motor está operando em condições mais severas - alta rotação e plena carga, como acontece na subida de ladeiras com marcha reduzida e velocidade alta e nas ultrapassagens (quando a aceleração é aumentada mesmo já estando o carro em alta velocidade). Este método é regulamentado pela Norma ASTM D 2699, sendo atualmente especificado para a gasolina brasileira contendo álcool etílico.
- Método Pesquisa (RON - *Research Octane Number*) - avalia a resistência da gasolina à detonação quando o motor está operando em condições mais suaves de trabalho e a uma rotação menor do que aquela avaliada pela octanagem MON, como ocorre por exemplo ao arrancarmos o veículo em um sinal. É regulamentado pela Norma ASTM D 2700.

Não obstante, quando se trata de definir octanagem requerida pelos motores e que, conseqüentemente, deve ser atendida pelas gasolinas, alguns países, entre eles os EUA e o Brasil, adotam ao invés do número de octanagem MON e RON, o índice antidetonante (IAD) como representativo do desempenho antidetonante do combustível. O que ocorre é que, dependendo do projeto do motor do veículo e das condições em que ele opera, o desempenho antidetonante do combustível (capacidade da gasolina resistir à detonação) pode ser melhor representado, em alguns casos pela octanagem MON, em outros pela octanagem RON. Com o IAD, estima-se o desempenho antidetonante para um universo mais amplo de veículos, o que representa vantagem em relação a octanagem MON ou RON separadamente.

O índice antidetonante é definido como a média aritmética entre os dois métodos:

$$\text{IAD} = [(\text{MON} + \text{RON})/2]$$

De acordo com o regulamento técnico da ANP nº 003/98, o número de octano motor e o índice antidetonante da gasolina deverão possuir um limite mínimo de 80,0 e 86,0, respectivamente.

A octanagem RON não faz parte do quadro da especificação brasileira da gasolina automotiva dos tipos A ou C, constando porém, do quadro de especificação da gasolina padrão (gasolina especialmente produzida para uso na indústria automobilística nos ensaios de

avaliação do consumo e das emissões de poluentes como gases de escapamentos e hidrocarbonetos, dos veículos por ela produzidos) [3,5].

### 3.1.1. Gasolina comum x Gasolina aditivada

A gasolina é um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos (seu principal constituinte é o octano – C<sub>8</sub>) e, em menor quantidade, por produtos oxigenados. Os hidrocarbonetos que compõem a gasolina (hidrocarbonetos aromáticos, olefinas e saturados) são, em geral, mais “leves” do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (normalmente cadeias de 4 a 12 átomos de carbono). Além dos hidrocarbonetos e dos oxigenados a gasolina contém compostos de enxofre, compostos de nitrogênio e compostos metálicos, em baixas concentrações [4,7-8].

A gasolina básica (sem oxigenados) possui uma composição complexa. A sua formulação pode demandar a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento do petróleo como nafta leve (produto obtido através da destilação direta do petróleo), nafta craqueada (obtida através da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (gasóleo)), nafta reformada (obtida de um processo que aumenta a quantidade de substâncias aromáticas), nafta alquilada (obtida de um processo que produz iso-parafinas de alta octanagem a partir de iso-butanos e olefinas) [4].

Atualmente, a gasolina disponibilizada em nosso país para o consumidor final e que é comercializada pelos postos revendedores é aquela que possui compostos oxigenados em sua composição, normalmente o álcool etílico anidro. O teor de álcool na gasolina é objeto de Lei Federal, cuja especificação final é de responsabilidade da Agência Nacional de Petróleo. O teor de álcool na gasolina final atinge a faixa de 21 a 23 por cento em volume, conforme legislação atual [4-6].

Em termos gerais, as gasolinas comuns e aditivadas possuem a mesma octanagem. Diferem entre si apenas pela presença de um aditivo, do tipo "detergente dispersante", que tem a função de manter limpo todo o sistema por onde passa a gasolina. Para diferenciá-las, as distribuidoras usam um corante que confere a gasolina aditivada uma cor distinta daquela apresentada pela comum, podendo esta cor variar de companhia para companhia [4,5].

### 3.1.2. Aditivos

Com o passar do tempo as gasolinas sofrem um processo de oxidação natural, o que leva à formação de uma goma que, lentamente, vai se depositando no sistema de alimentação do veículo.

O acúmulo desta goma acarreta aumento do consumo de combustível e mau desempenho do motor, podendo causar falhas em seu funcionamento, como entupimento dos bicos injetores, travamento da borboleta do carburador, etc [2]

Os aditivos para a gasolina são usados para reforçar ou propiciar várias características de desempenho relacionadas com a operação satisfatória dos motores, bem como tentar minimizar problemas de manuseio e armazenamento. Os aditivos complementam o processamento na refinaria permitindo obter o mais alto nível de desempenho do produto. O seu uso melhora a resposta de aceleração do carro e o fluxo de combustível, eliminando a perda de potência; reduz a queda do desempenho do motor; elimina os efeitos da alta acidez do amido e permite melhor lubrificação das partes altas do motor, além de ser compatível com os conversores catalíticos.

Na década de 50, foram lançados nos Estados Unidos os aditivos detergentes, que eram compostos à base de produtos de origem animal. Esses compostos, de baixo peso molecular e pouca estabilidade térmica, apresentaram bom desempenho na limpeza de carburadores, válvulas de admissão.

Na década de 70, também dos Estados Unidos, foram lançados os aditivos detergentes/dispersantes de alto peso molecular e quimicamente estáveis que, além dos carburadores, mantinham limpas as válvulas de admissão.

Em meados de 80, com o crescente uso do sistema de injeção eletrônica multiuso, em substituição ao de injeção simples, verificou-se que estes aditivos apresentavam nível de desempenho bem inferior àquele constatado nos sistemas carburados. Os fabricantes de aditivos novamente promoveram ações no sentido de adequar seus produtos as novas exigências de mercado.

Em função da evolução dos aditivos detergentes para veículos automotivos, encontram-se hoje disponíveis no mercado diferentes gerações de aditivos, desde as primeiras aminas que surgiram no mercado (1ª geração), até os atuais detergentes/dispersantes de última geração. Basicamente existem dois tipos de aditivos: aqueles que alteram as características físico-químicas do produto e os que melhoram o desempenho do veículo, sem alterar tais características. É procedimento usual no mundo a utilização da primeira classe de aditivos pelo fornecedor de petróleo e a segunda pelas distribuidoras. Desta forma, aditivos do tipo de melhoradores de octanagem ou estabilizantes são adicionados nas refinarias, enquanto os aditivos detergentes, anticorrosivos e dispersantes são adotados pelas companhias distribuidoras de derivados [5].

A adição destes agentes "detergente/dispersante" à gasolina, cujas proporções são estabelecidas pelas próprias Companhias Distribuidoras, é feita no sentido de, efetivamente, promover a manutenção da limpeza dos sistemas de alimentação dos veículos e garantir condições

de bom funcionamento por mais tempo, diminuindo, assim, os gastos com consumo e manutenção do veículo. Onde ocorre o fluxo do produto, a goma depositada é removida pela ação do detergente e mantida em suspensão no fluido pela ação do dispersante até a câmara de combustão, onde é completamente queimada, sem deixar resíduos. Os dois aditivos se completam.

A ação detergente é um processo gradual e contínuo, e o teor de aditivos na gasolina é determinado com esse objetivo [4,5].

### 3.1.3. Requisitos de uma boa gasolina

Para satisfazer a alta performance de motores automotivos, a gasolina deve atender a especificações exatas, algumas das quais são variáveis de acordo com a localização e baseado em temperaturas ou altitudes. O combustível deve evaporar facilmente e queimar completamente quando ocorre a centelha na vela de ignição. Uma detonação antecipada do combustível no cilindro pode causar uma "batida de pino" no motor.

No que diz respeito a octanagem necessária para o bom funcionamento dos motores, é importante saber que para cada projeto básico de motor existe uma característica de resistência mínima requerida a detonação. O uso de uma gasolina com octanagem superior àquela para a qual o motor foi projetado não trará a ele nenhum ganho de desempenho. Já o uso de um combustível com octanagem menor do que aquela prevista no projeto, causará perda de potência e aumento do consumo de combustível, podendo até mesmo causar danos no motor [2].

Outros requisitos importantes referem-se ao fato de que o combustível deve ser quimicamente estável, não devendo formar gomas ou outros depósitos poliméricos, nem conter contaminantes particulados ou água. Por isso, os contaminantes devem ser prevenidos desde o ponto de manufatura na refinaria, incluindo todos os caminhos através do sistema de distribuição, até que o combustível chegue ao tanque dos veículos [2-5,7].

### 3.1.4. Octano

Octanagem é uma importante variável relacionada à combustão e, provavelmente, o mais simples parâmetro reconhecido da qualidade da gasolina.

Na máquina do Ciclo de Otto, o vapor da gasolina na câmara de combustão deve iniciar a queima somente quando a carga de ignição tiver sido comprimida; então, ele deve queimar completamente.

A gasolina de baixa octanagem tem uma tendência à pré-ignição. Como a chama atravessa a câmara de combustão, a porção não queimada do combustível aquece rapidamente aumentando a

temperatura e condições de pressão. A mistura combustível-ar sofre, então, reações químicas, as quais podem causar uma auto-ignição e detonar toda mistura remanescente. Esta rápida liberação de energia causa flutuação de pressão no cilindro, o que resulta num alto barulho metálico comumente chamado batida.

As batidas, portanto, são causadas por reações químicas não desejáveis na câmara de combustão, e tais reações são funções de espécies químicas específicas do próprio combustível. Em geral, essas batidas reduzem a quantidade de trabalho que pode ser extraído da máquina e, quando prolongadas, tendem a causar desgastes nos pistões e cabeçote [2].

### 3.1.5. Fatores Químicos

Uma vez que a batida é causada por reações químicas no motor, é certo assumir que a estrutura química tem um importante papel na resistência de um composto particular à detonação. As parafinas de cadeia linear, por exemplo, têm menor resistência a detonação do que as parafinas de cadeia ramificada, as olefinas ou hidrocarbonetos cíclicos; já os naftênicos (cíclicos saturados), têm maior tendência à detonação do que os aromáticos (cíclicos insaturados). O poder antidetonante de uma gasolina, por conseguinte, dependerá fundamentalmente de sua composição química [2,3].

Reações que produzem batida são geralmente reações do tipo radicais livres, as quais são diferentes daquelas que ocorrem no corpo de uma chama. Ocorrem em temperaturas mais baixas, sendo por isso chamadas reações de chama fria.

Alguns dos fatores que afetam a batida são mostrados na tabela 01, a seguir:

Tabela 01 - Fatores que afetam a batida

MUDANCA NA ESTRUTURA	TENDÊNCIA A DETONAÇÃO
Parafina de cadeias longas	+
Isômeros de parafinas normais	-
Parafinas aromáticas normais	-
Aromáticos alquilantes	-
Anéis aromáticos saturados	+

FONTE: [2].

No passado, uma sistemática investigação na causa e prevenção da batida culminou no uso de chumbo tetraetila para decrescer a tendência à detonação de combustíveis, onde outros compostos alquilados como o tetrametilchumbo e dimetildietilchumbo também foram efetivos [2].

Estes compostos de chumbo ao se decompor no processo de combustão formavam os óxidos de chumbo, os quais eliminavam os mecanismos de cadeias de radicais livres que levam à detonação.

Os aditivos de chumbos eram usados utilizando limpadores como cloroetileno e bromoetileno, cujos compostos apresentaram reação com o óxido de chumbo, formando haletos de chumbo voláteis, os quais eram liberados.

Anos mais tarde, a comprovação de que os aditivos de chumbo causavam um potencial efeito na saúde da população e no ambiente, culminou no controle e posterior proibição dessas substâncias, cuja utilização foi sendo gradualmente abolida dos conversores catalíticos existentes nos automóveis.

Embora a gasolina de aviação ainda contenha o aditivo em sua formulação, a gasolina automotiva brasileira está isenta de chumbo desde 1992 [2-5].

### 3.1.6. Fatores do Veículo

Tendo em vista que a batida é uma reação química, ela é sensível à temperatura e tempo de reação. A temperatura pode tanto ser afetada por fatores tais como a temperatura da parede ou pela quantidade de calor liberado no processo de combustão, o que está diretamente relacionado à densidade da mistura combustível-ar.

Fatores no veículo que aumentam a densidade na carga e a temperatura da câmara de combustão promovem a tendência à detonação. Na tabela 02 estão relacionados alguns fatores que afetam a tendência para produzir detonação.

Tabela 02 - Fatores que afetam a tendência para produzir detonação

<i>AUMENTO DA DETONAÇÃO</i>	<i>DIMINUIÇÃO DA DETONAÇÃO</i>
Taxa de compressão alta	Aumento da turbulência
Esquema de centelha avançada	Reciclo de gás de exaustão
Temperatura de resfriamento alta	Carga de ar refrigerado
Turbo alimentação ou super alimentação	Altitude elevada
Depósitos na câmara de combustão	Umidade elevada

FONTE: [2].

Geralmente, fatores que aumentam a eficiência ou poder no motor aumentam a tendência à detonação. Compressão alta tende a aumentar a temperatura inicial da carga combustível-ar e, portanto, a temperatura do pico de combustão. Depósitos na câmara de combustão são altamente

isolantes e reduzem a quantidade de calor rejeitado para refrigeração, aumentando a temperatura da câmara de combustão. Por outro lado, o uso de tempos de queima muito menores na câmara de combustão pode efetivamente reduzir a tendência à detonação.

As condições ambientais podem também afetar a tendência à detonação. Em altas altitudes, a densidade do ar é menor e a combustão da carga combustível-ar gera menos calor. Já a alta umidade dilui o oxigênio com vapor de água e também interfere com algumas reações da detonação, levando a uma menor tendência de detonação [2].

Os motores fabricados no Brasil até hoje têm os seus motores regulados para um número de octanagem MON igual a 80, que é o valor mínimo especificado para a gasolina tipo C comum e aditivada. Quanto aos veículos importados, esses são originalmente projetados para a octanagem do combustível do país onde são fabricados. Geralmente necessitam de uma gasolina de maior octanagem como a gasolina Premium que apresenta o índice antidetonante - IAD = 91(mínimo) [4,5].

### 3.1.7. Medida de Octano

Dois diferentes valores precisam ser considerados quando discutimos medidas de octano: um é a tendência à detonação chamada número octano combustível; o outro é a tendência à detonação do veículo, chamada número octano.

Não é prático medir um número octano combustível diretamente em um veículo. Dessa forma, técnicas em laboratório têm sido desenvolvidas através de medidas ASTM para medi-los em motores bem definidos. O teste é feito em motores especiais (motores CFR – *Cooperative Fuel Reserach*), monocíclicos de razão de compressão variável, equipados com a instrumentação necessária e montados numa base estacionária (Figura 02).



Figura 02 - Motor com calibragem padrão para medição da octanagem da gasolina

FONTE: [3].

Duas Referências Primárias de Combustíveis (PRFs) são utilizadas para avaliação: o 2,2,4-trimetilpentano, comumente referido como iso-octano e que tem um número de octano 100, e o n-heptano que tem um número octano 0. Números de octano de referências primárias entre 0 e 100 são formados por misturas volumétricas de iso-octano e n-heptano. Por exemplo, uma mistura 70:50 dos dois tem um número de octano de 70. Referências primárias de combustíveis para medir o número de octano acima de 100 contém quantidades controladas de tetraetilchumbo (TEL). Por exemplo, o iso-octano contendo 1 g/L de TEL tem um número octano de 108 [2-4,6].

O valor de octano de uma amostra de combustível é determinado pela comparação da tendência a detonação para vários combustíveis de referência. O octano medido é igual ao octano do PRF, o qual tem a mesma intensidade de detonação. A intensidade de detonação é controlada por um valor médio pela variação da razão de compressão de máquina CFR. Na prática, o valor exato de um número de octano combustível é determinado para o número de octano mais próximo de 0,1 por interpolação de duas PRFs que não são mais do que dois números de octano à parte.

A máquina CFR é operada em duas condições para simular condições de direção. As medidas de condições menos severas (RON) e as medidas de condições mais severas (MON). A tabela 03 apresenta um teste operacional das condições de octanagem.

Tabela 03 – Teste Operacional das Condições de Octanagem

Parâmetros	Investigação do número de octano	Número de octano motor
Velocidade da rotação do motor, rpm	600	900
Temperatura da entrada de ar, °C	51,7	38
Temperatura da mistura, °C	-	149
Avanço da centelha*, °BTCD**	13	14-26

\* Método do avanço da chama no motor é uma função da taxa de compressão

\*\* BTCD – Antes do ponto morto

FONTE: [2].

A diferença entre RON e MON para um combustível particular é chamado sensibilidade. Por definição, o RON e MON de combustíveis de referência primária são o mesmo e a sensibilidade é zero. Para todos os outros combustíveis, a sensibilidade é quase sempre maior que zero. Geralmente parafinas têm baixa sensibilidade enquanto o lefinas e aromáticos tem sensibilidade na faixa de 10 ou maior.

O número de octano de muitos compostos puros tem sido medido e registrado na literatura. A tabela 04, a seguir, lista valores de MON e RON para um número representativo de compostos.

Tabela 04 – Número de Octano dos Compostos Puros

Compostos	CAS Número de registro	RON	MON
n-pentano	Parafinas [109-66-0]	61.8	63.2
n-hexano	[110-54-3]	24.8	26.0
n-heptano	[142-82-5]	0	0
2-metilbutano	[78-78-4]	92.3	90.3
2-metilpentano	[107-83-5]	73.4	73.5
2-metilhexano	[591-76-4]	42.4	46.4
2-metil-2-buteno	Olefinas [513-35-9]	97.3	85.5
1-penteno	[109-67-1]	90.9	77.1
1-hexeno	[592-41-6]	76.4	63.4
1-hepteno	[592-76-7]	54.4	50.7
tolueno	Aromáticos* [108-88-3]	124	112
o-xileno	[95-47-6]	120	102
etilbenzeno	[100-41-4]	124	107
propilbenzeno	[103-65-1]	127	129
etanol	Oxigenados [64-17-5]	130	96
metil t-butil éter (MTBE)	[1634-04-4]	118	100
etil t-butil éter (ETBE)	[637-92-3]	118	102
metil t-amil éter (TAME)	[994-05-8]	111	98

\* Aromáticos foram medidos em 20% de blenda com 60/40 mistura de 2,2,4,-trimetilpentano e n-heptano.

FONTE: [2].

O nível ótimo de octano da gasolina é uma função complexa de um número de fatores envolvendo tanto os automóveis como a indústria do petróleo. Aumento nos valores de octano pode requerer significativo investimento em mais alto custo de operação da parte da indústria de óleo que poderá trazer aumento de preço da gasolina para o consumidor. Por outro lado, veículos industrializados podem ter grandes vantagens em disponibilizar a gasolina de alta octanagem pelo aumento na razão de compressão dos motores, o que tende a aumentar a economia do combustível [2].

### 3.2. Óleo diesel automotivo comercial

O óleo diesel é o principal produto do fracionamento do petróleo no Brasil (35% do volume inicial de petróleo bruto no refino). Este derivado apresenta uma faixa de destilação entre 100 e 390 °C, com um conjunto de propriedades que permitem a sua utilização em máquinas movidas por motores que seguem o ciclo diesel. Sua composição química influi diretamente no seu desempenho e está relacionada com o tipo de petróleo e com os processos utilizados para a sua produção nas refinarias. De forma geral, é um combustível formulado através da mistura de diversas correntes como querosene, gasóleo, nafta, diesel leve, diesel pesado, etc., provavelmente das várias

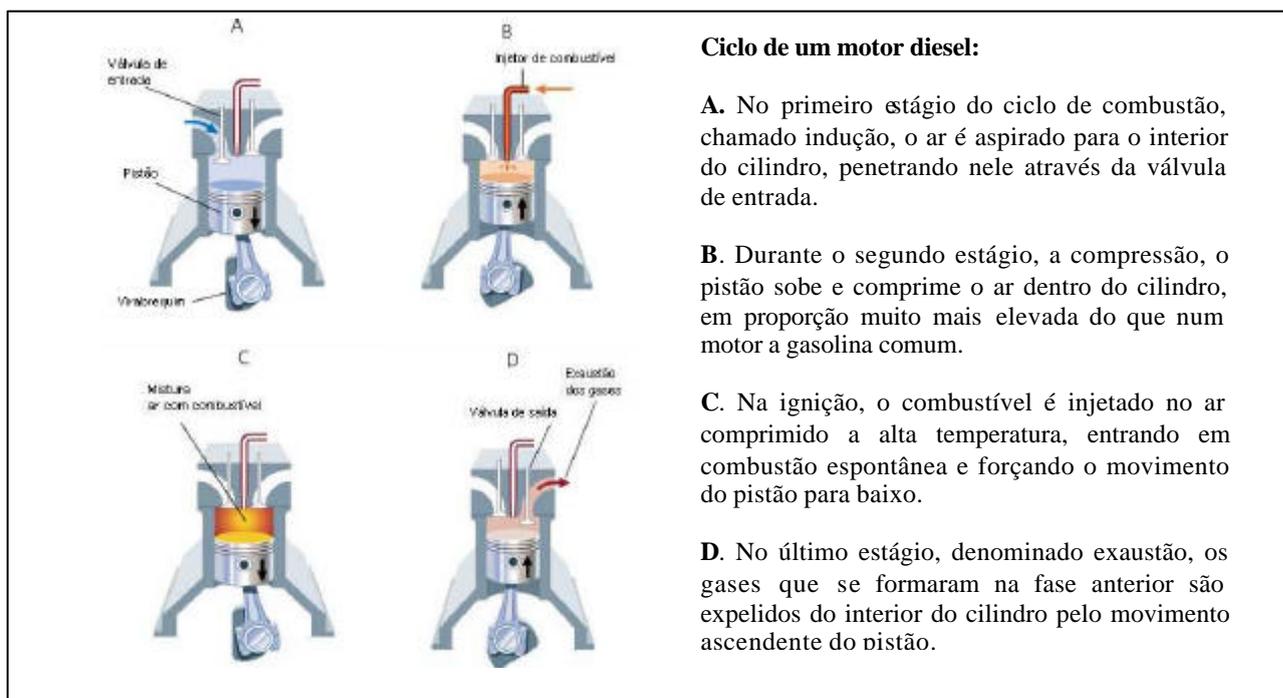
etapas de processamento do óleo bruto [9].

As proporções destes componentes no combustível são aquelas que permitem enquadrar o produto final dentro das especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do mesmo, além de minimizar os desgastes nos motores e componentes, e manter a emissão de poluentes, gerados na queima do produto, em níveis aceitáveis [2]. As especificações do diesel brasileiro são praticamente as mesmas adotadas internacionalmente e as principais são: qualidade de ignição, volatilidade, densidade e teor de enxofre.

O atual campo de aplicação das máquinas diesel é bastante amplo, sendo usadas em embarcações, veículos terrestres e motores estacionários. Entre os tipos automotivos, o B é usado em todo o país, exceto em algumas regiões metropolitanas, por ter maior teor de enxofre e outras especificações que levam a maior emissão de poluentes que o tipo D. Esse último tipo é exigido em 14 regiões metropolitanas de grande população [3]

A principal diferença entre as máquinas diesel e os motores a gasolina consiste no fato da combustão da mistura, nas máquinas diesel, ser iniciada pela auto-ignição do combustível, não existindo, portanto, sistema elétrico de ignição [9].

Nos motores a diesel, o ar é inicialmente aspirado para o cilindro e comprimido até atingir as condições ideais para a ignição espontânea do diesel injetado (Figura 03). A ignição, porém, deve sofrer um pequeno atraso, para que o combustível injetado se aqueça, vaporize e se misture com o ar. Quanto menor for esse retardo, maior a qualidade de ignição do diesel, expressa pelo número de cetano (Vide item 3.2.1).



#### Ciclo de um motor diesel:

**A.** No primeiro estágio do ciclo de combustão, chamado indução, o ar é aspirado para o interior do cilindro, penetrando nele através da válvula de entrada.

**B.** Durante o segundo estágio, a compressão, o pistão sobe e comprime o ar dentro do cilindro, em proporção muito mais elevada do que num motor a gasolina comum.

**C.** Na ignição, o combustível é injetado no ar comprimido a alta temperatura, entrando em combustão espontânea e forçando o movimento do pistão para baixo.

**D.** No último estágio, denominado exaustão, os gases que se formaram na fase anterior são expelidos do interior do cilindro pelo movimento ascendente do pistão.

Figura 03 – Funcionamento de um motor a diesel

Atrasos maiores prejudicam o desempenho do motor e resultam na “batida do diesel”. Se usado em automóveis o diesel deve ter elevada qualidade de ignição para reduzir o ruído do motor, o que obriga os países com grande frota de automóveis a diesel, como na Europa, por exemplo, a usar aditivos que aumentem o número de cetano. No Brasil, onde esses automóveis são pouco usados, o número de cetano adotado é semelhante ao dos Estados Unidos (Tabela 5).

Tabela 05 – Comparação do número e índice de cetano do diesel (valores mínimos) em alguns países

País	Número de cetano	Índice de cetano
Brasil	40	45
Estados Unidos	40	45
Inglaterra	49	46
Alemanha	49	46
Japão	45	45
Argentina	50	48

FONTE: [3]

Também é preciso especificar a volatilidade do diesel, controlando as frações mais leves para diminuir o risco de incêndio durante o transporte, a estocagem e o manuseio. Esse risco pode ser controlado pela determinação da temperatura mínima de combustão, ou ponto de fulgor, mas no Brasil isso é feito fixando-se o percentual máximo de 50% de evaporação da fração mais leve do combustível em uma dada temperatura, em geral entre 245°C e 310°C. Também é limitada a volatilidade da fração mais pesada, para que o diesel possa vaporizar totalmente na câmara de combustão. Muitos países especificam um diesel de inverno, para que o combustível escoe sem problemas na época mais fria, mas no Brasil essa propriedade é definida pelo ponto de entupimento, que se adapta melhor às condições do país.

Outra especificação relevante é a densidade do diesel, que permite calibrar os motores de modo que o volume correto de combustível seja injetado na câmara de combustão. Densidades acima da especificação enriquecem a mistura ar-combustível aumentando emissões de fumaça e poluentes, e densidades abaixo do limite levam a perda de potência e maior consumo. Como na gasolina, a limitação do teor de enxofre no diesel reduz a corrosão dos motores e a emissão de particulados. Hoje, são adotados no país teores diferentes para diesel automotivo: 0,5% no tipo B e 0,2% no D, comercializado nos grandes centros urbanos [3].

### 3.2.1. Número de Cetano

Quando se trata de definir as especificações de qualidade para o óleo diesel, o Número de Cetano é uma importante variável associada ao desempenho do veículo; ele mede a qualidade de ignição do combustível para máquina diesel e tem influência direta na partida do motor e no seu

funcionamento sob carga. Fisicamente é um parâmetro que se relaciona diretamente como atraso de ignição no motor, de modo que quanto maior o Número de Cetano menor será o atraso de ignição e a quantidade de combustível residual na câmara de combustão, quando ocorrer a ignição. A natureza química do combustível é um fator determinante na redução desse atraso [3,9].

Combustíveis com alto teor de parafinas apresentam alto teor de cetano, enquanto produtos ricos em hidrocarbonetos aromáticos apresentam baixo número de cetano. Devido a isso, na determinação dessa característica, o desempenho do diesel é comparado com dois padrões de referência de comportamentos distintos na câmara de combustão: o n-hexadecano, produto parafínico comercializado como cetano, com excelente qualidade de ignição (mínimo atraso) e ao qual é atribuído um número de cetano 100 (cem); e o alfa metil-naftaleno, um produto aromático de menor qualidade de ignição, com número de cetano 0 (zero) .

A determinação do número de cetano requer o uso de um motor de teste padrão (motor CFR), operando sob condições também padronizadas. Devido às dificuldades inerentes ao uso deste método de determinação (alto custo, longa duração, mão-de-obra especializada, etc) algumas correlações, como o Índice de Cetano, vêm sendo propostas para previsão deste número.

O índice de cetano é determinado pelas refinarias como substituto do número de cetano, pela sua praticidade. Baixos valores de índice de cetano acarretam dificuldades de partida a frio, depósito nos pistões e mau funcionamento do motor. Por outro lado, valores altos de índice de cetano influenciam positivamente na partida a frio do motor, permitindo ainda um aquecimento mais rápido; reduz a possibilidade de erosão dos pistões; impede a ocorrência de pós-ignição; possibilita funcionamento do motor com baixo nível de ruído; minimiza a emissão de poluentes do motor como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado [9].

A correlação para determinação de índice de cetano que consta na atual especificação é o método ASTM D 4737- 96a, que consiste de uma equação de quatro variáveis, baseadas nas medidas da densidade do óleo diesel a 15 °C e nas temperaturas dos 10, 50 e 90% de evaporados obtidos do seu processo de destilação [1,9].

## IV. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Obtenção de parâmetros analíticos para a gasolina tipo C aditivada

As análises da gasolina tipo C aditivada tiveram por finalidade propor um método analítico, mediante desenvolvimento e validação de uma ferramenta computacional, para determinação do Número Octano Motor (MON), Número Octano Pesquisa (RON) e Índice Antidetonante (IAD) de amostras de gasolina tipo C aditivada, através de cromatografia gasosa

acoplada a espectrômetro de massa (GC/MS), em substituição ao método de Infravermelho, utilizado internacionalmente e que está sendo adotado no Brasil pela ANP.

A proposta para este método é baseada no fato de que tais parâmetros passarão a ser estabelecidos a partir de padrões específicos de cromatografia, contendo os principais constituintes da gasolina, e não com base apenas na correlação com um banco de dados, como ocorre no caso do infravermelho (Vide item 4.1.1).

O estudo foi desenvolvido a partir das informações obtidas pela comparação entre ambas as técnicas. Com base nessas informações foram realizados cálculos, envolvendo regressão polinomial de terceira ordem, para correlacionar cada classe de compostos presentes na gasolina (parafinas, olefinas, aromáticos, naftênicos e oxigenados) com os valores da octanagem e IAD (Vide item 4.1.2).

A partir da função polinomial obtida, foram elaborados modelos matemáticos através dos quais os resultados de análises de diversas amostras de gasolina tipo C aditivada foram testados, na tentativa de validar o método analítico em experimento (Vide item 5.2. Correlação dos valores de MON, RON e IAD via GC/MS e infravermelho).

A necessidade de associar precisão e rapidez ao estudo levou também ao desenvolvimento de algoritmos de cálculo, baseados nos modelos matemáticos propostos, o que permitiu a confecção de um software, utilizando plataforma Java, para determinação do Índice Antidetonante (Vide item 5.3).

#### 4.1.1. Técnicas utilizadas

As análises foram realizadas utilizando-se um cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massa - GC/MS (*Shimadzu*, QP-5000) e um analisador de gasolina (*Grabner Instruments*, IROX 2000).

O IROX (Figura 04) usa diferentes métodos para determinar a octanagem, propriedades de destilação e pressão de vapor da gasolina. O equipamento opera baseado em medidas de absorção na região do infravermelho na faixa de 2,7 a 15,4 $\mu$ m, usando o espectrômetro com Transformada de Fourier de acordo com norma ASTM D 5845 [1].



Figura 04 - Analisador portátil de gasolina (IROX)

O Cromatógrafo a gás com espectrômetro de massa - CG/MS (Figura 05) determina as diferentes substâncias presentes na amostra, maximizando a detecção de compostos com alto peso molecular ou mesmo a identificação e quantificação das concentrações mais baixas, possibilitando a determinação exata de concentrações de compostos, mesmo quando se trata de compostos com ampla variedade de concentrações, como no caso de gasolina.

O sistema GCMS – QP5000, oferece as bibliotecas *National Institute of Standards and Technology* (NIST), *Wily Registry of Mass Spectral Data* e o *Pflergar/Maurer/Weber*, as quais, combinadas, contêm mais de 275000 espectros. Essas bibliotecas incluem visualização de espectros, fórmula molecular, peso molecular, número CAS e informação de classe química, permitindo acesso rápido a uma grande quantidade de informações sobre a amostra. Mesmo antes da obtenção do cromatograma completo, podem ser utilizadas funções para processar dados do cromatograma, visualizar o espectro adquirido e executar pesquisa de biblioteca, além da geração de relatórios [10].



Figura 05 - Cromatógrafo a gás com espectrômetro de massa

#### 4.1.2. Procedimento experimental

O procedimento experimental consistiu na análise de dez amostras de gasolina tipo C aditivada.

Através do analisador de gasolina foram determinados o Número de Octano Motor, o Número de Octano Pesquisa e o Índice Antidetonante, correspondentes a cada amostra de gasolina analisada.

Por meio das análises cromatográficas, foi feito estudo detalhado de identificação dos grupos de compostos presentes na gasolina. Para cada amostra foi obtido um cromatograma típico com os respectivos dados de tempo de retenção (inicial, normal e final), área e altura do pico e concentração relativa (área percentual). Os picos correspondentes ao cromatograma que apresentaram concentração superior a 0,10% (v/v) foram identificados pelas respectivas classes-

olefinas, parafinas, aromáticos, oxigenados e naftênicos, através da utilização de padrões analíticos específicos (Figura 06).

Uma vez caracterizados, os grupos de compostos foram correlacionados, aplicando-se regressão polinomial de terceira ordem, com os valores de MON, RON e IAD obtidos por espectroscopia no infravermelho (IV).

A partir dos modelos matemáticos desenvolvidos, os resultados de análise de diversas outras amostras de gasolina tipo C aditivada foram testadas na tentativa de validar o método analítico proposto (Vide item V).

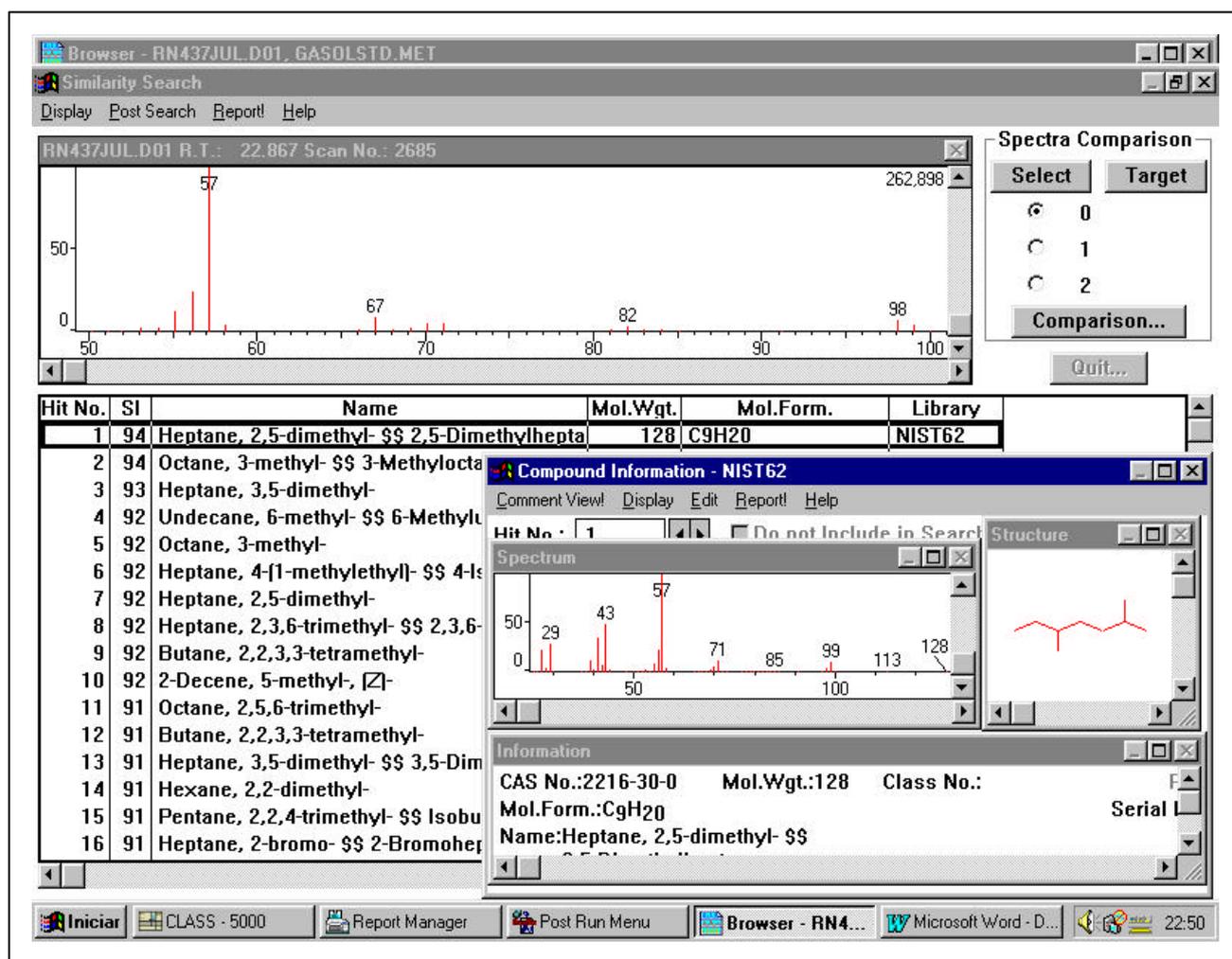


Figura 06 - Resultado da pesquisa em biblioteca para 1 µl de uma amostra da gasolina tipo C aditivada, possibilitando a visualização de espectros e obtenção de informações para identificar e quantificar um composto alvo.

#### 4.1.2.1. Análises de gasolina tipo C aditivada via Cromatografia a gás com espectrômetro de massa e Infravermelho

As figuras apresentadas neste item representam os cromatogramas relativos as amostras analisadas. As tabelas apresentam os resultados das diferentes substâncias presentes na gasolina, cujas concentrações estão acima de 0,10%.

## Amostra 01 - GASOLINA ADITIVADA

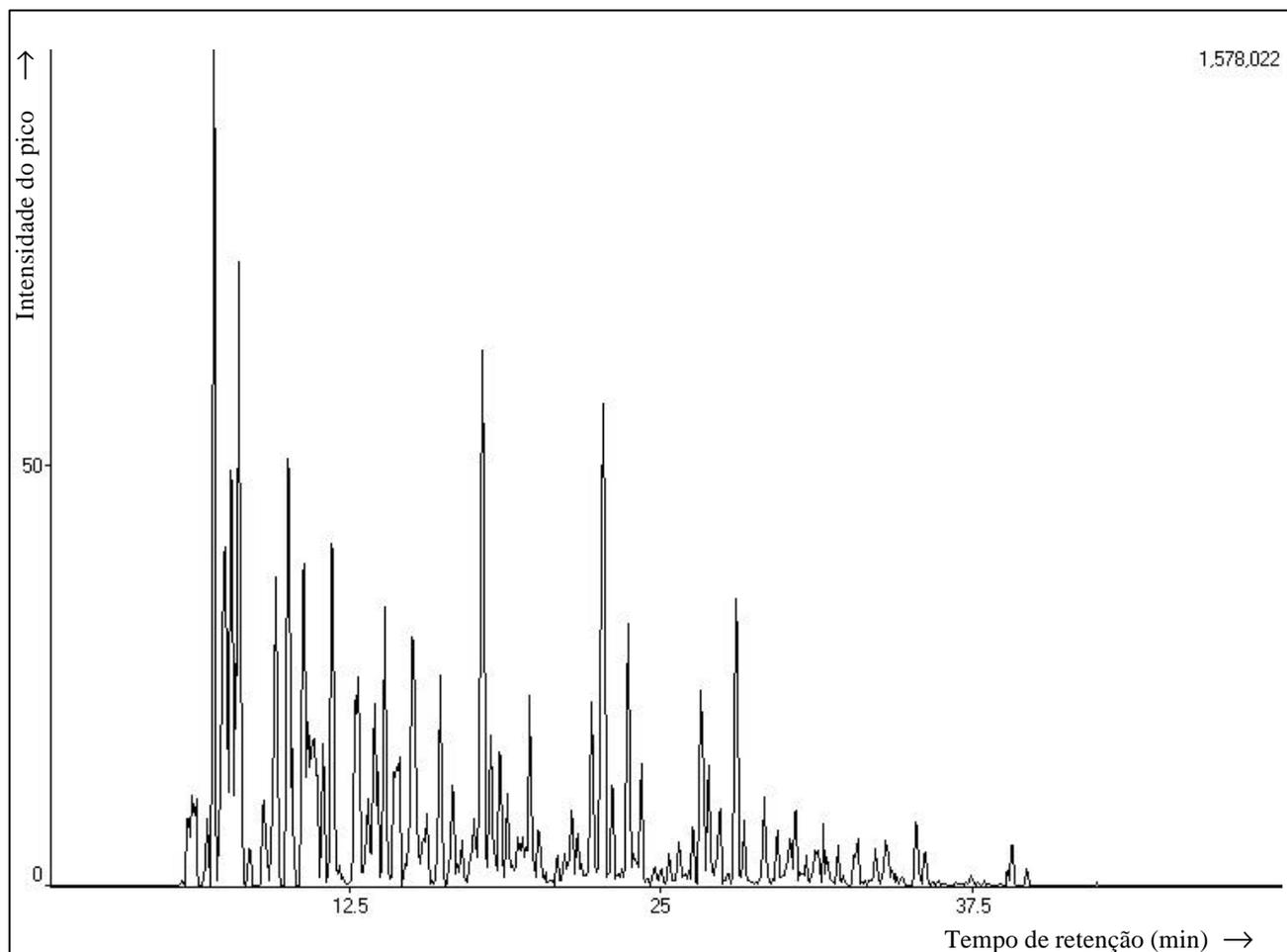


Figura 07 – Cromatograma da amostra 01 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 01 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 01 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 01 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		IAD
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	
27,18 %	33,28 %	30,88 %	5,80 %	0,47 %	84,3	98,3	91,3
% total: 96,61							

Tabela 06 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 01 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
199	39.766	39.658	39.867	2723592	469334	0.18	Aromático
195	39.175	39.058	39.292	7093760	1162267	0.47	Naftênico
194	38.974	38.825	39.058	2646899	391562	0.18	Parafina
193	38.711	38.575	38.825	2183895	255514	0.15	Aromático
190	38.214	38.117	38.350	2610697	283574	0.17	Acido
189	38.045	37.975	38.117	2702849	482691	0.18	Aromático
186	37.657	37.608	37.750	1606503	277883	0.11	Acido
185	37.529	37.458	37.608	3633094	642904	0.24	Aromático
183	37.315	37.192	37.383	2628460	404799	0.18	Acido
181	37.007	36.942	37.092	2665815	412611	0.18	Aromático
180	36.896	36.758	36.942	2517971	387121	0.17	Aromático
177	36.432	36.283	36.567	2747173	326934	0.18	Aromático
174	35.997	35.933	36.075	1672256	340500	0.11	Aromático
172	35.757	35.717	35.858	3995266	840547	0.27	Aromático
171	35.655	35.558	35.717	7362502	1264029	0.49	Aromático
170	35.473	35.442	35.558	3098255	668196	0.21	Aromático
169	35.338	35.158	35.442	16876745	2174576	1.13	Olefina
167	34.796	34.758	34.883	1912283	443706	0.13	Aromático
165	34.528	34.425	34.650	4831399	584889	0.32	Aromático
164	34.334	34.267	34.425	3591870	661822	0.24	Aromático
163	34.114	34.033	34.267	16359559	1959988	1.09	Aromático
162	33.985	33.908	34.033	3981290	772209	0.27	Aromático
161	33.809	33.767	33.908	2373150	375354	0.16	Olefina
160	33.688	33.600	33.767	9270930	1801371	0.62	Aromático
159	33.559	33.500	33.600	1749951	400354	0.12	Aromático
158	33.430	33.367	33.500	1957081	394160	0.13	Aromático
157	33.247	33.167	33.367	1835681	304951	0.12	Parafina
156	33.093	33.058	33.167	644828	136436	0.04	Alcool
155	32.970	32.892	33.058	7276111	1514993	0.49	Aromático
154	32.820	32.692	32.892	5956253	1105370	0.40	Aromático
151	32.394	32.300	32.508	3572894	539565	0.24	Aromático
150	32.185	32.092	32.300	5887475	1154374	0.39	Parafina
148	31.860	31.825	32.058	3414792	338930	0.23	Olefina
147	31.746	31.667	31.825	6979118	1350514	0.47	Aromático
146	31.593	31.450	31.667	10587068	1887330	0.71	Aromático
145	31.362	31.317	31.450	5346823	1201803	0.36	Aromático
144	31.269	31.192	31.317	5659500	1122952	0.38	Aromático
143	31.160	31.008	31.192	2641903	463151	0.18	Parafina
142	30.911	30.833	31.008	4184922	902514	0.28	Acido
141	30.773	30.733	30.833	1678402	370755	0.11	Olefina
140	30.656	30.575	30.733	3083402	472544	0.21	Parafina
139	30.484	30.342	30.575	13752633	2221994	0.92	Olefina
138	30.256	30.200	30.342	6877492	1578069	0.46	Aromático
137	30.140	30.067	30.200	4107104	814165	0.27	Aromático
136	30.002	29.950	30.067	2430481	441814	0.16	Acido
134	29.758	29.650	29.883	10550855	1902301	0.70	Aromático
133	29.565	29.450	29.650	1756339	241913	0.12	Parafina
132	29.359	29.308	29.450	2053694	446405	0.14	Parafina

131	29.233	29.133	29.308	12135181	2315485	0.81	Aromático
130	29.087	28.942	29.133	2791315	422711	0.19	Aromático
126	28.573	28.533	28.650	1753337	282942	0.12	Olefina
125	28.423	28.317	28.533	8839473	1751593	0.59	Parafina
123	28.122	27.875	28.317	42201825	5323975	2.82	Aromático
122	27.783	27.683	27.875	3527302	480159	0.24	Olefina
121	27.625	27.542	27.683	1715253	298090	0.11	Olefina
120	27.449	27.367	27.542	9719896	1952356	0.65	Aromático
119	27.314	27.242	27.367	3221546	649503	0.22	Parafina
118	27.141	27.075	27.242	4313808	676374	0.29	Parafina
117	26.998	26.875	27.075	17304288	2853539	1.16	Aromático
116	26.789	26.750	26.875	10636638	2520669	0.71	Aromático
115	26.695	26.533	26.750	26514797	4133490	1.77	Aromático
113	26.355	26.250	26.450	8302698	1470151	0.55	Aromático
112	26.190	26.125	26.250	2763712	558025	0.18	Olefina
111	26.050	26.017	26.125	2044424	444439	0.14	Álcool
110	25.976	25.900	26.017	3069152	542287	0.20	Olefina
109	25.792	25.692	25.900	10648531	1590092	0.71	Parafina
106	25.395	25.225	25.525	7468644	1213626	0.50	Álcool
105	25.091	25.008	25.225	3900896	636045	0.26	Ácido
103	24.830	24.650	24.908	6404500	813194	0.43	Parafina
102	24.564	24.450	24.650	2676197	388345	0.18	Olefina
101	24.315	24.217	24.450	15707181	3002667	1.05	Parafina
100	24.163	24.133	24.217	2763416	651750	0.18	Olefina
99	24.074	24.033	24.133	4458841	923312	0.30	Olefina
98	23.977	23.925	24.033	6104311	1372095	0.41	Olefina
97	23.782	23.567	23.925	38114734	4821886	2.54	Aromático
96	23.496	23.425	23.567	4202132	857898	0.28	Ácido
95	23.367	23.333	23.425	1849437	392447	0.12	Olefina
94	23.278	23.217	23.333	2594881	488240	0.17	Parafina
93	23.128	23.008	23.217	11881866	2147751	0.79	Parafina
92	22.962	22.875	23.008	3002846	573329	0.20	Álcool
91	22.773	22.500	22.875	71257027	6844141	4.76	Aromático
90	22.428	22.375	22.500	4878664	1074920	0.33	Parafina
89	22.300	22.050	22.375	25040582	3435969	1.67	Aromático
88	21.954	21.933	22.050	2087145	485436	0.14	Parafina
87	21.859	21.800	21.933	5207228	880613	0.35	Olefina
86	21.741	21.642	21.800	13067458	2738344	0.87	Parafina
85	21.485	21.400	21.642	15404521	2608390	1.03	Parafina
84	21.345	21.300	21.400	3727356	792889	0.25	Parafina
83	21.205	21.125	21.300	7315384	1143962	0.49	Parafina
81	20.895	20.800	21.008	4581673	844721	0.31	Álcool
78	20.458	20.383	20.550	2737346	595427	0.18	Parafina
76	20.197	20.092	20.292	11332337	1594066	0.76	Parafina
75	20.048	20.008	20.092	1788671	442952	0.12	Parafina
74	19.950	19.908	20.008	3357579	869688	0.22	Olefina
73	19.842	19.717	19.908	24469185	4279781	1.63	Álcool
72	19.649	19.608	19.717	4949081	987094	0.33	Olefina
71	19.515	19.467	19.608	9441921	1661359	0.63	Olefina
70	19.442	19.383	19.467	4133994	963738	0.28	Parafina
69	19.328	19.225	19.383	7937212	1308244	0.53	Olefina
68	19.181	19.142	19.225	1555433	363966	0.10	Olefina
67	19.080	19.042	19.142	2051797	451224	0.14	Olefina
66	18.987	18.967	19.042	3699096	1297995	0.25	Parafina

65	18.912	18.758	18.967	14416645	2816242	0.96	Parafina
64	18.608	18.508	18.758	13245834	1964151	0.88	Parafina
63	18.452	18.400	18.508	2073317	529528	0.14	Olefina
62	18.311	18.283	18.400	7246331	2065189	0.48	Alcool
61	18.235	18.133	18.283	15056194	2868708	1.01	Parafina
60	17.999	17.983	18.133	4684333	820563	0.31	Alcool
59	17.915	17.733	17.983	52319520	6672086	3.49	Aromático
58	17.570	17.483	17.733	16319581	1855983	1.09	Olefina
57	17.425	17.300	17.483	7818135	1243561	0.52	Olefina
56	17.182	17.150	17.300	1446197	209873	0.10	Olefina
55	17.070	16.983	17.150	6334152	1354025	0.42	Parafina
54	16.883	16.817	16.983	3678618	630742	0.25	Olefina
53	16.695	16.625	16.817	11549608	2255356	0.77	Olefina
52	16.585	16.517	16.625	1969502	489252	0.13	Parafina
50	16.232	16.042	16.417	35160270	5029779	2.35	Parafina
47	15.656	15.575	15.817	8708967	1726809	0.58	Olefina
46	15.511	15.433	15.575	3942480	871134	0.26	Olefina
45	15.385	15.342	15.433	1525218	449261	0.10	Olefina
44	15.276	15.250	15.342	4305335	1429934	0.29	Olefina
43	15.194	15.158	15.250	13108127	3127025	0.88	Olefina
42	15.116	14.875	15.158	32631330	4237346	2.18	Parafina
41	14.814	14.733	14.875	1915603	377103	0.13	Olefina
40	14.611	14.542	14.733	15504119	3012359	1.04	Olefina
39	14.485	14.408	14.542	14978035	2372770	1.00	Parafina
38	14.345	14.225	14.408	12690184	2301861	0.85	Parafina
36	13.982	13.792	14.083	21551106	3615632	1.44	Parafina
35	13.690	13.633	13.792	7429660	1784246	0.50	Parafina
34	13.570	13.392	13.633	18112464	2370971	1.21	Parafina
33	13.296	13.117	13.392	15360886	2299430	1.03	Parafina
31	12.904	12.858	13.008	13876092	3059008	0.93	Olefina
30	12.790	12.667	12.858	22711115	3582561	1.52	Olefina
25	12.132	12.058	12.225	2001969	379701	0.13	Olefina
24	11.854	11.733	12.058	36873208	5561898	2.46	Parafina
22	11.482	11.375	11.600	9513350	1782277	0.64	Olefina
21	11.237	11.183	11.375	8205637	1692432	0.55	Olefina
20	11.110	11.033	11.183	11262319	2171082	0.75	Alcool
19	10.952	10.917	11.033	7891750	1786854	0.53	Olefina
18	10.865	10.800	10.917	12386795	2213204	0.83	Olefina
17	10.711	10.550	10.800	30469968	4063735	2.03	Parafina
16	10.245	10.175	10.417	10227214	1704548	0.68	Olefina
15	10.079	9.942	10.175	24195535	3945712	1.62	Parafina
14	9.587	9.342	9.775	25193823	2582730	1.68	Parafina
13	9.087	8.967	9.342	10828835	1279988	0.72	Olefina
12	8.530	8.350	8.708	3457138	546574	0.23	Olefina
11	8.104	8.033	8.350	35892598	5447735	2.40	Olefina
10	7.983	7.908	8.033	12173887	2409025	0.81	Olefina
9	7.788	7.708	7.908	24033952	3977690	1.60	Olefina
8	7.527	7.450	7.708	25971637	3325963	1.73	Olefina
7	7.384	7.292	7.450	5942464	1160589	0.40	Parafina
6	7.090	6.967	7.292	12550951	1916332	0.84	Parafina
5	6.821	6.742	6.967	2535627	581391	0.17	Olefina
4	6.394	6.333	6.558	3730373	776352	0.25	Olefina
3	6.233	6.175	6.333	3940382	783058	0.26	Olefina
1	6.045	5.958	6.100	2337211	522546	0.16	Olefina

## Amostra 02 - GASOLINA ADITIVADA

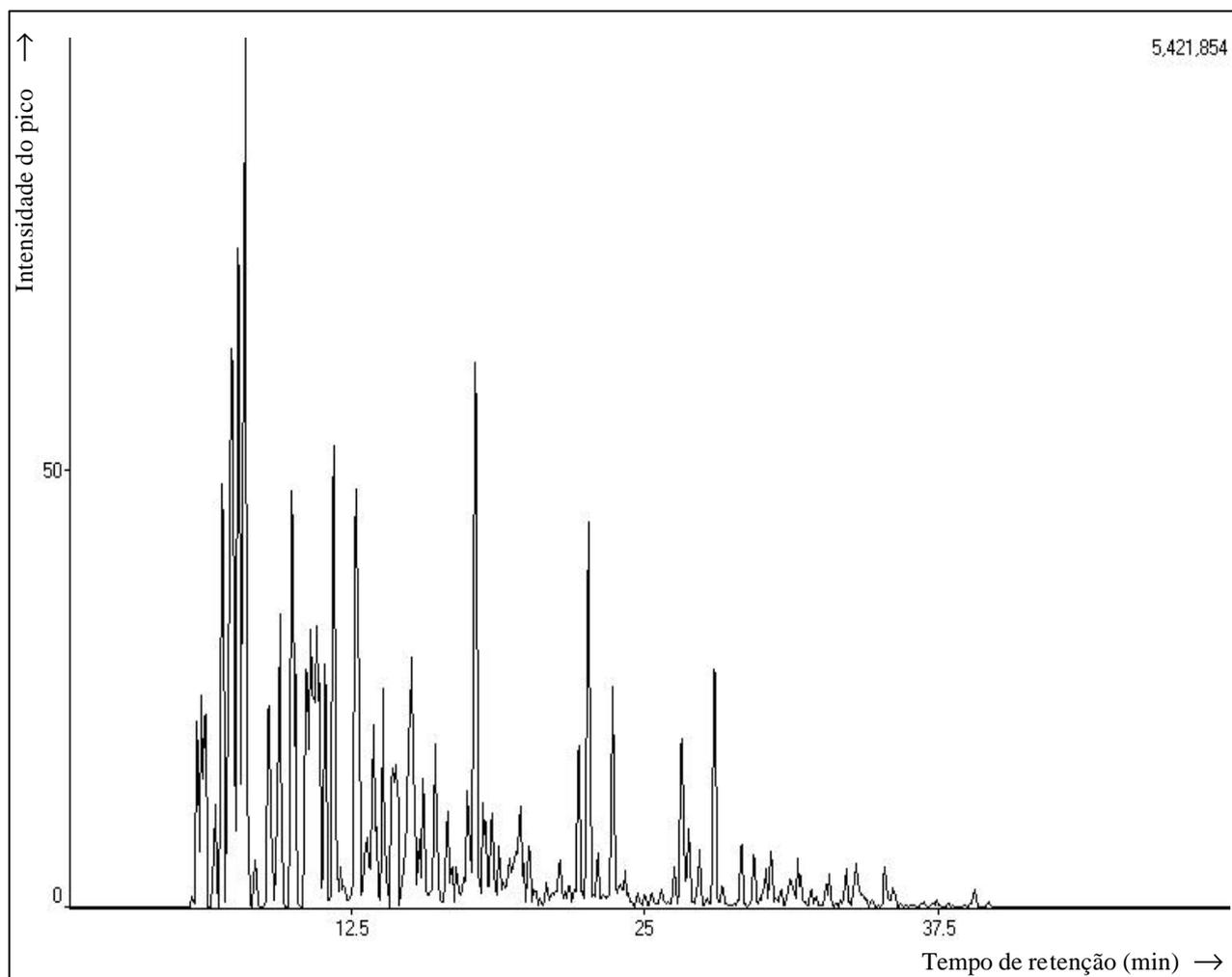


Figura 08 – Cromatograma da amostra 02 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 02 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem IAD:

Quadro 02 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 02 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	IAD
46,11 %	31,20 %	17,10 %	2,85 %	0,11 %	84,2	99,6	91,9
% total: 95,37							

Tabela 07 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 02 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
2	5.940	5.850	6.075	6242993	1153911	1.34	Olefina
3	6.129	6.075	6.233	5953993	1313049	1.28	Olefina
4	6.293	6.233	6.450	5412447	1192818	1.17	Olefina
5	6.723	6.650	6.867	2574696	641769	0.55	Olefina
6	7.010	6.867	7.208	16040701	2621358	3.46	Parafina
7	7.297	7.208	7.367	5648334	1226856	1.22	Parafina
8	7.437	7.367	7.608	20753246	3458063	4.47	Olefina
9	7.699	7.608	7.825	22770539	4086100	4.91	Olefina
10	7.894	7.825	7.950	11691960	2481725	2.52	Olefina
11	8.015	7.950	8.242	32646613	5421044	7.03	Parafina
12	8.417	8.242	8.567	1646055	289844	0.35	Olefina
13	8.999	8.892	9.083	6943421	1247553	1.50	Olefina
14	9.106	9.083	9.258	1948138	432194	0.42	Olefina
15	9.384	9.258	9.408	2972333	636743	0.64	Olefina
16	9.495	9.408	9.667	10518042	1817812	2.27	Parafina
17	9.988	9.875	10.083	12722300	2585759	2.74	Parafina
18	10.159	10.083	10.308	7621428	1442507	1.64	Olefina
19	10.604	10.467	10.708	10986522	1467807	2.37	Parafina
20	10.777	10.708	10.833	9142149	1723877	1.97	Olefina
21	10.869	10.833	10.950	5574649	1381892	1.20	Olefina
22	11.028	10.950	11.100	7793886	1738958	1.68	Alcool
23	11.157	11.100	11.317	5901973	1391973	1.27	Olefina
24	11.404	11.317	11.533	6591336	1500027	1.42	Olefina
26	11.763	11.658	11.983	15654132	2856378	3.37	Parafina
27	12.055	11.983	12.158	1153616	254404	0.25	Olefina
28	12.214	12.158	12.300	576046	136470	0.12	Olefina
31	12.542	12.492	12.608	512803	86764	0.11	Olefina
32	12.714	12.608	12.783	13160405	2588345	2.83	Olefina
33	12.826	12.783	12.933	6592491	1619665	1.42	Olefina
35	13.105	13.042	13.158	1260661	312700	0.27	Olefina
36	13.215	13.158	13.275	1865835	438697	0.40	Olefina
37	13.328	13.275	13.358	967967	230652	0.21	Olefina
38	13.478	13.358	13.550	6488466	1133434	1.40	Parafina
39	13.598	13.550	13.708	1835703	503071	0.40	Parafina
40	13.885	13.725	14.008	6822087	1351987	1.47	Parafina
41	14.044	14.008	14.133	551902	152048	0.12	Olefina
42	14.261	14.133	14.317	3835689	866699	0.83	Parafina
43	14.396	14.317	14.467	5584812	884542	1.20	Olefina
44	14.512	14.467	14.625	3064018	700113	0.66	Olefina
45	14.745	14.625	14.808	928174	232481	0.20	Olefina
46	14.881	14.808	14.933	2425622	534291	0.52	Olefina
47	14.996	14.933	15.042	5014131	1141983	1.08	Parafina
48	15.095	15.042	15.158	7209169	1551659	1.55	Olefina
49	15.194	15.158	15.258	2242791	674954	0.48	Olefina
50	15.306	15.258	15.367	751978	212078	0.16	Olefina
51	15.438	15.367	15.508	1772195	421692	0.38	Olefina
52	15.583	15.508	15.733	3790764	797476	0.82	Olefina

54	15.935	15.867	15.983	490526	108593	0.11	Olefina
55	16.058	15.983	16.075	1720198	507785	0.37	Olefina
56	16.124	16.075	16.192	4165300	1009007	0.90	Parafina
57	16.208	16.192	16.350	623681	170396	0.13	Parafina
59	16.507	16.450	16.558	515441	144231	0.11	Parafina
60	16.623	16.558	16.742	2897897	592294	0.62	Parafina
61	16.818	16.742	16.933	1499581	254737	0.32	Olefina
62	17.000	16.933	17.067	1025937	255792	0.22	Parafina
63	17.143	17.067	17.233	562751	87098	0.12	Alcool
64	17.322	17.233	17.400	1119247	184367	0.24	Olefina
65	17.490	17.400	17.558	4044152	723252	0.87	Olefina
66	17.583	17.558	17.683	1710032	356428	0.37	Olefina
67	17.814	17.683	17.883	18130394	3369694	3.91	Aromático
68	17.942	17.883	18.058	1363071	192525	0.29	Olefina
69	18.138	18.058	18.192	2445894	652052	0.53	Parafina
70	18.236	18.192	18.325	2228083	530619	0.48	Alcool
71	18.370	18.325	18.433	498036	134663	0.11	Olefina
72	18.513	18.433	18.683	3300889	579527	0.71	Parafina
73	18.814	18.683	18.875	1705257	381810	0.37	Olefina
75	19.010	18.950	19.067	689103	153262	0.15	Olefina
76	19.117	19.067	19.167	590801	129197	0.13	Olefina
77	19.258	19.167	19.308	1510290	307713	0.33	Olefina
78	19.358	19.308	19.408	1017738	212578	0.22	Olefina
79	19.455	19.408	19.508	1410270	292930	0.30	Olefina
80	19.574	19.508	19.625	1677212	347727	0.36	Olefina
81	19.719	19.625	19.808	3022551	630210	0.65	Olefina
82	19.866	19.808	19.950	1028794	270813	0.22	Olefina
83	20.076	19.950	20.117	1647350	377416	0.35	Olefina
84	20.138	20.117	20.217	1009919	334752	0.22	Olefina
88	20.833	20.767	20.950	730814	152364	0.16	Olefina
91	21.206	21.167	21.333	688054	97636	0.15	Olefina
92	21.417	21.333	21.550	1691568	286849	0.36	Alcool
93	21.639	21.550	21.708	494173	91127	0.11	Olefina
94	21.809	21.708	21.867	804298	127609	0.17	Parafina
96	22.064	21.983	22.117	548477	111879	0.12	Olefina
97	22.214	22.117	22.300	4375862	996220	0.94	Aromático
100	22.642	22.500	22.783	17061878	2380901	3.68	Aromático
101	22.855	22.783	22.942	491364	81518	0.11	Alcool
102	23.035	22.942	23.142	1546858	338269	0.33	Olefina
103	23.276	23.142	23.342	621962	74372	0.13	Olefina
106	23.668	23.567	23.850	6909820	1364416	1.49	Aromático
107	23.994	23.850	24.058	1304587	142373	0.28	Olefina
108	24.091	24.058	24.158	524832	109784	0.11	Olefina
109	24.203	24.158	24.267	798852	227739	0.17	Parafina
117	25.731	25.667	25.850	462561	93939	0.10	Alcool
118	26.287	26.208	26.383	916778	229335	0.20	Aromático
119	26.598	26.475	26.658	4757832	1034590	1.02	Aromático
120	26.692	26.658	26.775	1634804	456689	0.35	Aromático
121	26.899	26.775	27.017	2227625	451945	0.48	Aromático
123	27.367	27.292	27.458	1520123	355587	0.33	Aromático
125	28.006	27.858	28.092	6795663	1463170	1.46	Aromático
129	29.150	29.067	29.258	1653423	378748	0.36	Aromático
130	29.684	29.592	29.758	1407508	317335	0.30	Aromático
133	30.082	30.017	30.142	464775	109585	0.10	Aromático

134	30.193	30.142	30.275	898799	231855	0.19	Aromático
135	30.415	30.275	30.517	1809410	341731	0.39	Olefina
140	31.198	31.142	31.250	701165	170675	0.15	Aromático
141	31.288	31.250	31.358	618184	162863	0.13	Aromático
142	31.517	31.358	31.600	1340697	293890	0.29	Aromático
143	31.670	31.600	31.750	694876	179970	0.15	Aromático
146	32.760	32.675	32.825	617101	137270	0.13	Aromático
147	32.898	32.825	32.983	863046	203487	0.19	Aromático
151	33.621	33.550	33.700	1048667	238298	0.23	Aromático
153	33.925	33.775	33.975	503931	95883	0.11	Aromático
154	34.036	33.975	34.092	1297626	263059	0.28	Aromático
155	34.115	34.092	34.200	666797	163210	0.14	Aromático
159	35.253	35.117	35.375	1621698	246305	0.35	Aromático
161	35.610	35.508	35.667	648021	117237	0.14	Aromático
165	39.091	39.017	39.183	524775	112729	0.11	Naftênico

## Amostra 03 - GASOLINA ADITIVADA

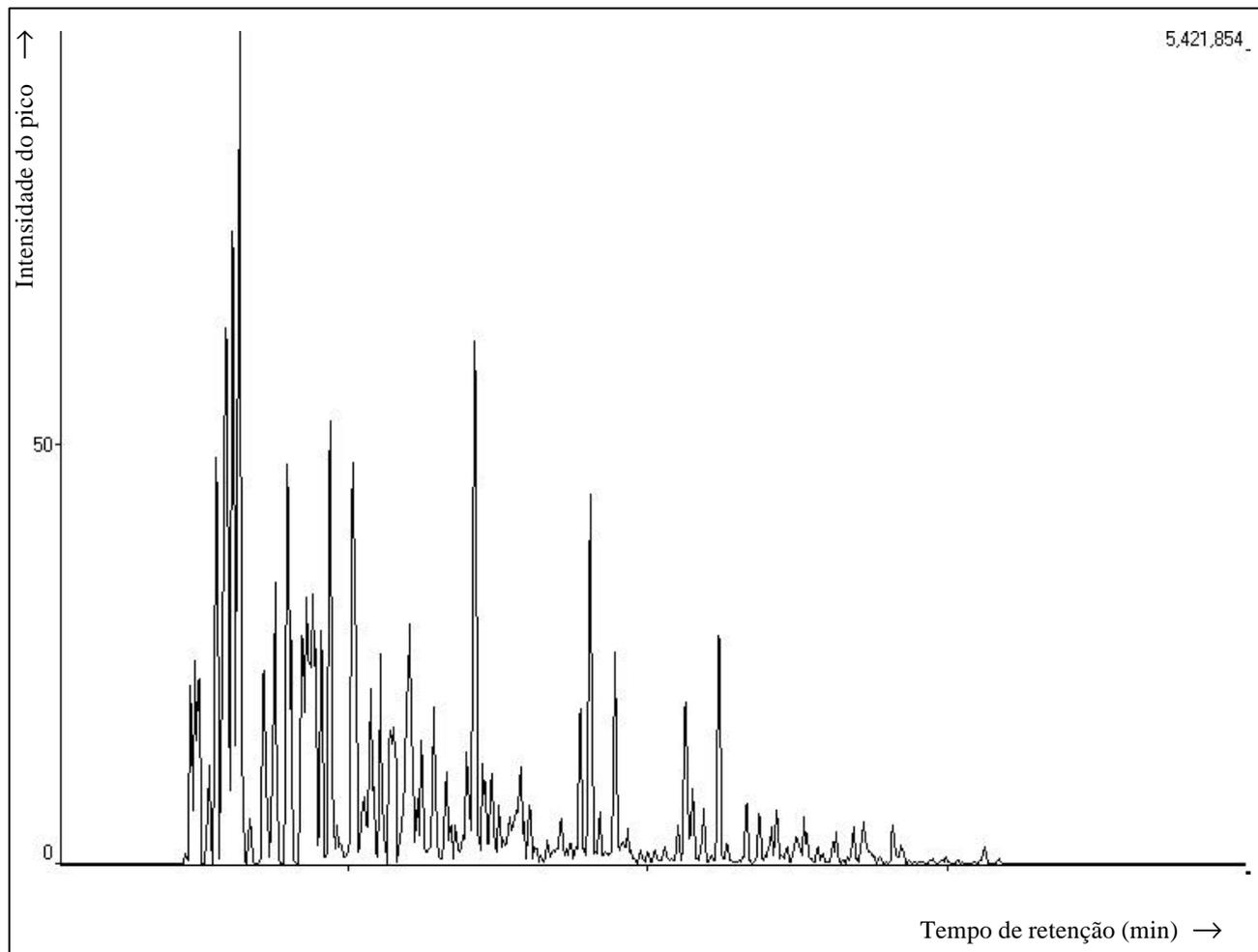


Figura 09 – Cromatograma da amostra 03 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 03 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 03 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 03 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		IAD
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	
47,54 %	23,34 %	23,15 %	2,81 %	-	83,7	98,7	91,2
% total: 96,84							

Tabela 08 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 03 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
2	6.007	5.908	6.142	5553766	1018189	1.02	Olefina
3	6.196	6.142	6.300	5218372	1167735	0.95	Olefina
4	6.357	6.300	6.517	4741563	1068549	0.87	Olefina
5	6.787	6.717	6.917	2475663	632740	0.45	Olefina
6	7.071	6.917	7.283	15960867	2631564	2.92	Parafina
7	7.357	7.283	7.433	5520474	1185443	1.01	Parafina
8	7.497	7.433	7.675	20169152	3322645	3.69	Olefina
9	7.759	7.675	7.883	21309326	3921176	3.90	Olefina
10	7.953	7.883	8.008	10899734	2378924	1.99	Olefina
11	8.073	8.008	8.300	30598551	5160017	5.60	Olefina
12	8.487	8.300	8.642	2215300	361077	0.41	Olefina
13	9.053	8.950	9.142	6866156	1254233	1.26	Olefina
14	9.167	9.142	9.308	1787556	423073	0.33	Parafina
15	9.435	9.308	9.467	3436063	659938	0.63	Parafina
16	9.548	9.467	9.717	10469564	1840540	1.92	Parafina
17	10.039	9.925	10.133	13313264	2721598	2.44	Olefina
18	10.210	10.133	10.367	7386488	1397752	1.35	Olefina
19	10.654	10.525	10.758	11948868	1678760	2.19	Parafina
20	10.825	10.758	10.875	8491609	1687342	1.55	Olefina
21	10.914	10.875	11.000	5630925	1343889	1.03	Olefina
22	11.071	11.000	11.142	7469747	1684922	1.37	Álcool
23	11.202	11.142	11.358	5737653	1338650	1.05	Olefina
24	11.447	11.358	11.575	6441215	1444313	1.18	Olefina
26	11.805	11.708	12.025	15757336	2848747	2.88	Parafina
27	12.101	12.025	12.192	1215299	261434	0.22	Olefina
28	12.250	12.192	12.333	617248	141081	0.11	Olefina
32	12.753	12.650	12.817	13023455	2537752	2.38	Olefina
33	12.863	12.817	12.967	6851203	1684528	1.25	Olefina
34	13.016	12.967	13.083	551610	123939	0.10	Olefina
35	13.139	13.083	13.192	1238592	309016	0.23	Olefina
36	13.249	13.192	13.317	2324040	524682	0.43	Parafina
37	13.358	13.317	13.383	837226	236575	0.15	Olefina
38	13.512	13.383	13.583	7307063	1239904	1.34	Parafina
39	13.633	13.583	13.742	2245916	609956	0.41	Parafina
40	13.921	13.742	14.042	8109365	1625180	1.48	Parafina
41	14.074	14.042	14.158	552322	158692	0.10	Olefina
42	14.292	14.158	14.350	4054168	888370	0.74	Parafina
43	14.429	14.350	14.500	5951571	915535	1.09	Parafina
44	14.550	14.500	14.667	3964289	834407	0.73	Olefina
45	14.768	14.667	14.833	967051	231942	0.18	Olefina
46	14.910	14.833	14.958	2526901	537518	0.46	Olefina
47	15.026	14.958	15.075	6546971	1409899	1.20	Parafina
48	15.124	15.075	15.192	7594751	1639835	1.39	Olefina
49	15.221	15.192	15.283	2242121	724710	0.41	Olefina
50	15.332	15.283	15.392	793729	222203	0.15	Olefina
51	15.464	15.392	15.533	1883647	450370	0.34	Olefina
52	15.608	15.533	15.758	4086079	860309	0.75	Olefina

54	15.956	15.892	16.008	538197	116819	0.10	Olefina
55	16.083	16.008	16.108	2207073	555975	0.40	Olefina
56	16.150	16.108	16.475	5160087	1131476	0.94	Parafina
58	16.530	16.475	16.583	633467	168001	0.12	Parafina
59	16.644	16.583	16.708	2841580	676627	0.52	Parafina
60	16.733	16.708	16.767	552390	183129	0.10	Olefina
61	16.843	16.767	16.950	1647879	279003	0.30	Olefina
62	17.020	16.950	17.092	1189970	295153	0.22	Parafina
63	17.147	17.092	17.258	642659	102559	0.12	Olefina
64	17.351	17.258	17.425	1322228	212292	0.24	Olefina
65	17.509	17.425	17.700	6618088	820032	1.21	Olefina
66	17.839	17.700	17.908	20769447	3620869	3.80	Aromático
67	17.943	17.908	18.083	1654633	250663	0.30	Olefina
68	18.158	18.083	18.208	3084390	822959	0.56	Parafina
69	18.254	18.208	18.342	2705861	626242	0.50	Álcool
70	18.393	18.342	18.458	622870	163811	0.11	Olefina
71	18.531	18.458	18.700	4021282	709593	0.74	Parafina
72	18.834	18.700	18.892	2137634	470773	0.39	Olefina
74	19.024	18.967	19.083	836925	183343	0.15	Olefina
75	19.126	19.083	19.175	648621	146712	0.12	Olefina
76	19.272	19.175	19.325	1944688	379923	0.36	Olefina
77	19.377	19.325	19.417	1170396	256706	0.21	Olefina
78	19.473	19.417	19.542	2115306	349509	0.39	Olefina
79	19.590	19.542	19.650	1806742	406667	0.33	Olefina
80	19.739	19.650	19.825	4294085	916696	0.79	Olefina
81	19.881	19.825	19.958	1284812	337689	0.24	Olefina
82	20.093	19.958	20.133	2154408	463462	0.39	Parafina
83	20.158	20.133	20.225	1190597	416100	0.22	Olefina
85	20.396	20.342	20.483	554457	126242	0.10	Olefina
87	20.845	20.775	20.958	950482	208257	0.17	Olefina
89	21.134	21.075	21.183	576518	143812	0.11	Parafina
91	21.275	21.250	21.342	532743	142488	0.10	Olefina
92	21.424	21.342	21.575	2561403	436205	0.47	Álcool
93	21.654	21.575	21.725	1100818	238700	0.20	Parafina
94	21.811	21.725	21.875	1096311	174996	0.20	Álcool
96	22.079	21.992	22.133	811204	154874	0.15	Olefina
97	22.231	22.133	22.308	6111006	1294155	1.12	Aromático
98	22.362	22.308	22.425	644399	141523	0.12	Olefina
100	22.676	22.508	22.800	23824197	3109021	4.36	Aromático
101	22.883	22.800	22.950	720971	127377	0.13	Olefina
102	23.050	22.950	23.150	2420628	514652	0.44	Olefina
103	23.290	23.150	23.367	1003074	110416	0.18	Olefina
104	23.422	23.367	23.492	611264	122793	0.11	Olefina
106	23.690	23.583	23.858	10318602	1842243	1.89	Aromático
107	23.922	23.858	23.975	1148111	214588	0.21	Olefina
108	24.002	23.975	24.058	887696	223614	0.16	Olefina
109	24.107	24.058	24.158	811600	168893	0.15	Olefina
110	24.219	24.158	24.283	1845020	506584	0.34	Parafina
113	24.740	24.617	24.833	862114	132956	0.16	Olefina
116	25.343	25.158	25.408	762830	158057	0.14	Álcool
119	25.745	25.567	25.858	1111207	205177	0.20	Olefina
121	26.296	26.192	26.392	1778057	404494	0.33	Aromático
123	26.617	26.475	26.675	7710599	1558327	1.41	Aromático
124	26.713	26.675	26.817	3049170	767206	0.56	Aromático

125	26.922	26.817	27.017	4351482	792470	0.80	Aromático
128	27.258	27.192	27.308	703435	168566	0.13	Parafina
129	27.385	27.308	27.492	2585724	578827	0.47	Aromático
132	28.034	27.808	28.175	12050016	2179766	2.21	Aromático
134	28.353	28.283	28.417	1073414	305722	0.20	Parafina
138	29.167	29.083	29.258	3196341	703774	0.58	Aromático
141	29.697	29.608	29.833	2782643	574662	0.51	Aromático
142	29.946	29.833	30.033	689697	111048	0.13	Acido
143	30.097	30.033	30.142	879272	213188	0.16	Aromático
144	30.208	30.142	30.292	1787200	432922	0.33	Aromático
145	30.429	30.292	30.533	3522611	628070	0.64	Olefina
146	30.612	30.533	30.675	541072	109914	0.10	Parafina
148	30.863	30.783	30.950	877850	221883	0.16	Aromático
150	31.214	31.150	31.267	1396534	318609	0.26	Aromático
151	31.308	31.267	31.392	1221503	326259	0.22	Aromático
152	31.533	31.392	31.608	2608021	554340	0.48	Aromático
153	31.688	31.608	31.783	1626992	359622	0.30	Aromático
156	32.135	32.058	32.283	1110503	266079	0.20	Parafina
158	32.776	32.675	32.850	1425825	303669	0.26	Aromático
159	32.912	32.850	33.000	1831049	426091	0.34	Aromático
165	33.636	33.550	33.725	2353667	495058	0.43	Aromático
167	33.952	33.833	33.975	1001953	221685	0.18	Aromático
168	34.056	33.975	34.108	3073329	552880	0.56	Aromático
169	34.133	34.108	34.217	1564416	382077	0.29	Aromático
170	34.287	34.217	34.375	842541	165853	0.15	Aromático
171	34.448	34.375	34.600	1003711	136345	0.18	Aromático
174	35.272	35.108	35.408	4086865	564289	0.75	Olefina
175	35.425	35.408	35.517	532180	146803	0.10	Aromático
176	35.620	35.517	35.683	1819467	299639	0.33	Aromático
177	35.717	35.683	35.808	749248	203180	0.14	Aromático
190	39.114	39.025	39.217	1333386	259603	0.24	Aromático

## Amostra 04 - GASOLINA ADITIVADA

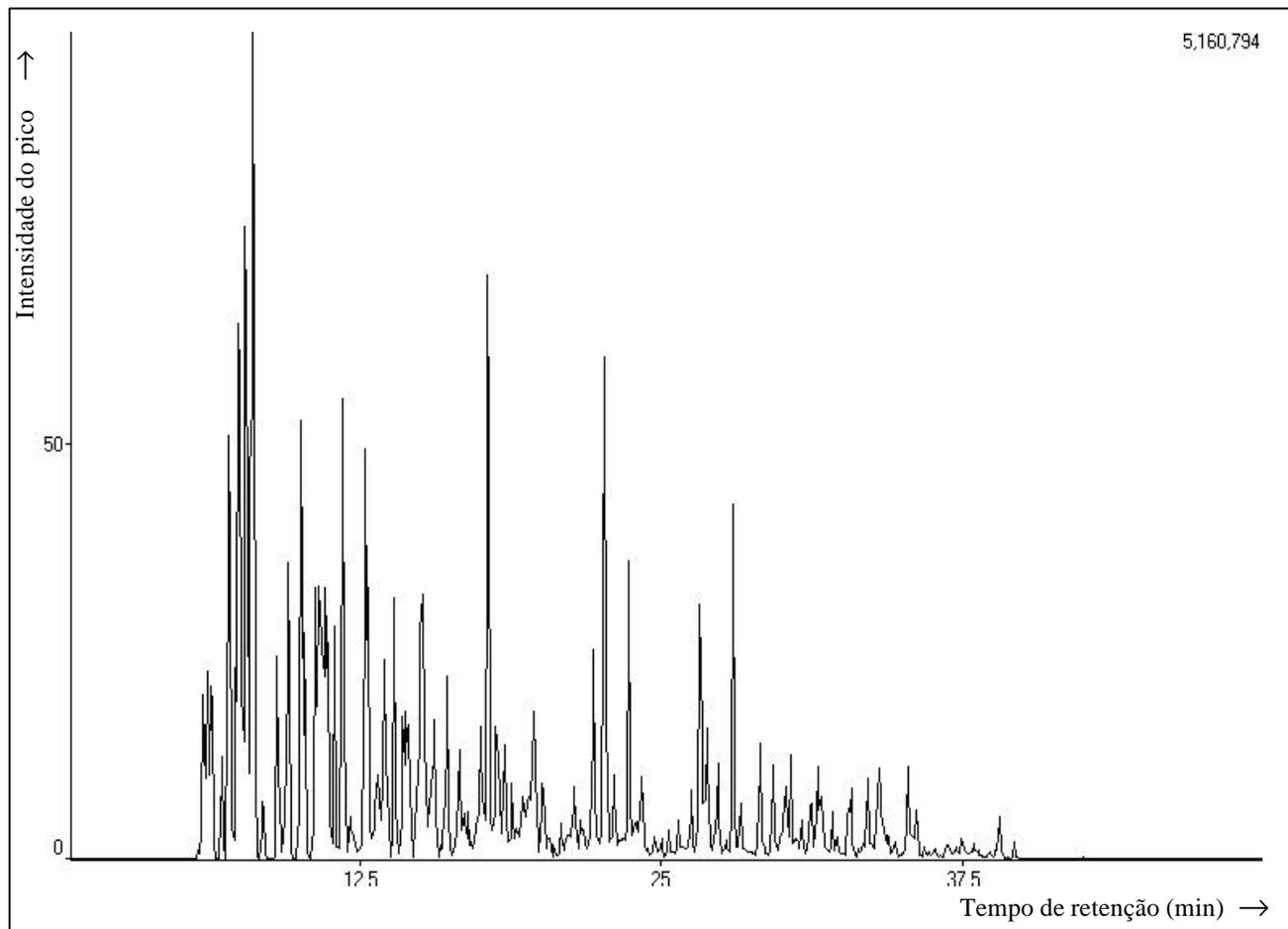


Figura 10 – Cromatograma da amostra 04 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 04 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 04 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 04 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		IAD
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	
42,36 %	29,23 %	21,39 %	3,33 %	2,23 %	82,9	97,4	90,2
% total: 96,54							

Tabela 09 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 04 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
2	6.022	5.933	6.075	4698163	1087149	0.38	Olefina
3	6.103	6.075	6.158	3115866	772079	0.26	Alcool
4	6.208	6.158	6.308	6622478	1376535	0.54	Olefina
5	6.370	6.308	6.542	5885933	1276822	0.48	Olefina
6	6.795	6.708	6.958	4802948	1086241	0.39	Olefina
7	7.074	6.958	7.275	35518272	5013601	2.91	Parafina
8	7.366	7.275	7.433	10164459	1964975	0.83	Olefina
9	7.505	7.433	7.683	43218465	5576418	3.54	Olefina
10	7.766	7.683	7.883	40951102	6798919	3.35	Olefina
11	7.961	7.883	8.008	19523127	3938743	1.60	Olefina
12	8.081	8.008	8.342	60400162	9121682	4.95	Olefina
13	8.509	8.342	8.675	7076677	1085122	0.58	Parafina
14	9.060	8.933	9.308	15270437	1948647	1.25	Olefina
15	9.555	9.308	9.742	34598302	3918616	2.83	Parafina
16	10.045	9.908	10.133	33865086	5996740	2.77	Parafina
17	10.213	10.133	10.392	15036202	2572771	1.23	Olefina
18	10.662	10.392	10.758	31931877	4442797	2.61	Parafina
19	10.828	10.758	10.883	18412418	3111440	1.51	Olefina
20	10.915	10.883	10.992	9699710	2314575	0.79	Olefina
21	11.074	10.992	11.142	14693626	2896628	1.20	Alcool
22	11.200	11.142	11.342	11398011	2339220	0.93	Olefina
23	11.446	11.342	11.558	12493351	2444181	1.02	Olefina
24	11.638	11.558	11.700	1398620	257456	0.11	Parafina
25	11.806	11.700	12.017	33890819	5287380	2.77	Parafina
26	12.097	12.017	12.192	2615015	476932	0.21	Olefina
27	12.246	12.192	12.333	1279568	252939	0.10	Olefina
29	12.583	12.442	12.633	1351941	158900	0.11	Olefina
30	12.751	12.633	12.817	26513884	4514370	2.17	Olefina
31	12.861	12.817	12.958	13076197	2949432	1.07	Olefina
32	13.017	12.958	13.075	1594924	325242	0.13	Parafina
33	13.142	13.075	13.192	2485521	488442	0.20	Olefina
34	13.249	13.192	13.317	5022205	987783	0.41	Olefina
35	13.520	13.317	13.583	19935959	2872046	1.63	Parafina
36	13.639	13.583	13.750	6849025	1654730	0.56	Parafina
37	13.930	13.750	14.175	23943793	4428339	1.96	Parafina
39	14.294	14.175	14.350	8222100	1613808	0.67	Parafina
40	14.424	14.350	14.492	11970881	1750293	0.98	Olefina
41	14.557	14.492	14.675	10709871	2013165	0.88	Olefina
42	14.769	14.675	14.825	1811254	379123	0.15	Olefina
43	14.925	14.825	14.942	4426346	934368	0.36	Olefina
44	15.036	14.942	15.083	20568865	3822542	1.68	Parafina
45	15.126	15.083	15.192	14842301	3258928	1.22	Olefina
46	15.218	15.192	15.283	4538796	1425015	0.37	Olefina
47	15.329	15.283	15.383	1499682	399718	0.12	Olefina
48	15.460	15.383	15.525	3649748	815839	0.30	Olefina
49	15.605	15.525	15.758	8043513	1609792	0.66	Olefina
52	16.146	16.000	16.375	15914156	2449174	1.30	Parafina

54	16.527	16.467	16.575	1479772	357585	0.12	Parafina
55	16.640	16.575	16.758	7299937	1387267	0.60	Olefina
56	16.830	16.758	16.933	3185406	528120	0.26	Parafina
57	17.015	16.933	17.092	2659171	559754	0.22	Olefina
59	17.353	17.242	17.417	2908859	453806	0.24	Olefina
60	17.508	17.417	17.692	12912746	1468747	1.06	Olefina
61	17.834	17.692	17.900	41716704	6978605	3.42	Aromático
62	17.931	17.900	18.075	3764237	584771	0.31	Olefina
63	18.159	18.075	18.208	8856117	2135673	0.73	Parafina
64	18.245	18.208	18.333	5882158	1428811	0.48	Alcool
65	18.386	18.333	18.450	1589543	394115	0.13	Olefina
66	18.532	18.450	18.717	10016208	1748338	0.82	Parafina
67	18.832	18.717	18.883	5936485	1371123	0.49	Parafina
68	18.911	18.883	18.967	1539129	487357	0.13	Parafina
69	19.020	18.967	19.075	1775326	388996	0.15	Olefina
70	19.121	19.075	19.158	1214818	282100	0.10	Olefina
71	19.266	19.158	19.325	4646348	764284	0.38	Olefina
72	19.372	19.325	19.408	2346969	537418	0.19	Olefina
73	19.459	19.408	19.542	4955433	826645	0.41	Olefina
74	19.585	19.542	19.650	3606366	770441	0.30	Olefina
75	19.749	19.650	19.833	13987905	2985993	1.15	Olefina
76	19.878	19.833	19.942	2592461	692365	0.21	Olefina
78	20.092	20.008	20.225	6867210	1000140	0.56	Parafina
80	20.389	20.342	20.500	1260125	301699	0.10	Parafina
83	20.838	20.733	20.950	2395535	471335	0.20	Olefina
85	21.129	21.067	21.175	2156730	537629	0.18	Parafina
86	21.217	21.175	21.242	1184796	318808	0.10	Olefina
87	21.274	21.242	21.333	1581043	378767	0.13	Olefina
88	21.419	21.333	21.575	7712050	1283492	0.63	Olefina
89	21.658	21.575	21.725	5056996	1136026	0.41	Parafina
90	21.795	21.725	21.875	2806166	436980	0.23	Olefina
92	22.083	21.992	22.108	1512107	322850	0.12	Alcool
93	22.228	22.108	22.308	13742642	2622760	1.13	Aromático
94	22.356	22.308	22.425	2158612	484467	0.18	Olefina
96	22.684	22.500	22.792	54813479	6733637	4.49	Aromático
97	22.879	22.792	22.958	2009125	318021	0.16	Alcool
98	23.051	22.958	23.150	7191372	1536507	0.59	Parafina
100	23.280	23.242	23.358	1459370	245491	0.12	Olefina
101	23.421	23.358	23.492	2029209	410857	0.17	Ácido
102	23.691	23.492	23.850	25079159	3936811	2.05	Aromático
103	23.907	23.850	23.967	3453745	688467	0.28	Olefina
104	24.001	23.967	24.067	2710777	599017	0.22	Olefina
105	24.099	24.067	24.158	1822172	397888	0.15	Olefina
106	24.229	24.158	24.292	8397949	2194478	0.69	Parafina
110	24.759	24.583	24.833	3044679	412954	0.25	Olefina
112	25.034	24.950	25.150	1912511	339656	0.16	Ácido
113	25.331	25.150	25.467	3613594	599036	0.30	Alcool
116	25.735	25.633	25.842	5836189	940642	0.48	Olefina
117	25.914	25.842	25.958	1567157	285712	0.13	Olefina
119	26.129	26.075	26.200	1533256	338552	0.13	Olefina
120	26.290	26.200	26.375	4273401	866307	0.35	Aromático
122	26.615	26.483	26.675	16485595	3150869	1.35	Aromático
123	26.710	26.675	26.817	6392943	1572784	0.52	Aromático
124	26.920	26.817	27.008	10509162	1741906	0.86	Aromático

125	27.064	27.008	27.183	2636918	421651	0.22	Olefina
126	27.255	27.183	27.308	2103246	468742	0.17	Parafina
127	27.376	27.308	27.483	5347099	1178760	0.44	Aromático
129	27.710	27.617	27.817	1903977	288993	0.16	Olefina
130	28.034	27.817	28.183	27364916	4523167	2.24	Aromático
132	28.358	28.258	28.417	5721398	1427763	0.47	Parafina
137	29.022	28.883	29.067	1194332	218250	0.10	Aromático
138	29.162	29.067	29.250	6855704	1467394	0.56	Aromático
141	29.691	29.592	29.825	5331621	1065421	0.44	Aromático
143	29.944	29.900	30.017	1208747	247187	0.10	Álcool
144	30.086	30.017	30.133	1715189	397008	0.14	Aromático
145	30.194	30.133	30.275	3367351	817804	0.28	Aromático
146	30.418	30.275	30.517	6693344	1224711	0.55	Olefina
147	30.600	30.517	30.667	1408466	261098	0.12	Álcool
149	30.851	30.775	30.925	1992329	522570	0.16	Parafina
150	31.102	30.925	31.150	1296405	245517	0.11	Parafina
151	31.205	31.150	31.250	2224206	538494	0.18	Aromático
152	31.295	31.250	31.383	2272847	589130	0.19	Aromático
153	31.522	31.383	31.600	4675721	1003815	0.38	Aromático
154	31.677	31.600	31.758	3087209	646006	0.25	Aromático
158	32.126	32.033	32.250	3163667	806766	0.26	Parafina
160	32.759	32.667	32.825	2331399	508932	0.19	Aromático
161	32.903	32.825	32.983	3219612	731393	0.26	Aromático
166	33.622	33.542	33.700	4151503	881603	0.34	Aromático
168	33.931	33.850	33.967	1847042	379549	0.15	Aromático
169	34.042	33.967	34.092	5410973	1013250	0.44	Aromático
170	34.112	34.092	34.200	3195467	774505	0.26	Álcool
171	34.266	34.200	34.350	1690909	327983	0.14	Aromático
172	34.441	34.350	34.592	2137072	281795	0.17	Aromático
176	35.261	35.050	35.375	7904938	1095218	0.65	Olefina
177	35.412	35.375	35.500	1348465	275482	0.11	Aromático
178	35.607	35.500	35.675	4365454	756777	0.36	Parafina
179	35.700	35.675	35.808	1345289	399936	0.11	Aromático
190	37.472	37.408	37.558	1403725	281826	0.11	Aromático
199	38.921	38.767	38.992	1308715	261584	0.11	Parafina
200	39.100	38.992	39.225	2867394	528727	0.23	Naftênico

## Amostra 05 - GASOLINA ADITIVADA

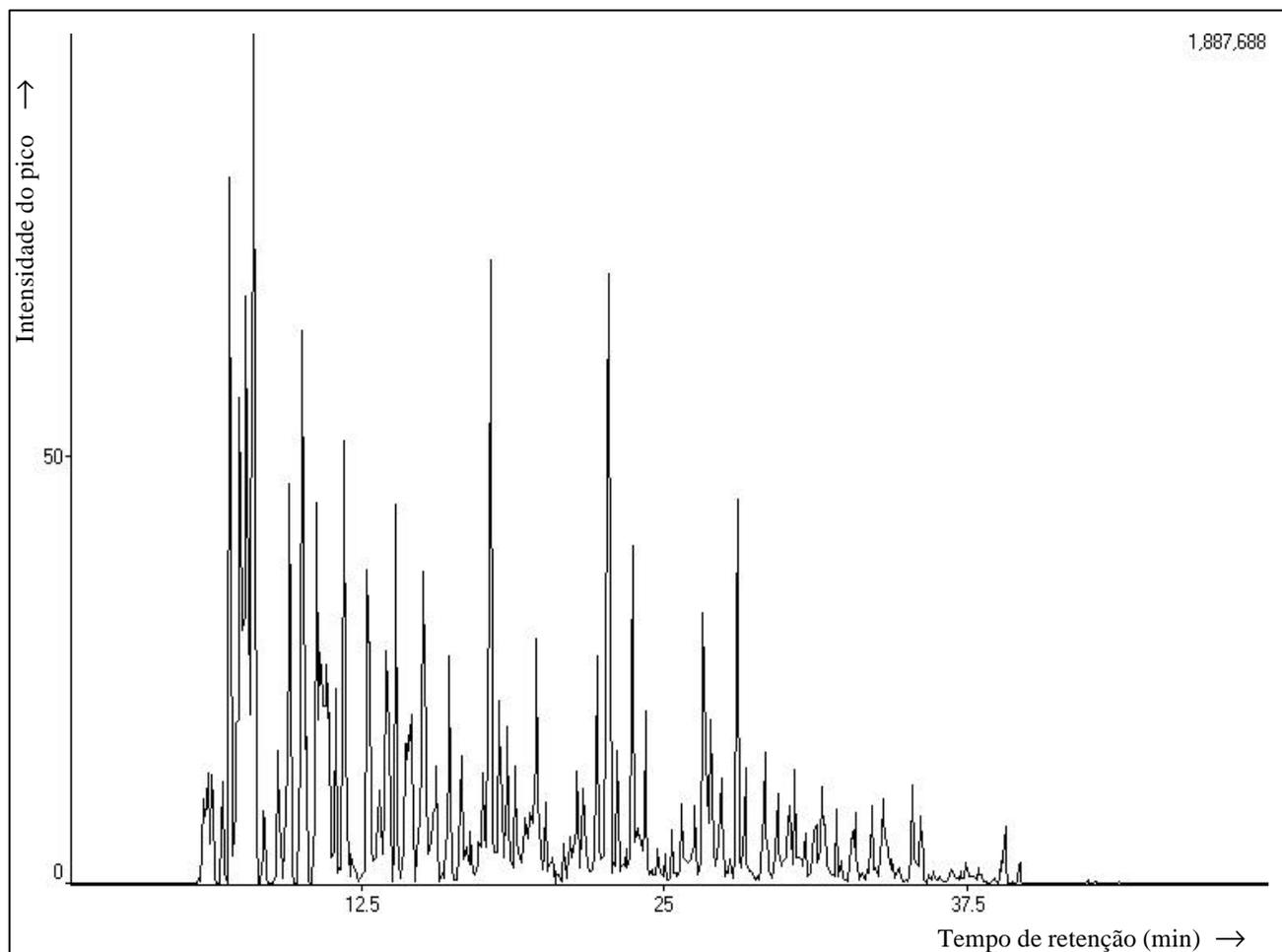


Figura 11 – Cromatograma da amostra 05 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 05 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 05 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 05 de gasolina tipo C aditivada

<i>Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa</i>					<i>IROX</i>		
					<i>Octanagem</i>		<i>IAD</i>
<i>Olefinas</i>	<i>Parafinas</i>	<i>Aromáticos</i>	<i>Oxigenados</i>	<i>Naftênicos</i>	<i>MON</i>	<i>RON</i>	
40,63 %	31,03 %	21,39 %	2,75 %	-	83,5	97,5	90,5
% total: 98,30							

Tabela 10 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 05 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
1	5.997	5.925	6.050	804935	188355	0.38	Olefina
2	6.082	6.050	6.133	584127	147905	0.28	Parafina
3	6.185	6.133	6.283	1183134	242805	0.56	Olefina
4	6.346	6.283	6.483	1076868	239615	0.51	Olefina
5	6.773	6.708	6.892	936953	224317	0.44	Olefina
6	7.048	6.892	7.250	9331380	1554595	4.41	Parafina
7	7.343	7.250	7.408	1719114	354859	0.81	Olefina
8	7.482	7.408	7.667	8414715	1071966	3.98	Olefina
9	7.745	7.667	7.867	7203562	1292024	3.41	Olefina
10	7.941	7.867	7.992	3348299	686857	1.58	Olefina
11	8.063	7.992	8.267	11149709	1886667	5.27	Olefina
12	8.493	8.383	8.633	972826	162742	0.46	Parafina
13	9.046	8.950	9.133	1789184	294956	0.85	Olefina
14	9.167	9.133	9.283	520705	111805	0.25	Olefina
15	9.551	9.283	9.708	6793252	882090	3.21	Parafina
16	10.040	9.917	10.133	6644676	1220238	3.14	Parafina
17	10.204	10.133	10.350	2373740	427082	1.12	Olefina
18	10.658	10.517	10.750	5637056	841390	2.67	Parafina
19	10.826	10.750	10.875	2897553	508951	1.37	Olefina
20	10.908	10.875	10.992	1754446	415798	0.83	Olefina
21	11.065	10.992	11.133	2288501	483603	1.08	Alcool
22	11.196	11.133	11.317	1751431	378504	0.83	Olefina
23	11.443	11.317	11.558	2102157	428124	0.99	Olefina
24	11.625	11.558	11.708	204837	37195	0.10	Parafina
25	11.804	11.708	12.025	5903413	975267	2.79	Parafina
26	12.092	12.025	12.183	317974	66059	0.15	Olefina
28	12.748	12.625	12.817	3801545	672588	1.80	Olefina
29	12.861	12.817	12.975	2202177	514779	1.04	Olefina
31	13.142	13.083	13.175	259183	70248	0.12	Olefina
32	13.253	13.175	13.333	1002169	194599	0.47	Olefina
33	13.526	13.333	13.592	3376200	508009	1.60	Parafina
34	13.646	13.592	13.742	1248578	332869	0.59	Parafina
35	13.938	13.767	14.050	4148396	834898	1.96	Parafina
37	14.301	14.158	14.358	1552805	310250	0.73	Olefina
38	14.434	14.358	14.500	2152067	328842	1.02	Olefina
39	14.567	14.500	14.675	1926628	372880	0.91	Olefina
40	14.772	14.675	14.825	291860	69789	0.14	Olefina
41	14.917	14.825	14.958	792772	143862	0.37	Parafina
42	15.047	14.958	15.092	3526433	689068	1.67	Parafina
43	15.135	15.092	15.200	2484813	549173	1.17	Olefina
44	15.227	15.200	15.300	728928	232939	0.34	Olefina
45	15.339	15.300	15.392	247046	73940	0.12	Olefina
46	15.468	15.392	15.542	641801	152283	0.30	Olefina
47	15.613	15.542	15.758	1258195	257897	0.59	Olefina
49	16.162	16.017	16.308	2975075	495343	1.41	Parafina
50	16.539	16.483	16.583	256431	71738	0.12	Parafina
51	16.652	16.583	16.767	1310905	276244	0.62	Olefina

52	16.841	16.767	16.933	403482	74054	0.19	Olefina
53	17.029	16.933	17.108	420331	105251	0.20	Parafina
54	17.372	17.275	17.433	468360	84031	0.22	Olefina
55	17.517	17.433	17.617	1661872	238551	0.79	Olefina
56	17.642	17.617	17.717	440781	98664	0.21	Alcool
57	17.859	17.717	17.925	8440804	1366450	3.99	Aromático
58	17.949	17.925	18.092	567313	101178	0.27	Olefina
59	18.179	18.092	18.225	1643442	399086	0.78	Parafina
60	18.261	18.225	18.342	978110	267553	0.46	Olefina
61	18.409	18.342	18.467	233381	64702	0.11	Olefina
62	18.553	18.467	18.700	1842636	343103	0.87	Parafina
63	18.852	18.700	18.908	1121603	255818	0.53	Olefina
64	18.933	18.908	18.975	241349	91028	0.11	Olefina
65	19.035	18.975	19.092	293638	65616	0.14	Olefina
66	19.284	19.092	19.342	1013488	140829	0.48	Olefina
67	19.389	19.342	19.425	430438	98144	0.20	Alcool
68	19.471	19.425	19.550	833261	153297	0.39	Olefina
69	19.602	19.550	19.667	668019	136134	0.32	Olefina
70	19.770	19.667	19.850	2556540	538025	1.21	Olefina
71	19.893	19.850	19.958	416993	116081	0.20	Olefina
72	20.116	19.958	20.233	1311944	177433	0.62	Olefina
74	20.406	20.358	20.475	206031	56159	0.10	Parafina
76	20.857	20.800	20.967	392869	86199	0.19	Alcool
78	21.147	21.083	21.192	388448	99978	0.18	Parafina
79	21.293	21.192	21.342	464375	69779	0.22	Olefina
80	21.437	21.342	21.592	1412665	244683	0.67	Parafina
81	21.676	21.592	21.750	889561	204176	0.42	Parafina
82	21.807	21.750	21.900	460992	73070	0.22	Olefina
84	22.100	21.992	22.133	236762	50759	0.11	Olefina
85	22.247	22.133	22.325	2620996	494000	1.24	Aromático
86	22.373	22.325	22.442	330633	75355	0.16	Olefina
87	22.508	22.442	22.542	241434	52972	0.11	Parafina
88	22.712	22.542	22.825	10705762	1333593	5.06	Aromático
90	23.073	22.958	23.158	1271734	284157	0.60	Parafina
92	23.719	23.517	23.867	4425858	729094	2.09	Aromático
93	23.928	23.867	23.983	505013	112369	0.24	Olefina
94	24.021	23.983	24.075	387624	97488	0.18	Olefina
95	24.116	24.075	24.175	284415	62812	0.13	Olefina
96	24.250	24.175	24.308	1426357	372566	0.67	Parafina
99	25.048	24.983	25.142	261526	62154	0.12	Acido
100	25.354	25.283	25.417	393396	101504	0.19	Alcool
101	25.755	25.658	25.867	866501	159502	0.41	Alcool
103	26.307	26.208	26.400	740603	161008	0.35	Aromático
104	26.639	26.400	26.700	3156227	588705	1.49	Aromático
105	26.734	26.700	26.833	1134735	298907	0.54	Aromático
106	26.945	26.833	27.033	2032154	352789	0.96	Aromático
107	27.084	27.033	27.217	391298	67168	0.19	Parafina
108	27.278	27.217	27.325	363770	87909	0.17	Parafina
109	27.398	27.325	27.508	987865	225925	0.47	Aromático
111	28.061	27.900	28.200	4911633	828362	2.32	Aromático
112	28.377	28.200	28.442	843467	233232	0.40	Parafina
113	29.181	29.092	29.267	1203852	272713	0.57	Aromático
115	29.710	29.617	29.792	891156	191124	0.42	Aromático
116	29.972	29.792	30.033	397783	43744	0.19	Acido

117	30.102	30.033	30.150	304848	76265	0.14	Aromático
118	30.214	30.150	30.300	682768	164488	0.32	Aromático
119	30.439	30.300	30.533	1326249	242688	0.63	Olefina
120	30.626	30.533	30.683	231957	51158	0.11	Parafina
122	30.864	30.800	30.942	348651	98848	0.16	Alcool
124	31.226	31.150	31.267	431363	100482	0.20	Aromático
125	31.319	31.267	31.392	463944	119899	0.22	Aromático
126	31.543	31.417	31.625	939478	204863	0.44	Aromático
127	31.698	31.625	31.775	471034	116751	0.22	Aromático
128	32.150	32.075	32.233	624409	156848	0.30	Parafina
130	32.779	32.692	32.858	498719	108817	0.24	Aromático
131	32.927	32.858	33.008	638126	152887	0.30	Aromático
133	33.639	33.558	33.717	650625	159704	0.31	Aromático
134	33.942	33.875	34.000	297180	55076	0.14	Aromático
135	34.055	34.000	34.117	909117	180167	0.43	Aromático
136	34.150	34.117	34.225	485524	126453	0.23	Aromático
137	34.288	34.225	34.358	259435	65519	0.12	Aromático
138	34.450	34.392	34.658	304550	46188	0.14	Parafina
140	35.282	35.183	35.408	1191236	197362	0.56	Aromático
142	35.622	35.525	35.692	726554	143428	0.34	Parafina
143	35.725	35.692	35.792	204603	59139	0.10	Aromático
147	39.120	39.008	39.233	656417	124780	0.31	Aromático
148	39.724	39.642	39.808	209313	45481	0.10	Aromático

## Amostra 06 - GASOLINA ADITIVADA

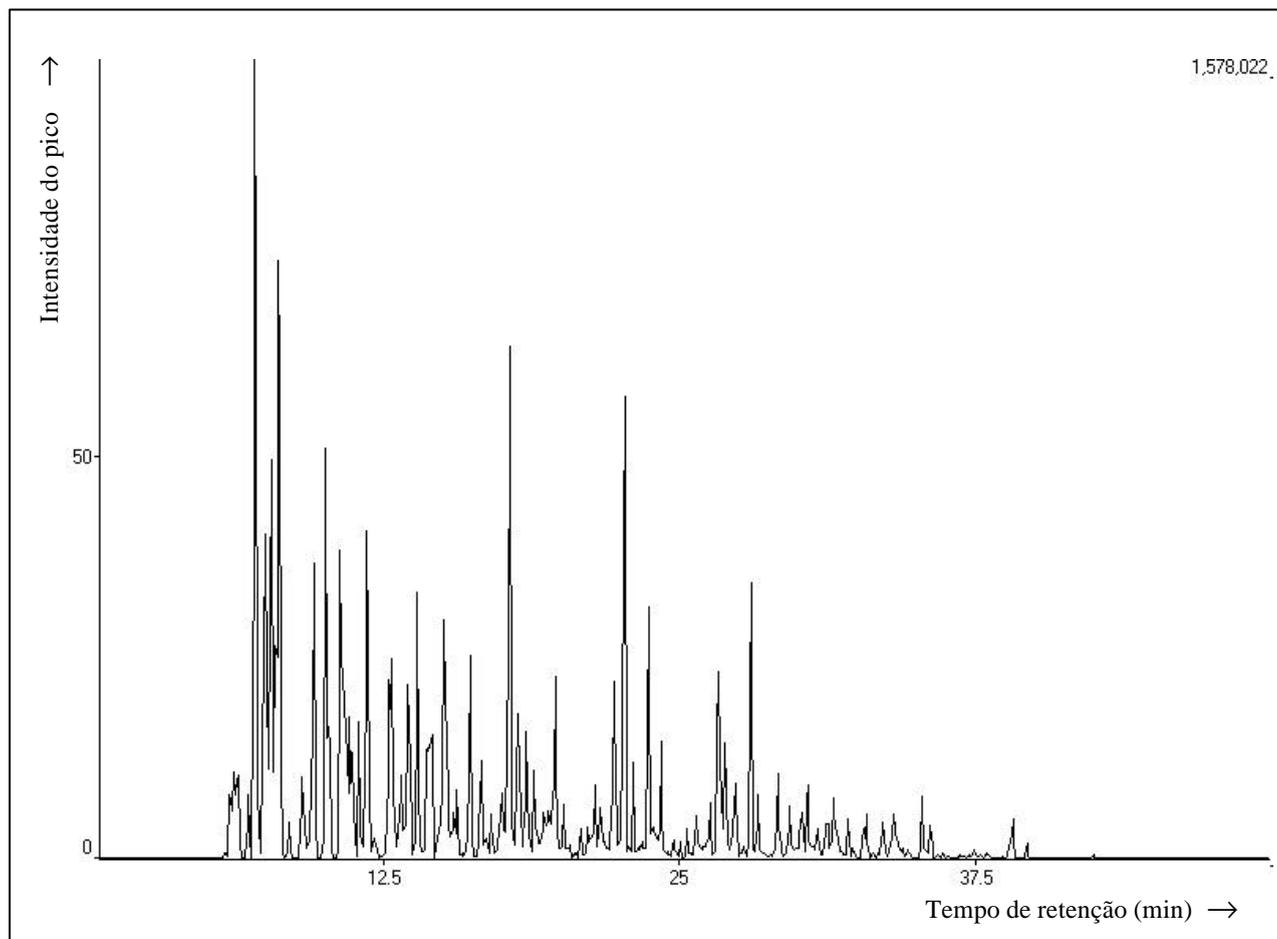


Figura 12 – Cromatograma da amostra 06 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 06 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 06 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 06 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		IAD
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	
32,08 %	47,10 %	19,47 %	0,95 %	-	84,1	97,9	91,0
% total: 99,60							

Tabela 11 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 06 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
1	6.023	5.950	6.075	553098	126256	0.44	Olefina
2	6.103	6.075	6.158	369210	92322	0.29	Parafina
3	6.213	6.158	6.308	814029	168003	0.64	Olefina
4	6.371	6.308	6.500	737262	161554	0.58	Olefina
5	6.802	6.725	6.908	543010	125911	0.43	Olefina
6	7.075	6.908	7.275	8532218	1577687	6.74	Parafina
7	7.374	7.275	7.442	997957	198704	0.79	Parafina
8	7.512	7.442	7.583	3490976	635145	2.76	Parafina
9	7.600	7.583	7.692	1342571	335296	1.06	Olefina
10	7.771	7.692	7.892	4273730	778552	3.38	Parafina
11	7.965	7.892	8.017	1989705	416047	1.57	Parafina
12	8.089	8.017	8.283	6840869	1170474	5.40	Parafina
13	8.515	8.425	8.642	403971	69429	0.32	Parafina
14	9.069	8.975	9.167	993085	160920	0.78	Olefina
15	9.217	9.167	9.300	277231	54340	0.22	Olefina
16	9.570	9.300	9.725	4248629	578693	3.36	Parafina
17	10.060	9.942	10.150	4324481	801882	3.42	Parafina
18	10.222	10.150	10.350	1403760	256695	1.11	Olefina
19	10.681	10.550	10.775	3845590	603839	3.04	Parafina
20	10.841	10.775	10.892	1629126	309193	1.29	Olefina
21	10.929	10.892	11.008	1098402	259792	0.87	Olefina
22	11.085	11.008	11.158	1334241	276448	1.05	Olefina
23	11.216	11.158	11.325	965794	208869	0.76	Olefina
24	11.462	11.325	11.575	1277120	267362	1.01	Olefina
25	11.823	11.717	12.033	3808087	635940	3.01	Parafina
26	12.758	12.650	12.825	1904318	341292	1.50	Olefina
27	12.875	12.825	12.975	1757134	383395	1.39	Olefina
28	13.150	13.100	13.217	205448	41929	0.16	Olefina
29	13.269	13.217	13.342	701506	155880	0.55	Olefina
30	13.543	13.342	13.608	2120034	338108	1.67	Parafina
31	13.660	13.608	13.742	798285	213625	0.63	Parafina
32	13.950	13.800	14.050	2526368	519155	2.00	Parafina
34	14.313	14.225	14.375	1046557	212850	0.83	Olefina
35	14.445	14.375	14.517	1407746	223141	1.11	Parafina
36	14.570	14.517	14.675	1066291	241112	0.84	Olefina
37	14.780	14.675	14.858	187304	42451	0.15	Olefina
38	14.925	14.858	14.958	363448	81363	0.29	Parafina
39	15.056	14.958	15.108	2418874	466069	1.91	Olefina
40	15.147	15.108	15.208	1342314	316666	1.06	Olefina
41	15.238	15.208	15.300	393032	128579	0.31	Olefina
42	15.353	15.300	15.408	145930	43191	0.12	Parafina
43	15.480	15.408	15.542	363683	89130	0.29	Parafina
44	15.625	15.542	15.758	673729	136124	0.53	Olefina
45	16.177	16.017	16.317	2219690	390458	1.75	Parafina
46	16.550	16.483	16.600	204989	53959	0.16	Parafina
47	16.667	16.600	16.775	872247	189020	0.69	Olefina
48	16.883	16.775	16.950	209974	30962	0.17	Olefina
49	17.044	16.950	17.125	327040	83623	0.26	Parafina

50	17.377	17.292	17.450	295732	58546	0.23	Olefina
51	17.537	17.450	17.608	773854	124196	0.61	Olefina
52	17.876	17.608	17.942	6558675	1000877	5.18	Olefina
53	17.975	17.942	18.033	264982	62743	0.21	Olefina
55	18.190	18.108	18.242	1195927	280223	0.94	Parafina
56	18.270	18.242	18.358	554141	163952	0.44	Olefina
57	18.413	18.358	18.475	147001	42746	0.12	Olefina
58	18.563	18.475	18.733	1336573	248025	1.06	Parafina
59	18.864	18.733	18.917	713127	171049	0.56	Olefina
60	18.950	18.917	18.992	178803	62056	0.14	Alcool
61	19.033	18.992	19.242	361486	34288	0.29	Olefina
62	19.292	19.242	19.358	428919	90015	0.34	Parafina
63	19.389	19.358	19.433	245623	64855	0.19	Alcool
64	19.481	19.433	19.517	348172	91475	0.27	Olefina
65	19.605	19.517	19.667	458118	73123	0.36	Olefina
66	19.778	19.667	19.858	1653615	356384	1.31	Olefina
67	19.895	19.858	19.950	191711	58530	0.15	Olefina
68	20.111	19.950	20.242	733044	104997	0.58	Olefina
69	20.865	20.800	20.942	214844	56385	0.17	Alcool
70	21.155	21.092	21.200	215527	59182	0.17	Parafina
71	21.317	21.200	21.350	221291	33796	0.17	Olefina
72	21.445	21.350	21.592	792056	139771	0.63	Olefina
73	21.678	21.592	21.750	351916	91716	0.28	Olefina
74	22.254	22.150	22.325	1517906	329346	1.20	Aromático
75	22.383	22.333	22.550	228840	34795	0.18	Olefina
76	22.716	22.550	22.833	7068286	898415	5.58	Aromático
77	23.079	22.992	23.175	760669	181706	0.60	Parafina
78	23.722	23.592	23.883	2609091	477098	2.06	Aromático
79	23.931	23.883	23.992	185061	48371	0.15	Parafina
80	24.042	23.992	24.083	142196	33552	0.11	Parafina
81	24.251	24.083	24.317	865368	219229	0.68	Parafina
83	25.361	25.300	25.442	193767	53658	0.15	Alcool
84	25.763	25.675	25.867	381094	74301	0.30	Alcool
85	26.313	26.242	26.400	390458	100759	0.31	Aromático
86	26.643	26.517	26.700	1904302	360354	1.50	Aromático
87	26.735	26.700	26.833	678824	188191	0.54	Aromático
88	26.947	26.833	27.042	1091823	213106	0.86	Aromático
89	27.279	27.217	27.325	198003	51739	0.16	Parafina
90	27.403	27.325	27.492	601791	144346	0.48	Aromático
91	28.062	27.917	28.158	2890277	527462	2.28	Aromático
92	28.373	28.300	28.442	387475	115506	0.31	Parafina
93	29.186	29.092	29.258	671005	162205	0.53	Aromático
95	29.705	29.633	29.783	383630	96087	0.30	Aromático
96	30.108	30.050	30.167	138921	41054	0.11	Aromático
97	30.215	30.167	30.292	344569	86023	0.27	Aromático
98	30.446	30.292	30.517	711859	138623	0.56	Aromático
99	30.871	30.800	30.942	186663	57003	0.15	Aromático
100	31.228	31.175	31.267	201370	59463	0.16	Aromático
101	31.317	31.267	31.383	231609	62717	0.18	Aromático
102	31.545	31.442	31.625	485626	115695	0.38	Aromático
103	31.696	31.625	31.750	169529	46238	0.13	Aromático
104	32.150	32.083	32.233	282454	74453	0.22	Parafina
105	32.788	32.708	32.858	248309	56936	0.20	Aromático
106	32.927	32.858	33.000	346011	87932	0.27	Aromático

107	33.649	33.575	33.725	303623	69032	0.24	Aromático
108	34.062	33.992	34.117	336164	73853	0.27	Aromático
109	34.167	34.117	34.208	188061	44826	0.15	Aromático
111	35.287	35.208	35.408	575369	111550	0.45	Aromático
112	35.637	35.550	35.692	225906	52514	0.18	Olefina
114	39.123	39.042	39.225	392895	77063	0.31	Aromático

## Amostra 07 - GASOLINA ADITIVADA

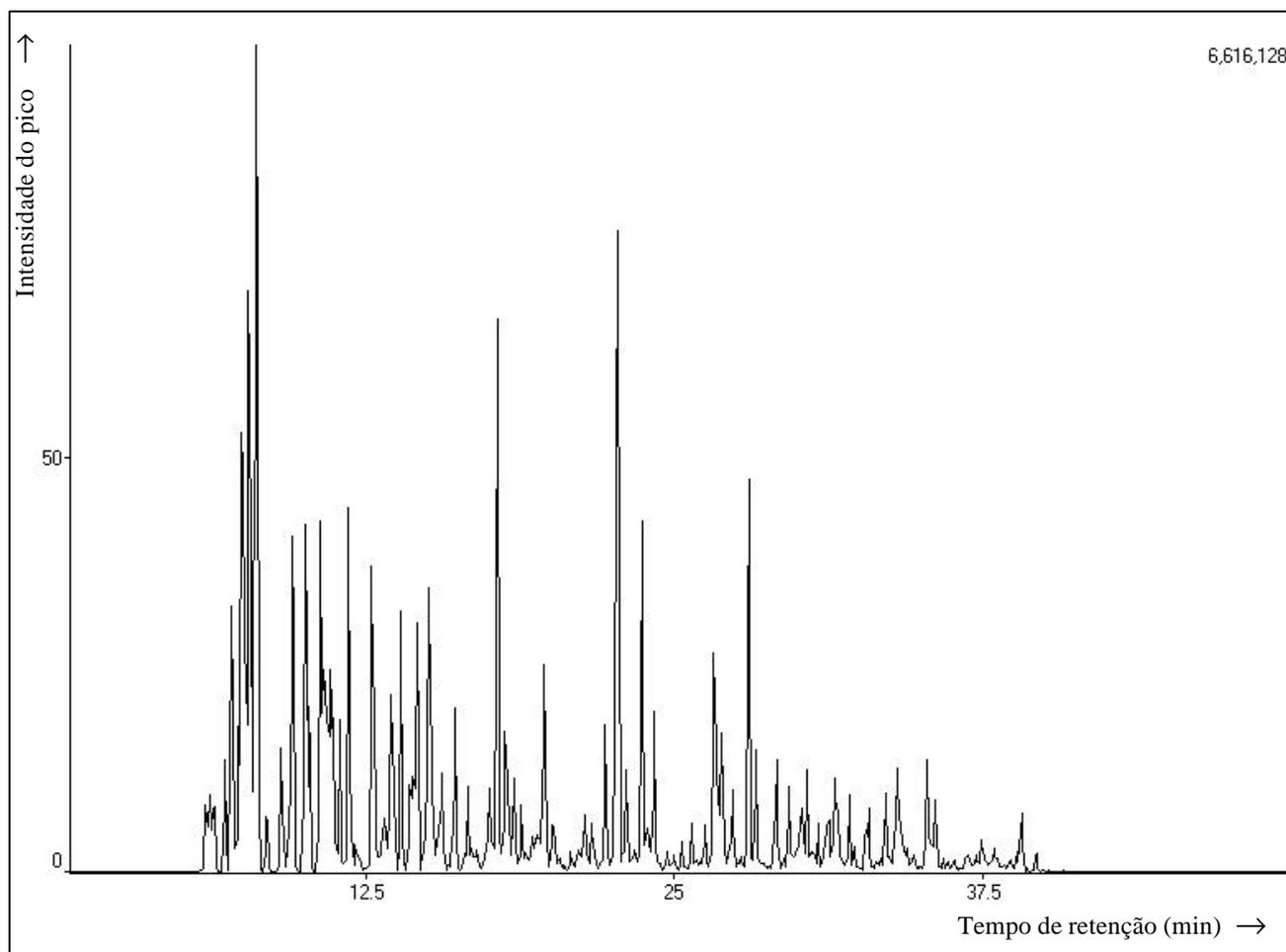


Figura 13 – Cromatograma da amostra 07 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 07 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 07 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 07 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		IAD
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	
36,80 %	28,63 %	26,75 %	4,38 %	0,40 %	82,6	96,4	89,5
% total: 96,96							

Tabela 12 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 07 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
1	6.018	5.933	6.075	2188024	539262	0.34	Olefina
2	6.098	6.075	6.150	1257117	379638	0.20	Parafina
3	6.209	6.150	6.300	2719559	614748	0.43	Olefina
4	6.369	6.300	6.508	2163639	525534	0.34	Olefina
5	6.796	6.717	6.950	3748323	903245	0.59	Olefina
6	7.061	6.950	7.258	12973881	2113569	2.03	Parafina
7	7.355	7.258	7.425	5585080	1158883	0.88	Olefina
8	7.496	7.425	7.675	26892027	3496732	4.22	Olefina
9	7.758	7.675	7.875	24555279	4626314	3.85	Olefina
10	7.953	7.875	8.000	9722102	2079805	1.52	Olefina
11	8.076	8.000	8.317	38898094	6614683	6.10	Olefina
12	8.496	8.317	8.658	2717591	448783	0.43	Alcool
13	9.056	8.942	9.300	7398995	994675	1.16	Olefina
14	9.550	9.300	9.667	19626502	2671120	3.08	Parafina
16	10.042	9.917	10.133	15652365	2764644	2.45	Parafina
17	10.214	10.133	10.375	7447958	1315097	1.17	Olefina
18	10.669	10.508	10.758	17656560	2790596	2.77	Parafina
19	10.833	10.758	10.892	9927391	1605205	1.56	Olefina
20	10.914	10.892	10.992	4591171	1243979	0.72	Olefina
21	11.074	10.992	11.142	7783338	1612172	1.22	Alcool
22	11.202	11.142	11.342	5742295	1226043	0.90	Olefina
23	11.453	11.342	11.558	5723711	1208055	0.90	Olefina
25	11.809	11.692	12.017	16502789	2894456	2.59	Parafina
26	12.099	12.017	12.192	1013028	205427	0.16	Olefina
28	12.758	12.625	12.825	12748730	2396156	2.00	Olefina
29	12.865	12.825	12.975	5600824	1392613	0.88	Olefina
31	13.138	13.058	13.183	786956	169727	0.12	Olefina
32	13.252	13.183	13.317	2102992	409950	0.33	Olefina
33	13.367	13.317	13.400	780475	173770	0.12	Olefina
34	13.515	13.400	13.592	8090296	1408140	1.27	Parafina
35	13.638	13.592	13.742	2596014	677722	0.41	Parafina
36	13.930	13.750	14.050	9619912	2076995	1.51	Parafina
37	14.083	14.050	14.167	322264	88606	0.05	Olefina
38	14.291	14.167	14.342	3236092	691958	0.51	Parafina
39	14.414	14.342	14.492	5366973	767938	0.84	Parafina
40	14.580	14.492	14.683	9483035	1988621	1.49	Parafina
41	14.757	14.683	14.833	634829	123561	0.10	Olefina
42	15.048	14.833	15.092	12767602	2271231	2.00	Parafina
43	15.135	15.092	15.192	7101425	1688451	1.11	Olefina
44	15.223	15.192	15.292	2119249	661875	0.33	Olefina
46	15.461	15.383	15.533	1387709	324568	0.22	Olefina
47	15.613	15.533	15.767	3502424	790030	0.55	Olefina
50	16.148	16.000	16.358	7469881	1302241	1.17	Parafina
51	16.520	16.358	16.567	686714	150846	0.11	Parafina
52	16.642	16.567	16.767	3355731	684334	0.53	Olefina
53	16.825	16.767	16.925	1085218	190736	0.17	Olefina
54	17.015	16.925	17.083	807418	177704	0.13	Alcool

56	17.348	17.258	17.417	802091	129243	0.13	Olefina
57	17.512	17.417	17.700	5411271	670392	0.85	Olefina
58	17.859	17.700	18.075	26344016	4404221	4.13	Aromático
60	18.166	18.075	18.208	4428187	1122072	0.69	Parafina
61	18.249	18.208	18.342	3006317	727605	0.47	Alcool
63	18.535	18.450	18.700	4027252	743215	0.63	Parafina
64	18.834	18.700	18.892	2253913	532593	0.35	Parafina
66	19.027	18.958	19.083	724507	152903	0.11	Olefina
68	19.267	19.158	19.325	1656088	284507	0.26	Olefina
69	19.364	19.325	19.408	820506	192825	0.13	Olefina
70	19.457	19.408	19.542	1765098	298608	0.28	Olefina
71	19.586	19.542	19.650	1257437	265832	0.20	Olefina
72	19.759	19.650	19.833	7033332	1651366	1.10	Alcool
73	19.882	19.833	19.950	1004111	272439	0.16	Olefina
74	20.097	19.950	20.217	2842515	383106	0.45	Parafina
78	20.835	20.642	20.958	877741	166111	0.14	Alcool
80	21.115	21.067	21.175	710958	182548	0.11	Parafina
83	21.415	21.333	21.567	2496895	458756	0.39	Parafina
84	21.655	21.567	21.725	1666570	389798	0.26	Parafina
85	21.802	21.725	21.875	848386	137777	0.13	Olefina
88	22.240	22.125	22.317	5836232	1177441	0.92	Aromático
89	22.359	22.317	22.442	679756	149928	0.11	Olefina
90	22.717	22.442	22.808	37354626	5100633	5.86	Aromático
91	22.896	22.808	22.967	841531	145893	0.13	Olefina
92	23.056	22.967	23.150	3711452	820339	0.58	Parafina
93	23.288	23.150	23.367	957767	93047	0.15	Olefina
94	23.430	23.367	23.492	792590	170754	0.12	Olefina
96	23.721	23.592	23.858	14513186	2797101	2.28	Aromático
97	23.919	23.858	23.967	1504670	355719	0.24	Olefina
98	24.007	23.967	24.075	1234796	250149	0.19	Olefina
99	24.102	24.075	24.158	710395	168847	0.11	Olefina
100	24.239	24.158	24.300	4911725	1276109	0.77	Parafina
104	24.761	24.583	24.833	1164948	163549	0.18	Parafina
106	25.030	24.950	25.167	688675	133135	0.11	Acido
107	25.336	25.167	25.408	1180528	238184	0.19	Olefina
110	25.737	25.642	25.850	2256900	379953	0.35	Alcool
114	26.295	26.183	26.392	1792247	373086	0.28	Aromático
116	26.635	26.458	26.692	9022029	1743817	1.41	Aromático
117	26.728	26.692	26.817	3809143	982509	0.60	Aromático
118	26.939	26.817	27.008	6033183	1094934	0.95	Aromático
119	27.050	27.008	27.192	1296065	193957	0.20	Parafina
120	27.258	27.192	27.317	893398	192757	0.14	Parafina
121	27.392	27.317	27.492	2807120	647688	0.44	Aromático
123	27.721	27.625	27.808	695855	111237	0.11	Olefina
124	28.056	27.808	28.183	17737207	3120419	2.78	Aromático
126	28.370	28.275	28.483	3977458	957572	0.62	Parafina
127	28.519	28.483	28.775	770541	66300	0.12	Olefina
130	29.180	29.083	29.258	3960584	877870	0.62	Aromático
133	29.707	29.583	29.808	3054934	661901	0.48	Aromático
135	29.937	29.892	30.025	647481	120632	0.10	Acido
136	30.096	30.025	30.142	979443	238622	0.15	Aromático
137	30.209	30.142	30.292	2034132	484818	0.32	Aromático
138	30.433	30.292	30.517	4193450	787266	0.66	Olefina
139	30.606	30.517	30.675	781535	137210	0.12	Parafina

141	30.861	30.783	30.942	1359970	367563	0.21	Parafina
142	31.105	30.942	31.158	709004	126730	0.11	Alcool
143	31.222	31.158	31.275	1511148	333330	0.24	Aromático
144	31.313	31.275	31.408	1364426	378713	0.21	Aromático
145	31.545	31.408	31.617	3100910	696505	0.49	Aromático
146	31.698	31.617	31.775	1818483	426033	0.29	Aromático
148	32.142	32.058	32.250	2233311	576969	0.35	Parafina
149	32.345	32.250	32.433	668164	160656	0.10	Aromático
150	32.777	32.675	32.850	1554517	325729	0.24	Aromático
151	32.924	32.850	33.017	2153045	497616	0.34	Aromático
156	33.642	33.558	33.717	2895704	621824	0.45	Aromático
157	33.761	33.717	33.867	660566	111650	0.10	Olefina
158	33.946	33.867	33.992	1351941	269232	0.21	Aromático
159	34.075	33.992	34.225	6712451	819729	1.05	Aromático
160	34.279	34.225	34.367	1206551	239847	0.19	Aromático
161	34.487	34.367	34.625	1493352	176976	0.23	Aromático
164	35.290	35.108	35.400	6196364	881379	0.97	Olefina
165	35.432	35.400	35.508	892098	214581	0.14	Aromático
166	35.613	35.508	35.683	3116437	557395	0.49	Aromático
167	35.710	35.683	35.808	1187694	316224	0.19	Aromático
170	36.401	36.233	36.525	618790	85552	0.10	Aromático
172	36.960	36.908	37.042	647526	117919	0.10	Aromático
174	37.273	37.150	37.342	659230	121682	0.10	Ácido
175	37.493	37.342	37.567	1308773	245020	0.21	Aromático
179	38.001	37.925	38.075	936409	180353	0.15	Aromático
180	38.172	38.075	38.292	784932	103599	0.12	Alcool
183	38.925	38.792	39.017	929165	165095	0.15	Parafina
184	39.131	39.017	39.258	2542561	459185	0.40	Naftênico
185	39.721	39.642	39.833	680402	145081	0.11	Aromático

## Amostra 08 - GASOLINA ADITIVADA

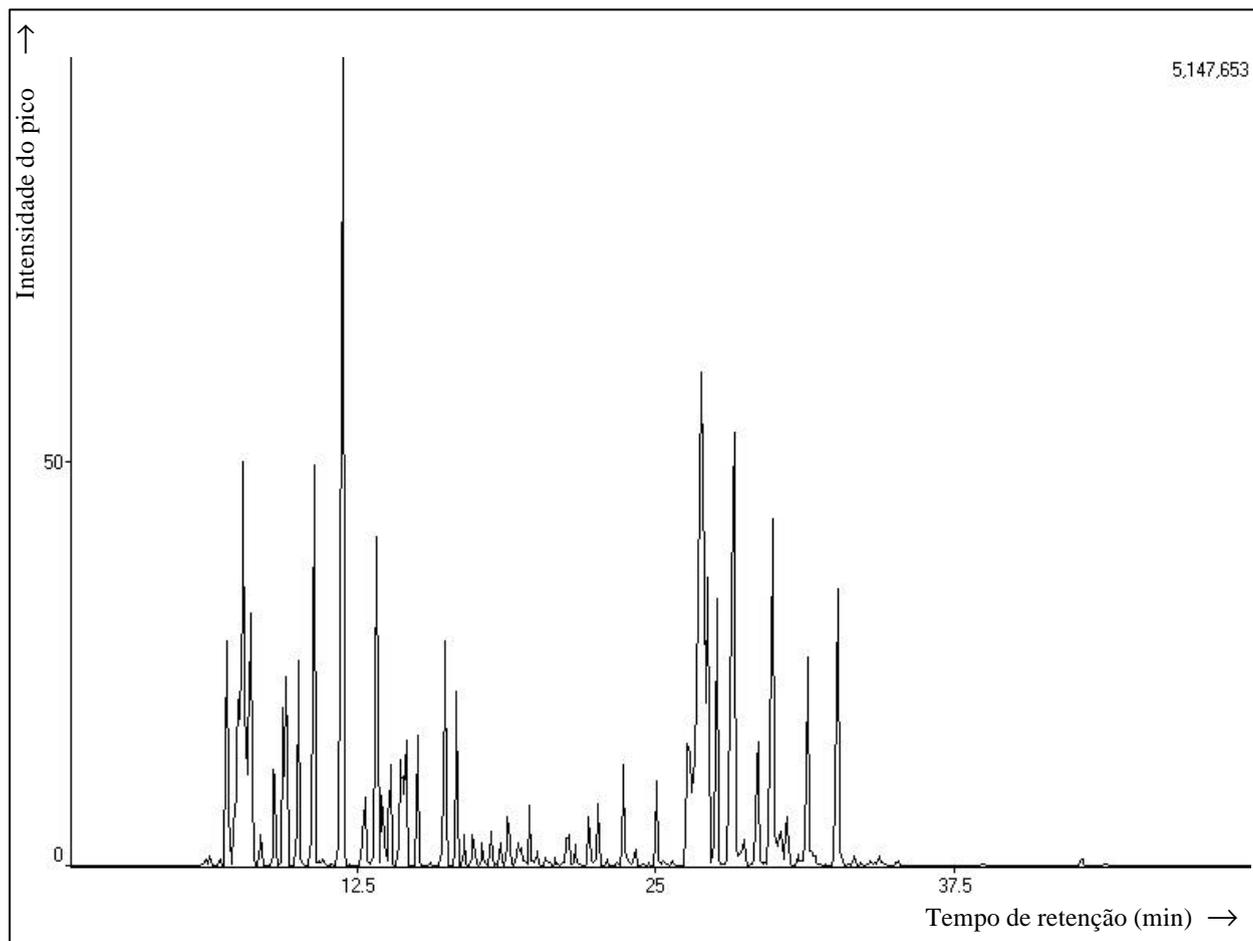


Figura 14 – Cromatograma da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 08 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 08 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada

Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa					IROX		
					Octanagem		IAD
Olefinas	Parafinas	Aromáticos	Oxigenados	Naftênicos	MON	RON	
16,35 %	38,48 %	42,09 %	1,82 %	-	84,8	99,0	91,9
% total: 98,74							

Tabela 13 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
4	7.042	6.867	7.200	6999067	1435727	1.90	Parafina
5	7.319	7.200	7.400	1281802	258892	0.35	Parafina
6	7.464	7.400	7.508	2908342	703549	0.79	Olefina
7	7.553	7.508	7.658	6089535	1055451	1.66	Alcool
8	7.731	7.658	7.858	12017135	2573130	3.27	Olefina
9	7.926	7.858	7.992	3535186	768263	0.96	Olefina
10	8.050	7.992	8.242	8469925	1609970	2.30	Olefina
11	8.469	8.375	8.600	1123332	201248	0.31	Olefina
12	9.031	8.942	9.225	3351399	615348	0.91	Olefina
13	9.400	9.225	9.475	6123483	1008622	1.66	Parafina
14	9.557	9.475	9.667	5621060	1199245	1.53	Parafina
15	10.038	9.925	10.142	6488991	1302549	1.76	Parafina
17	10.704	10.517	10.775	14353799	2548433	3.90	Parafina
21	11.934	11.667	12.025	44999874	5144123	12.23	Parafina
22	12.735	12.658	12.792	841299	200037	0.23	Olefina
23	12.858	12.792	12.958	1937059	433272	0.53	Olefina
24	13.311	13.142	13.400	11129887	2088727	3.03	Olefina
25	13.523	13.400	13.583	1788771	444838	0.49	Parafina
26	13.636	13.583	13.717	620997	203283	0.17	Parafina
27	13.828	13.717	13.867	1161912	318937	0.32	Parafina
28	13.929	13.867	14.050	2568507	649595	0.70	Parafina
29	14.306	14.200	14.367	2862583	678190	0.78	Olefina
30	14.437	14.367	14.500	2395703	569210	0.65	Olefina
31	14.567	14.500	14.642	2917956	802333	0.79	Olefina
32	15.048	14.908	15.108	3962878	827211	1.08	Parafina
35	16.213	15.992	16.333	9625565	1426931	2.62	Parafina
36	16.696	16.525	16.767	5781252	1109299	1.57	Parafina
37	17.016	16.950	17.092	695359	206345	0.19	Parafina
38	17.360	17.292	17.417	721012	204548	0.20	Olefina
40	17.762	17.683	17.842	543046	150437	0.15	Aromático
41	18.137	18.050	18.192	856368	218087	0.23	Parafina
43	18.519	18.442	18.575	608330	147814	0.17	Parafina
45	18.829	18.692	18.883	1345109	311286	0.37	Parafina
46	18.909	18.883	18.983	487952	165729	0.13	Olefina
47	19.258	19.142	19.325	776541	147398	0.21	Parafina
48	19.369	19.325	19.408	381284	99659	0.10	Parafina
49	19.437	19.408	19.517	362143	115851	0.10	Olefina
50	19.745	19.642	19.833	1671896	388658	0.45	Olefina
52	20.085	20.000	20.167	404043	99034	0.11	Parafina
56	21.283	21.192	21.350	679850	166067	0.18	Parafina
57	21.409	21.350	21.508	761139	194649	0.21	Olefina
58	21.647	21.567	21.717	499370	136792	0.14	Parafina
59	22.216	22.117	22.283	1299223	303486	0.35	Aromático
62	22.612	22.467	22.767	2500139	396348	0.68	Aromático
65	23.697	23.483	23.783	3544650	647573	0.96	Aromático
68	24.204	24.150	24.300	431833	105901	0.12	Parafina
69	25.075	24.950	25.208	2984115	541036	0.81	Aromático

70	26.374	26.208	26.575	11514586	774611	3.13	Aromático
71	26.956	26.575	27.008	43066133	3124286	11.71	Aromático
72	27.039	27.008	27.092	8640944	2490201	2.35	Aromático
73	27.202	27.092	27.275	10565934	1823143	2.87	Aromático
74	27.629	27.442	27.708	11210493	1692143	3.05	Aromático
75	28.327	27.975	28.400	29658724	2744475	8.06	Aromático
76	28.450	28.400	28.508	595120	115452	0.16	Alcool
77	28.603	28.508	28.642	473081	83187	0.13	Olefina
78	28.709	28.642	28.767	701518	163959	0.19	Aromático
80	29.319	29.125	29.483	6049758	775197	1.64	Aromático
81	29.968	29.675	30.058	20506361	2197579	5.57	Aromático
82	30.162	30.075	30.217	681297	140433	0.19	Aromático
83	30.284	30.217	30.375	1007561	214741	0.27	Aromático
84	30.524	30.375	30.633	2141379	312725	0.58	Olefina
86	31.432	31.225	31.508	9497937	1313504	2.58	Parafina
87	31.606	31.508	31.667	419373	77285	0.11	Aromático
89	32.689	32.458	32.842	13963158	1755209	3.80	Parafina

## Amostra 09 - GASOLINA ADITIVADA

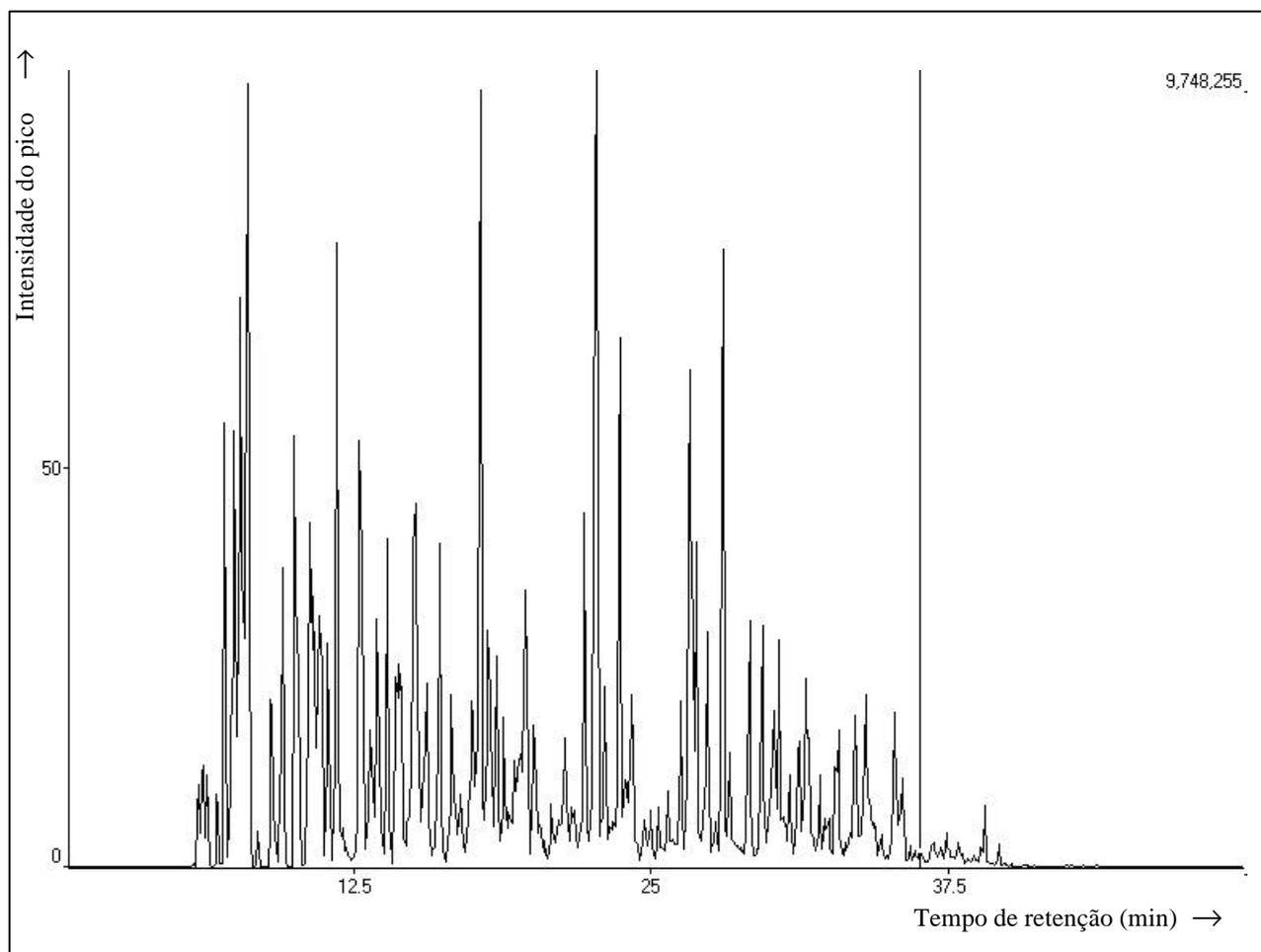


Figura 15 – Cromatograma da amostra 09 de gasolina tipo C aditivada

No quadro 09 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 09 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 09 de gasolina tipo C aditivada

<i>Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa</i>					<i>IROX</i>		
					<i>Octanagem</i>		<i>IAD</i>
<i>Olefinas</i>	<i>Parafinas</i>	<i>Aromáticos</i>	<i>Oxigenados</i>	<i>Naftênicos</i>	<i>MON</i>	<i>RON</i>	
36,24 %	32,02 %	33,54 %	4,17 %	0,34 %	85,0	99,0	92,0
% total: 97,31							

Tabela 14 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 09 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
2	5.987	5.875	6.117	5702771	998656	0.34	Olefina
3	6.173	6.117	6.275	5617983	1240035	0.34	Olefina
4	6.335	6.275	6.508	5058307	1134035	0.30	Olefina
5	6.762	6.675	6.908	3763364	897210	0.23	Olefina
6	7.050	6.908	7.250	31022269	5417252	1.86	Parafina
7	7.336	7.250	7.400	7586827	1626291	0.46	Olefina
8	7.474	7.400	7.650	35100276	5321056	2.11	Olefina
9	7.736	7.650	7.858	37988717	6939410	2.28	Olefina
10	7.929	7.858	7.983	17953505	3712009	1.08	Olefina
11	8.049	7.983	8.283	56357767	9532212	3.38	Olefina
12	8.457	8.283	8.617	2697120	429951	0.16	Olefina
13	9.031	8.917	9.275	15782069	2046127	0.95	Olefina
14	9.408	9.275	9.425	5675285	1219206	0.34	Olefina
15	9.520	9.425	9.717	22929731	3656823	1.38	Parafina
16	10.013	9.883	10.108	27763200	5255356	1.67	Parafina
17	10.183	10.108	10.350	14141615	2528321	0.85	Olefina
19	10.634	10.500	10.733	29883126	4205932	1.79	Parafina
20	10.799	10.733	10.858	19106431	3305347	1.15	Olefina
21	10.887	10.858	10.967	10058072	2480862	0.60	Olefina
22	11.047	10.967	11.117	14969508	3053260	0.90	Alcool
23	11.175	11.117	11.325	11784623	2464465	0.71	Olefina
24	11.423	11.325	11.550	13589963	2718984	0.82	Olefina
26	11.785	11.675	12.000	44878465	7599244	2.69	Parafina
27	12.070	12.000	12.167	2433402	471659	0.15	Olefina
31	12.730	12.608	12.792	29460379	5187267	1.77	Olefina
32	12.839	12.792	12.950	17169925	3747351	1.03	Olefina
34	13.122	13.050	13.167	3100904	658848	0.19	Olefina
35	13.229	13.167	13.308	8600641	1676200	0.52	Olefina
36	13.496	13.308	13.567	21053980	3022856	1.26	Parafina
37	13.615	13.567	13.733	5835440	1448092	0.35	Parafina
38	13.906	13.733	14.025	21702371	4000105	1.30	Parafina
40	14.278	14.158	14.333	11849688	2309884	0.71	Parafina
41	14.411	14.333	14.483	17213165	2470404	1.03	Olefina
42	14.528	14.483	14.633	10349786	2203535	0.62	Olefina
43	14.754	14.633	14.817	2791342	528406	0.17	Olefina
44	14.904	14.817	14.942	7119650	1305653	0.43	Parafina
45	15.021	14.942	15.067	20524003	3886404	1.23	Parafina
46	15.112	15.067	15.175	20642272	4434800	1.24	Olefina
47	15.207	15.175	15.275	7001997	2020251	0.42	Olefina
48	15.319	15.275	15.375	2240483	591375	0.13	Olefina
49	15.449	15.375	15.517	5391662	1175613	0.32	Olefina
50	15.594	15.517	15.750	11435679	2229154	0.69	Olefina
53	16.141	15.992	16.367	25883834	3942066	1.55	Parafina
55	16.519	16.450	16.558	1993558	478795	0.12	Parafina
56	16.632	16.558	16.758	11551553	2098989	0.69	Parafina
57	16.822	16.758	16.925	4510427	776678	0.27	Parafina
58	17.007	16.925	17.092	4433959	895316	0.27	Olefina

59	17.132	17.092	17.242	1859220	271417	0.11	Alcool
60	17.351	17.242	17.408	4557272	705938	0.27	Olefina
61	17.507	17.408	17.692	19633870	2022760	1.18	Olefina
62	17.849	17.692	17.917	67242489	9450949	4.04	Aromático
63	17.943	17.917	18.075	5099014	849994	0.31	Olefina
64	18.157	18.075	18.208	12216172	2886551	0.73	Parafina
65	18.242	18.208	18.333	8549110	2081290	0.51	Alcool
66	18.383	18.333	18.442	2310039	571064	0.14	Olefina
67	18.530	18.442	18.717	15563580	2559392	0.93	Parafina
68	18.829	18.717	18.883	8299576	1833915	0.50	Parafina
69	18.906	18.883	18.958	2043811	679516	0.12	Parafina
70	19.016	18.958	19.075	3250098	664003	0.20	Olefina
71	19.115	19.075	19.158	2329414	545773	0.14	Olefina
72	19.265	19.158	19.317	7628420	1301121	0.46	Olefina
73	19.365	19.317	19.408	4467835	921005	0.27	Olefina
74	19.461	19.408	19.533	7863884	1306043	0.47	Olefina
75	19.583	19.533	19.642	6799054	1408155	0.41	Olefina
76	19.741	19.642	19.825	17134472	3376684	1.03	Olefina
77	19.875	19.825	19.950	4889949	1232322	0.29	Olefina
79	20.087	19.992	20.125	7863117	1716703	0.47	Olefina
80	20.142	20.125	20.217	4271313	1450409	0.26	Olefina
81	20.281	20.217	20.333	2234594	522758	0.13	Olefina
82	20.386	20.333	20.483	2240998	482526	0.13	Olefina
83	20.563	20.483	20.642	1613239	314263	0.10	Olefina
84	20.667	20.642	20.708	360357	108844	0.02	Olefina
85	20.836	20.708	20.950	4273350	761862	0.26	Olefina
87	21.122	21.058	21.167	2531481	575244	0.15	Parafina
88	21.208	21.167	21.233	1819920	495712	0.11	Olefina
89	21.268	21.233	21.325	2305654	541182	0.14	Parafina
90	21.414	21.325	21.567	10633648	1569615	0.64	Alcool
91	21.645	21.567	21.717	4044844	726120	0.24	Parafina
92	21.801	21.717	21.875	4777054	683885	0.29	Olefina
93	21.900	21.875	21.983	1744960	374671	0.10	Olefina
94	22.083	21.983	22.117	3047402	553092	0.18	Alcool
95	22.235	22.117	22.317	24581149	4316387	1.48	Aromático
96	22.361	22.317	22.450	2963045	503956	0.18	Acido
97	22.710	22.450	22.808	90925834	9740474	5.46	Aromático
99	22.891	22.858	22.950	2206629	510152	0.13	Alcool
100	23.056	22.950	23.150	11302910	2188252	0.68	Parafina
101	23.303	23.150	23.367	4681078	484605	0.28	Olefina
102	23.423	23.367	23.483	2756388	550327	0.17	Olefina
103	23.550	23.483	23.558	1717549	489145	0.10	Olefina
104	23.712	23.558	23.858	43299076	6443494	2.60	Aromático
105	23.918	23.858	23.967	5205203	1064336	0.31	Olefina
106	23.998	23.967	24.058	4386620	994817	0.26	Olefina
107	24.099	24.058	24.158	3781478	777353	0.23	Parafina
108	24.219	24.158	24.275	8019336	2086660	0.48	Parafina
109	24.317	24.275	24.375	2311198	617923	0.14	Olefina
112	24.723	24.583	24.825	4493405	567617	0.27	Olefina
114	25.026	24.950	25.183	3951651	677223	0.24	Acido
115	25.330	25.183	25.475	5360073	726307	0.32	Alcool
118	25.740	25.625	25.842	6678438	915064	0.40	Alcool
119	25.911	25.842	25.967	2200868	334483	0.13	Parafina
122	26.299	26.192	26.408	10977695	2014381	0.66	Aromático

124	26.649	26.483	26.708	40979725	6046342	2.46	Aromático
125	26.740	26.708	26.825	15035605	3933150	0.90	Aromático
126	26.946	26.825	27.033	22411946	3957396	1.35	Aromático
127	27.077	27.033	27.192	3053760	385496	0.18	Olefina
128	27.266	27.192	27.317	4221311	824497	0.25	Parafina
129	27.396	27.317	27.492	13589097	2858777	0.82	Aromático
131	27.738	27.617	27.833	3944312	556296	0.24	Olefina
132	28.073	27.833	28.275	58771383	7522117	3.53	Aromático
134	28.359	28.275	28.417	5945259	1386875	0.36	Parafina
137	28.692	28.567	28.783	2678887	243427	0.16	Alcool
139	29.035	28.900	29.075	2946000	487900	0.18	Aromático
140	29.178	29.075	29.258	14957526	2995101	0.90	Aromático
141	29.305	29.258	29.383	1730713	378066	0.10	Olefina
142	29.528	29.383	29.592	1972734	267874	0.12	Olefina
143	29.709	29.592	29.842	15828225	2934443	0.95	Aromático
144	29.949	29.842	30.025	3776825	518261	0.23	Ácido
145	30.092	30.025	30.142	4528990	962746	0.27	Aromático
146	30.206	30.142	30.292	8528732	1899264	0.51	Aromático
147	30.433	30.292	30.533	17043030	2756557	1.02	Olefina
148	30.612	30.533	30.675	3486150	613431	0.21	Parafina
149	30.727	30.675	30.792	2185613	445475	0.13	Olefina
150	30.862	30.792	30.958	4924045	1105675	0.30	Aromático
152	31.113	31.033	31.158	2807759	602924	0.17	Alcool
153	31.222	31.158	31.267	6847821	1390208	0.41	Aromático
154	31.307	31.267	31.408	6869347	1519720	0.41	Aromático
155	31.542	31.408	31.617	12403739	2279545	0.74	Aromático
156	31.696	31.617	31.775	8294285	1558755	0.50	Aromático
157	31.817	31.775	31.850	1668247	403268	0.10	Olefina
158	31.869	31.850	31.967	1884871	343460	0.11	Olefina
161	32.130	32.058	32.275	6038196	1122275	0.36	Parafina
162	32.338	32.275	32.442	3422490	586449	0.21	Aromático
163	32.509	32.442	32.650	3576030	581550	0.21	Parafina
164	32.768	32.650	32.842	6457448	1203402	0.39	Aromático
165	32.914	32.842	33.008	7757924	1664758	0.47	Aromático
167	33.198	33.108	33.292	1763665	298855	0.11	Aromático
168	33.380	33.292	33.450	2215708	403470	0.13	Aromático
169	33.504	33.450	33.550	1756732	414459	0.11	Aromático
170	33.631	33.550	33.708	9111127	1833726	0.55	Aromático
171	33.754	33.708	33.850	2311569	384862	0.14	Olefina
172	33.932	33.850	33.975	4278794	840654	0.26	Aromático
173	34.059	33.975	34.208	17415712	2088886	1.05	Aromático
174	34.277	34.208	34.375	3984298	725508	0.24	Aromático
175	34.446	34.375	34.600	4543006	529475	0.27	Aromático
177	34.740	34.700	34.817	1674804	377800	0.10	Aromático
179	35.272	35.042	35.383	14616179	1875462	0.88	Olefina
180	35.417	35.383	35.500	2546280	544483	0.15	Aromático
181	35.599	35.500	35.658	6227735	1070835	0.37	Aromático
182	35.695	35.658	35.800	3154191	678977	0.19	Aromático
188	36.369	36.292	36.500	1599962	206059	0.10	Aromático
190	36.833	36.617	36.892	1932751	251364	0.12	Aromático
191	36.943	36.892	37.042	1658271	278728	0.10	Aromático
194	37.467	37.333	37.550	2552883	405482	0.15	Aromático
198	37.983	37.917	38.067	1599702	287319	0.10	Naftênico
205	39.097	38.992	39.225	3974025	732385	0.24	Naftênico

## Amostra 10 - GASOLINA ADITIVADA

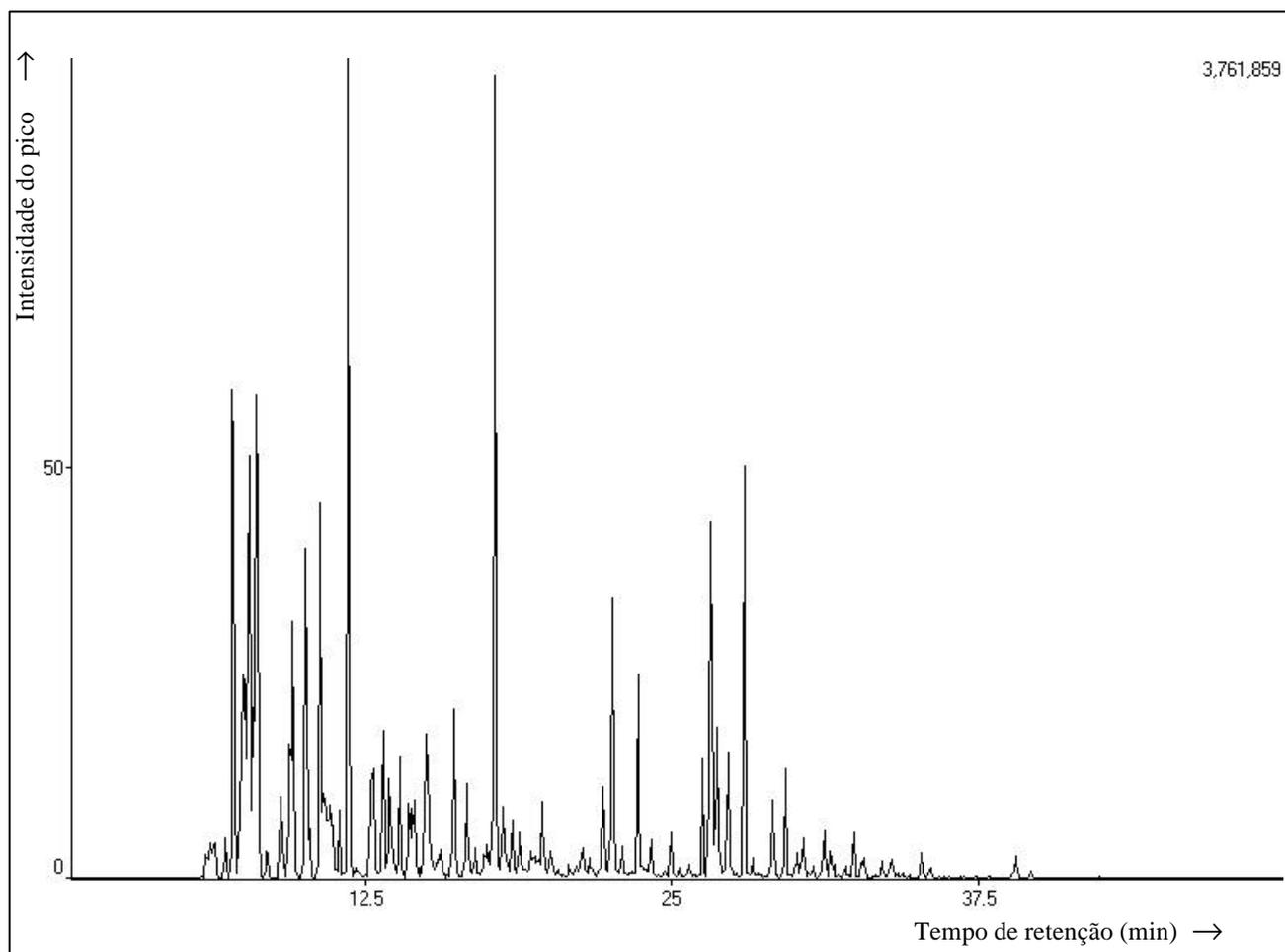


Figura 16 – Cromatograma da amostra 10 de gasolina tipo C aditivada C

No quadro 10 se encontram especificadas as concentrações totais das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, bem como os respectivos valores de octanagem e IAD:

Quadro 10 – Relação dos percentuais das classes de compostos e valores de octanagem da amostra 10 de gasolina tipo C aditivada

<i>Concentração percentual das classes de substâncias obtidas via cromatografia a gás com espectrometria de massa</i>					<i>IROX</i>		
					<i>Octanagem</i>		<i>IAD</i>
<i>Olefinas</i>	<i>Parafinas</i>	<i>Aromáticos</i>	<i>Oxigenados</i>	<i>Naftênicos</i>	<i>MON</i>	<i>RON</i>	
26,29 %	38,17 %	30,80 %	3,60 %	0,22 %	84,2	98,4	91,3
% total: 99,08							

Tabela 15 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 10 de gasolina tipo C aditivada :

Número do pico	Tempo de retenção	Tempo inicial	Tempo final	Área	Altura	%Total	Classe de composto
1	6.026	5.950	6.067	440678	109914	0.21	Olefina
2	6.111	6.067	6.158	364008	86712	0.17	Parafina
3	6.209	6.158	6.308	762738	161182	0.36	Olefina
4	6.372	6.308	6.492	704814	158052	0.33	Olefina
5	6.801	6.725	6.933	775022	185468	0.36	Olefina
6	7.092	6.933	7.267	11375467	2233342	5.34	Parafina
7	7.374	7.267	7.450	1391765	282720	0.65	Parafina
8	7.517	7.450	7.567	4437406	934550	2.08	Olefina
9	7.606	7.567	7.700	4544983	902519	2.13	Álcool
10	7.775	7.700	7.900	9451446	1924568	4.44	Olefina
11	7.966	7.900	8.025	3579062	778044	1.68	Olefina
12	8.088	8.025	8.275	11074075	2204979	5.20	Olefina
13	8.498	8.400	8.617	699670	121911	0.33	Álcool
14	9.058	8.967	9.158	1973781	370056	0.93	Olefina
15	9.183	9.158	9.283	279636	78753	0.13	Olefina
16	9.418	9.283	9.483	3242250	612766	1.52	Parafina
17	9.545	9.483	9.717	5448505	1174288	2.56	Parafina
18	10.039	9.933	10.133	6633188	1505261	3.11	Parafina
19	10.204	10.133	10.333	1534075	309217	0.72	Olefina
20	10.653	10.533	10.758	8217415	1713345	3.86	Parafina
21	10.818	10.758	10.867	1701807	385608	0.80	Olefina
22	10.906	10.867	10.992	1273589	310208	0.60	Olefina
23	11.065	10.992	11.133	1432839	330580	0.67	Álcool
24	11.194	11.133	11.308	1043309	238472	0.49	Olefina
25	11.439	11.308	11.558	1341660	307704	0.63	Parafina
27	11.814	11.700	12.000	16999389	3754745	7.98	Parafina
28	12.736	12.650	12.792	1815093	423733	0.85	Olefina
29	12.850	12.792	12.958	2233260	492445	1.05	Olefina
31	13.250	13.175	13.358	2885740	670359	1.35	Parafina
32	13.497	13.358	13.575	2041522	450030	0.96	Parafina
33	13.622	13.575	13.717	663226	185385	0.31	Parafina
34	13.904	13.758	14.025	2452378	545188	1.15	Parafina
35	14.283	14.200	14.342	1384485	336767	0.65	Olefina
36	14.418	14.342	14.483	1618472	315320	0.76	Olefina
37	14.540	14.483	14.650	1429081	351395	0.67	Olefina
39	14.892	14.817	14.933	358971	88192	0.17	Parafina
40	15.003	14.933	15.058	2580268	660792	1.21	Parafina
41	15.100	15.058	15.175	1337321	296083	0.63	Olefina
42	15.198	15.175	15.283	340752	99011	0.16	Olefina
44	15.448	15.375	15.517	336639	85798	0.16	Olefina
45	15.596	15.517	15.742	664925	129972	0.31	Olefina
46	16.141	15.992	16.308	3858583	766747	1.81	Parafina
48	16.635	16.558	16.742	1692268	426265	0.79	Olefina
50	17.009	16.883	17.092	425167	123580	0.20	Parafina
51	17.360	17.267	17.425	474229	101121	0.22	Olefina
52	17.493	17.425	17.567	782848	147899	0.37	Olefina
53	17.650	17.567	17.683	298924	36869	0.14	Parafina

54	17.818	17.683	17.892	17507966	3657847	8.22	Aromático
55	17.915	17.892	17.975	272451	66117	0.13	Olefina
57	18.138	18.058	18.192	1146158	323694	0.54	Parafina
58	18.224	18.192	18.317	551298	134631	0.26	Olefina
60	18.511	18.442	18.608	1132599	263372	0.53	Parafina
62	18.813	18.692	18.867	853980	211332	0.40	Parafina
63	18.902	18.867	18.967	268017	80522	0.13	Parafina
64	19.008	18.967	19.183	293557	31417	0.14	Olefina
65	19.255	19.183	19.317	547056	117070	0.26	Alcool
66	19.367	19.317	19.400	310269	79235	0.15	Parafina
67	19.446	19.400	19.492	403517	95627	0.19	Olefina
68	19.578	19.492	19.625	400239	78103	0.19	Olefina
69	19.715	19.625	19.825	1559731	346106	0.73	Parafina
71	20.078	19.908	20.208	754238	119374	0.35	Parafina
73	20.834	20.783	20.933	219587	58182	0.10	Alcool
77	21.409	21.325	21.517	652867	132527	0.31	Parafina
78	21.644	21.517	21.725	325496	85815	0.15	Parafina
79	22.197	22.100	22.275	1551531	396488	0.73	Aromático
81	22.598	22.367	22.775	7588397	1265649	3.56	Aromático
82	23.022	22.950	23.108	541676	137528	0.25	Parafina
84	23.645	23.558	23.767	3619659	900638	1.70	Aromático
85	24.195	24.133	24.258	498165	155502	0.23	Parafina
86	25.019	24.950	25.125	841037	209873	0.39	Aromático
88	25.723	25.650	25.817	243561	51459	0.11	Parafina
89	26.287	26.192	26.375	2142746	538298	1.01	Aromático
90	26.599	26.375	26.658	7633378	1614913	3.58	Aromático
91	26.698	26.658	26.792	3528812	993921	1.66	Aromático
92	26.900	26.792	27.000	2842226	673309	1.33	Aromático
93	27.231	27.175	27.275	241978	64328	0.11	Acido
94	27.364	27.275	27.442	2341064	564242	1.10	Aromático
95	27.997	27.858	28.100	8289319	1865757	3.89	Aromático
96	28.323	28.267	28.400	230966	79213	0.11	Parafina
97	29.134	29.058	29.225	1428908	348957	0.67	Aromático
98	29.673	29.592	29.775	2106421	496213	0.99	Aromático
99	30.077	30.008	30.125	222932	57547	0.10	Aromático
100	30.172	30.125	30.267	430316	117209	0.20	Aromático
101	30.394	30.267	30.492	911974	182446	0.43	Olefina
103	31.252	31.125	31.342	1202733	215290	0.56	Parafina
104	31.491	31.400	31.567	546497	124205	0.26	Aromático
108	32.494	32.417	32.592	860581	208914	0.40	Parafina
109	32.744	32.675	32.808	271847	68632	0.13	Aromático
110	32.873	32.808	32.958	370998	90348	0.17	Aromático
111	33.596	33.525	33.675	300325	73831	0.14	Aromático
112	34.003	33.950	34.050	227180	68460	0.11	Aromático
114	35.232	35.142	35.333	521381	107470	0.24	Aromático
115	35.591	35.508	35.650	207704	41419	0.10	Parafina
116	39.073	39.000	39.183	461336	99963	0.22	Naftênico

## 4.2. Obtenção de parâmetros analíticos para o óleo diesel

Com relação às análises de dados referentes aos ensaios com óleo diesel automotivo comercial, foi elaborado um algoritmo de cálculo, de acordo com o modelo matemático proposto pela Norma ASTM D 4737, a partir do qual desenvolveu-se o programa AFFRO, em Plataforma Delphi, para estimativa do índice de cetano.

### 4.2.1. Algoritmo

#### *Especificação do problema*

Determinação do Índice de Cetano para Óleo Diesel Automotivo Comercial

#### *Definição das variáveis*

CCI, D, T<sub>10</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>90</sub>, D<sub>N</sub>, T<sub>10N</sub>, T<sub>50N</sub>, T<sub>90N</sub>

Dados de saída:

CCI = Índice de Cetano

Dados de entrada:

D = Densidade do óleo diesel a 15°C

T<sub>10</sub> = Temperatura referente a 10% de evaporados do processo de destilação

T<sub>50</sub> = Temperatura referente a 50% de evaporados do processo de destilação

T<sub>90</sub> = Temperatura referente a 90% de evaporados do processo de destilação

#### *Processamento*

Leia (D, T<sub>10</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>90</sub>);

---


$$D_N \leftarrow D - 0.85$$

$$T_{10N} \leftarrow T_{10} - 215$$

$$T_{50N} \leftarrow T_{50} - 260$$

$$T_{90N} \leftarrow T_{90} - 310$$

$$CCI \leftarrow 45.2 + (0.0892 * T_{10N}) + (0.131 + 0.901 * B) * T_{50N} + (0.0523 - 0.420 * B) * T_{90N} + (0.00049) * [(T_{10N})^2 - (T_{90N})^2] + (107 * B + 60 * B^2);$$


---

Escreva (CCI);

## V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

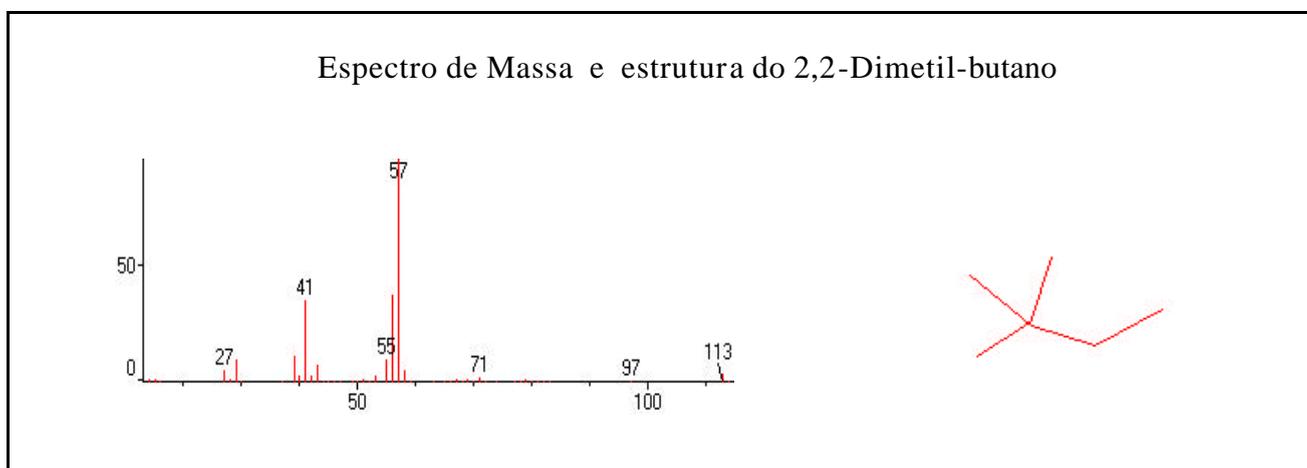
Os espectros de massa relativos às amostras de gasolina aditivada analisadas permitem observar que, acima de 1 % de concentração, são encontrados hidrocarbonetos na faixa de  $C_5$  a  $C_{10+}$ , sendo verificado ainda, em algumas amostras, a presença de  $C_{10}$  – representados pelo naftaleno. Quanto aos compostos aromáticos, destacam-se nas faixas de:  $C_6$  – benzeno,  $C_7$  – tolueno,  $C_8$  – meta-xileno e etil-benzeno, e  $C_9$  – trimetilbenzenos e metil-etil-benzeno (Vide item 5.1).

As fórmulas gerais obtidas através das correlações para determinação da octanagem e índice antidetonante via GC/MS, apresentaram erro percentual médio de 0,55%; 0,49% e 0,47%, respectivamente, mostrando que a aplicação do método proposto é viável (Vide item 5.2).

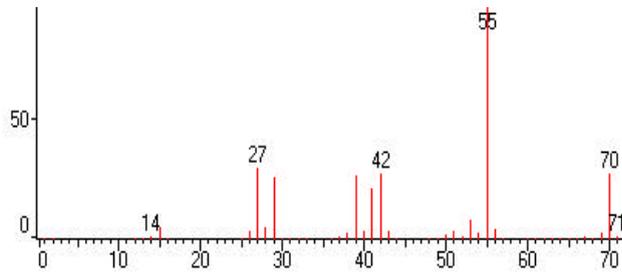
O software desenvolvido em plataforma Java tornou possível otimizar a técnica analítica proposta para determinação da octanagem via GC/MS. Através das ferramentas disponíveis no programa tem sido possível estudar detalhadamente a influencia das classes de compostos, individualmente ou em conjunto, sobre poder antidetonante do combustível (Vide item 5.3).

Os resultados obtidos para a composição da gasolina tipo C aditivada via cromatografia a gás com espectrometria de massa, em correlação com a octanagem determinada no infravermelho, indicam que a gasolina na qual a concentração total de olefinas é superior ao percentual de parafinas e aromáticos apresentam uma octanagem inferior. Por outro lado, o aumento do número de aromáticos tem influenciado diretamente no poder antidetonante do combustível.

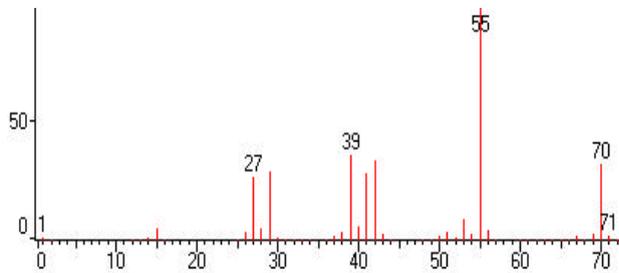
### 5.1. Espectros de Massa das principais substâncias detectadas na gasolina (concentrações superiores a 1 %)



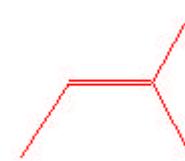
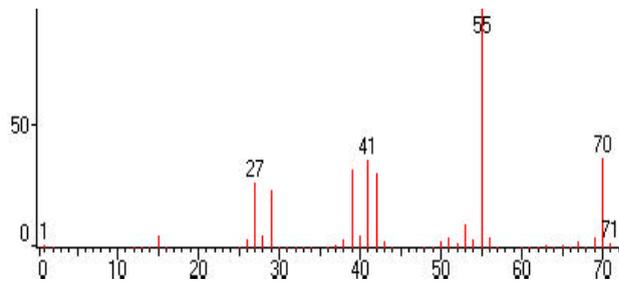
## Espectro de Massa e estrutura do 3-metil-buteno



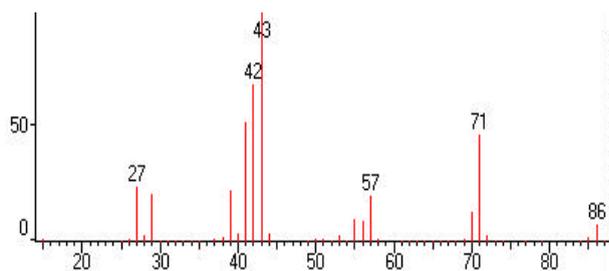
## Espectro de Massa e estrutura do 2-metil-1-buteno



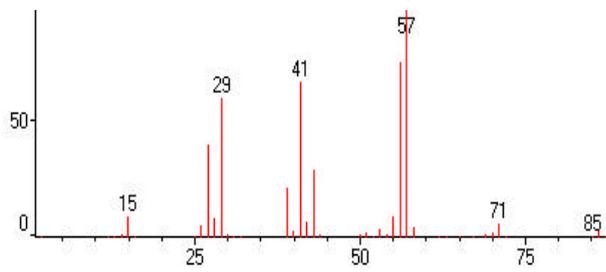
## Espectro de Massa e estrutura do 2-metil-2-buteno



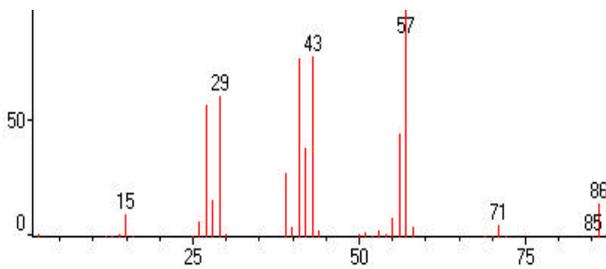
## Espectro de Massa e estrutura do 2-metil-pentano



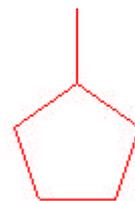
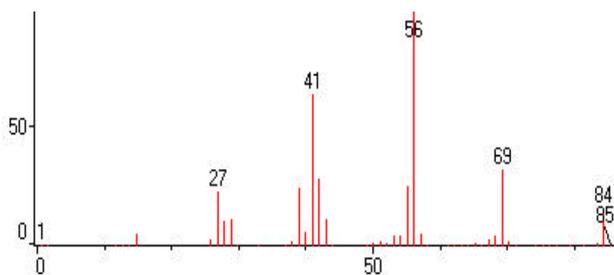
## Espectro de Massa e estrutura do 3-metil-pentano



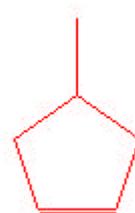
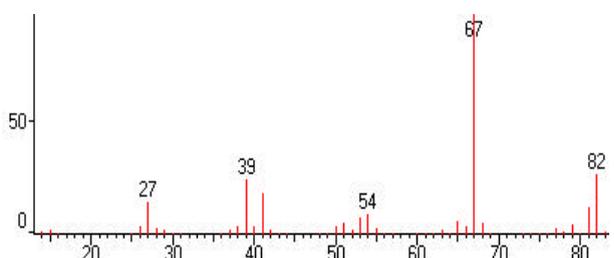
## Espectro de Massa e estrutura do Hexano



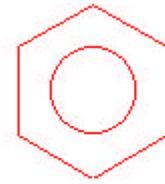
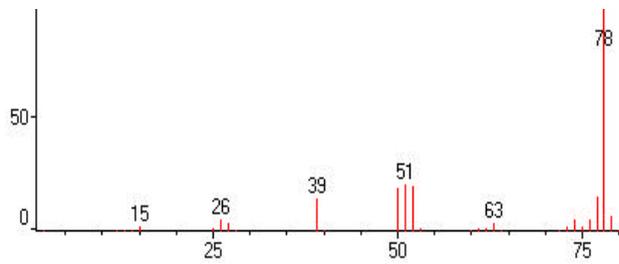
## Espectro de Massa e estrutura do Metil-ciclopentano



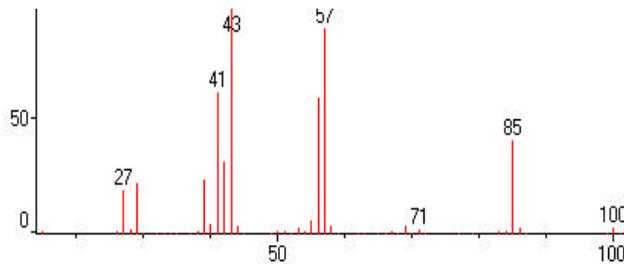
## Espectro de Massa e estrutura do 4-metil-ciclopentano



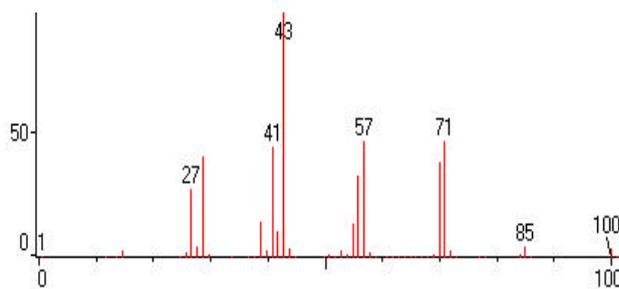
## Espectro de massa e estrutura do Benzeno



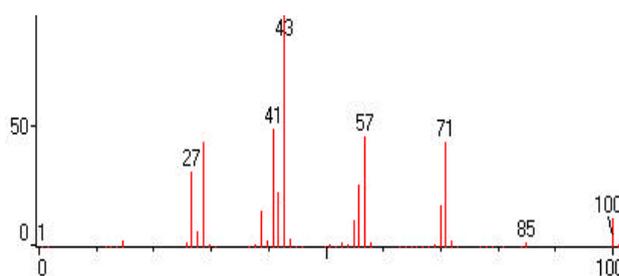
## Espectro de massa e estrutura do 2,4-dimetil-pentano



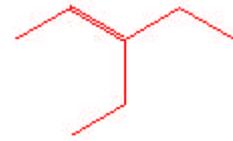
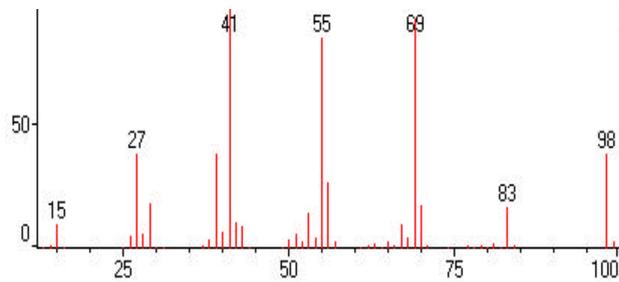
## Espectro de massa e estrutura do 3-metil-hexano



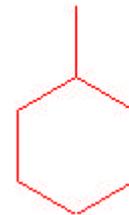
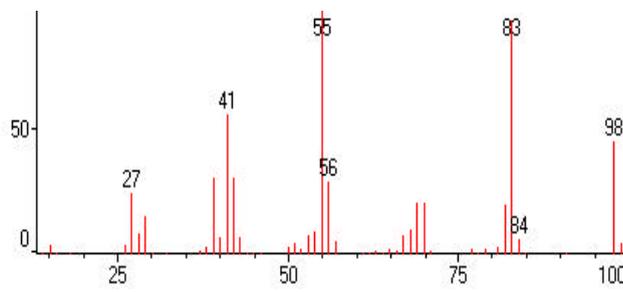
## Espectro de massa e estrutura do Heptano



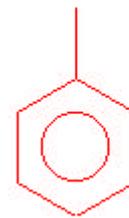
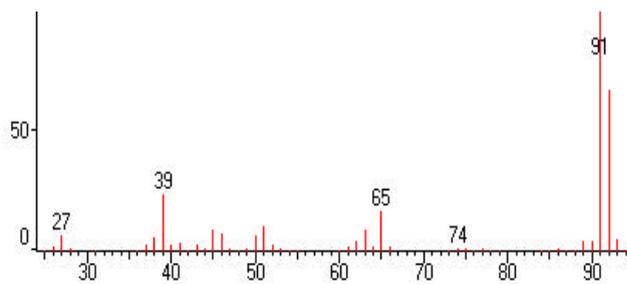
## Espectro de massa e estrutura do 3-etil-2-penteno



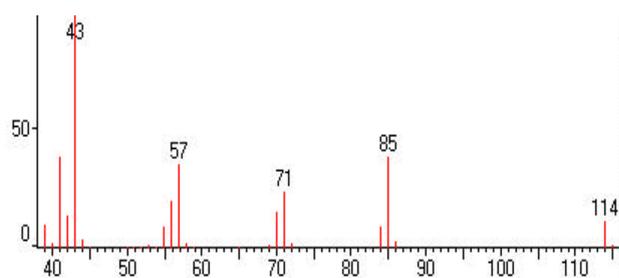
## Espectro de massa e estrutura do Metil-ciclohexano



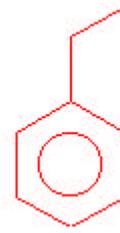
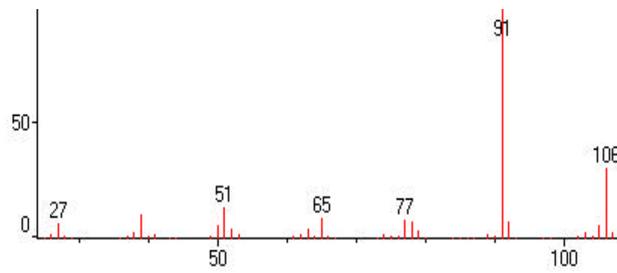
## Espectro de massa e estrutura do Tolueno



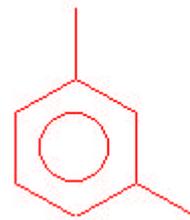
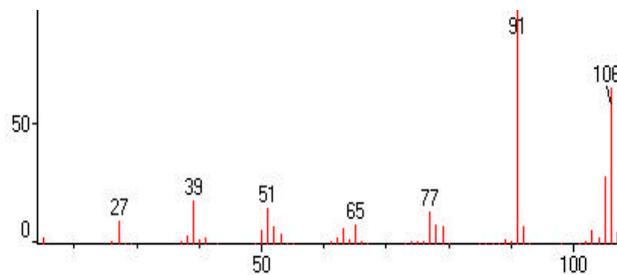
## Espectro de Massa e estrutura do Octano



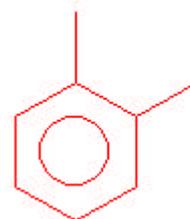
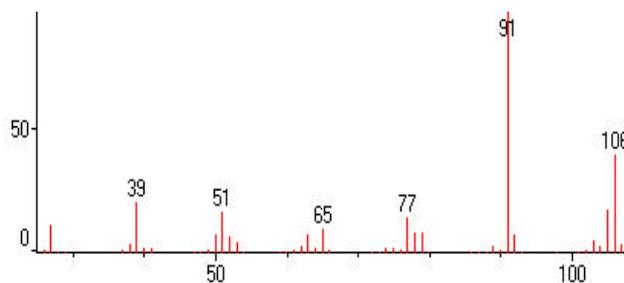
## Espectro de massa e estrutura do Etilbenzeno



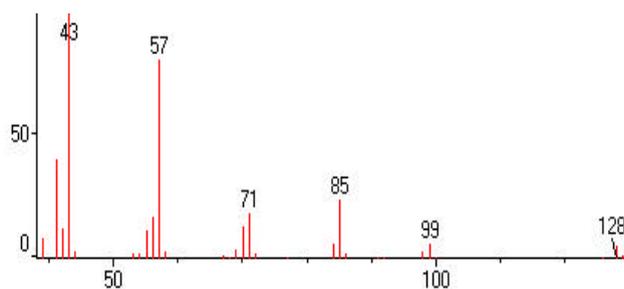
## Espectro de massa e estrutura do m-xileno



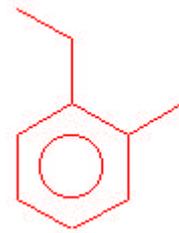
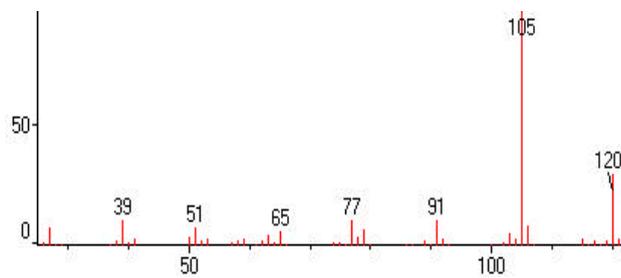
## Espectro de massa e estrutura do o-xileno



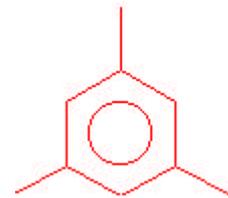
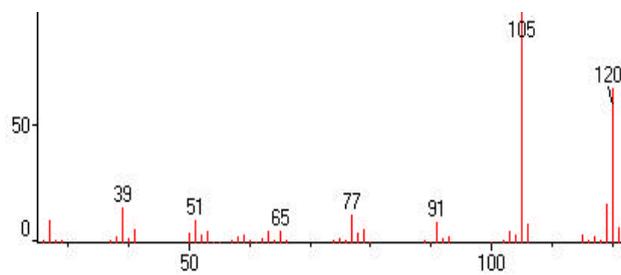
## Espectro de massa e estrutura do Nonano



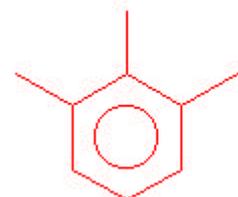
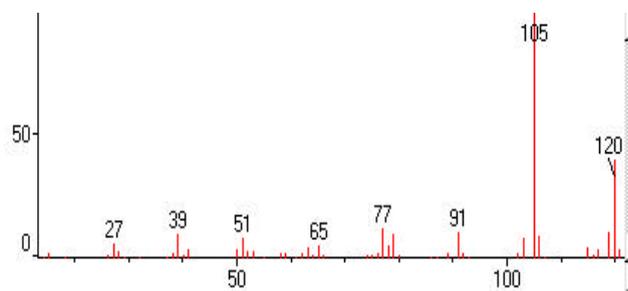
## Espectro de massa e estrutura do 1-etil-2-metil-benzeno



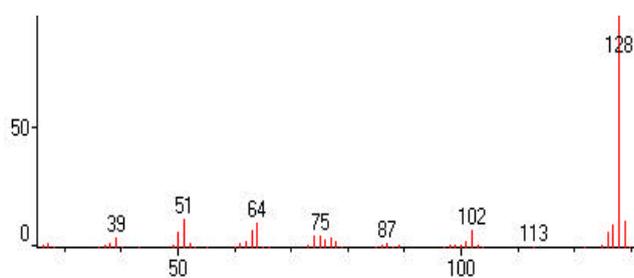
## Espectro de massa e estrutura do 1,3,5 trimetilbenzeno



## Espectro de massa e estrutura do 1,2,3 trimetilbenzeno



## Espectro de massa e estrutura do Naftaleno



5.2. Correlação de valores de MON, RON e IAD obtidos via GC/MS e Infraverme lho

5.2.1. Determinação do Número Octano Motor (MON) via GC/MS

Tabela 16- Valores de MON obtidos por infravermelho e percentual das classes compostos obtidos via GC/MS

DADOS					
MON-IROX	%olefina-GC	%naftênico-GC	%oxigenado-GC	%aromático-GC	%parafina-GC
84,30	27,18	0,47	5,80	30,88	33,28
84,20	46,11	0,11	2,85	17,10	31,20
83,70	47,54	0	2,81	23,15	23,34
82,90	42,36	0,23	3,33	21,39	29,23
83,50	40,63	0	2,75	23,88	31,03
84,00	32,08	0	0,95	19,47	47,10
82,60	36,80	0,40	4,38	26,75	28,63
84,80	16,35	0	1,82	42,09	38,48
84,20	26,29	0,22	3,60	30,18	38,17
85,00	36,24	0,34	4,17	33,54	32,02

✦ Fórmula parcial para determinação do MON via GC/MS =  
 $(MON)_O = (81,12445 + (0,457 O) + (-0,01895 O^2) + (2,13961 \times 0,0001 O^3))$

Onde: O = % Olefinas

Tabela 17 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

AMOSTRA	MON	MON-CG/MS	% Erro
1	84,30	83,84	0,54
2	84,20	82,88	1,56
3	83,70	83,01	0,82
4	82,90	82,74	0,19
5	83,50	82,76	0,89
6	84,00	83,35	0,78
7	82,60	82,94	0,41
8	84,80	84,47	0,39
9	84,20	83,93	0,32
10	85,00	82,98	2,37
Erro médio (%) =			0,83

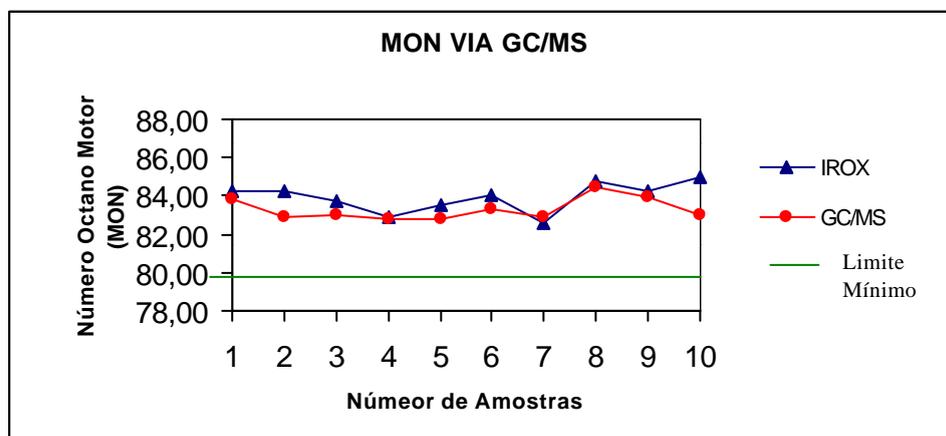


Gráfico 01 – Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

- ✦ Fórmula parcial para determinação do MON via GC/MS =  
 $(MON)_N = [84,00531 + (2,40709 N) + (-22,25077 N^2) + (36,56749 N^3)]$

Onde: N = % Naftênicos

Tabela 18 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

AMOSTRA	MON	MON-CG/MS	% Erro
1	84,30	84,02	0,33
2	84,20	84,05	0,18
3	83,70	84,01	0,36
4	82,90	83,83	1,12
5	83,50	84,01	0,61
6	84,00	84,01	0,01
7	82,60	83,75	1,39
8	84,80	84,01	0,94
9	84,20	83,85	0,42
10	85,00	83,69	1,54
Erro médio (%) =			0,69

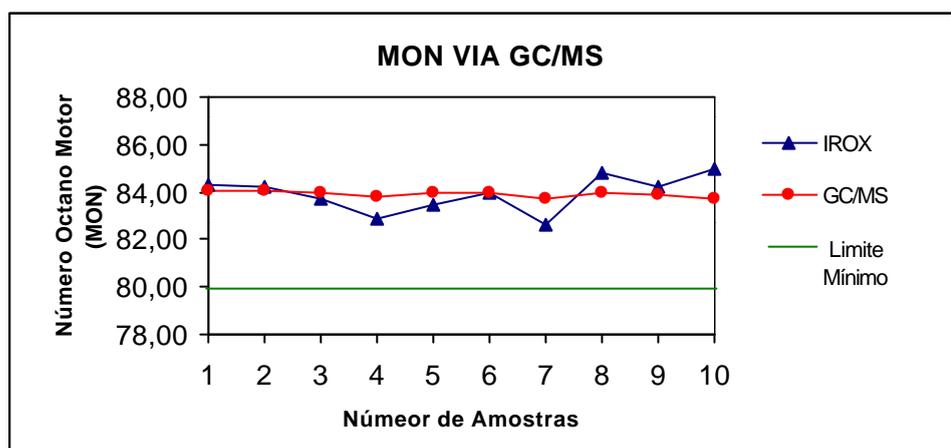


Gráfico 02 – Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

- ✦ Fórmula parcial para determinação do MON via GC/MS =  
 $(MON)_X = [83,63756 + (0,95563 X) + (-0,45059 X^2) + (0,05274 X^3)]$

Onde: X = % Oxigenados

Tabela 19 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados

AMOSTRA	MON	MON-CG/MS	% Erro
1	84,30	84,31	0,01
2	84,20	83,92	0,33
3	83,70	83,94	0,28
4	82,90	83,77	1,05
5	83,50	83,95	0,54
6	84,00	84,18	0,22
7	82,60	83,61	1,22
8	84,80	84,20	0,70
9	84,20	83,70	0,60
10	85,00	83,61	1,63
Erro médio (%) =			0,66

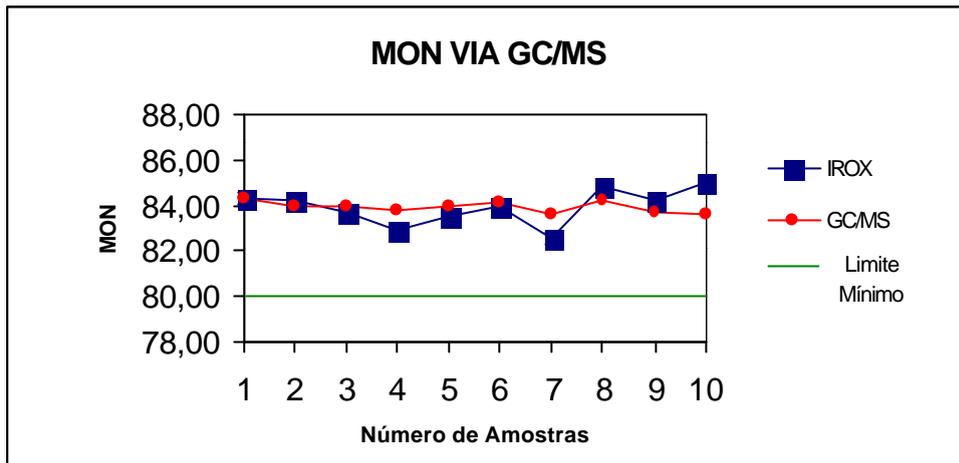


Gráfico 03 – Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados

✦ Fórmula parcial para determinação do MON via GC/MS =  $(MON)_A = [112,00216 + (-3,11777 A) + (0,10803 A^2) + (-0,00117 A^3)]$

Onde: A = % Aromáticos

Tabela 20 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos

AMOSTRA	MON	MON-CG/MS	% Erro
1	84,30	84,29	0,01
2	84,20	84,43	0,27
3	83,70	83,21	0,59
4	82,90	83,29	0,47
5	83,50	83,22	0,33
6	84,00	83,62	0,46
7	82,60	83,51	1,10
8	84,80	84,92	0,14
9	84,20	84,14	0,07
10	85,00	84,81	0,22
Erro médio =			0,37

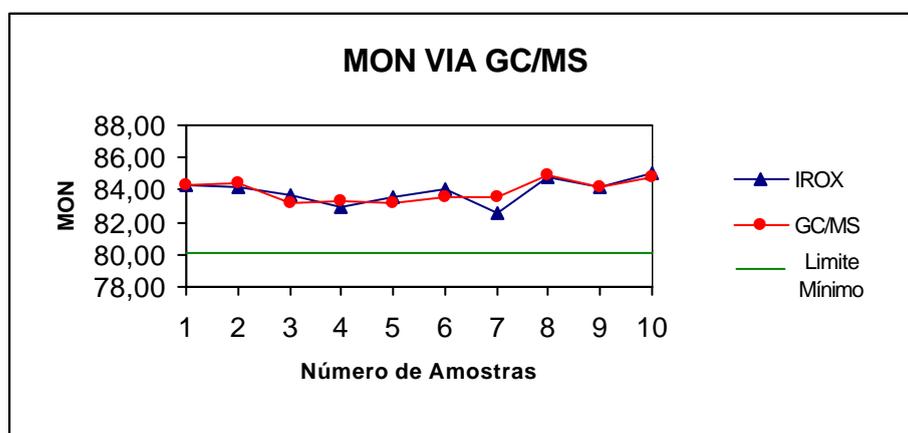


Gráfico 04 – Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos

- ✦ Fórmula parcial para determinação do MON via GC/MS =  
 $(MON)_P = [141,40725 + (-5,29433 P) + (0,15658 P^2) + (-0,00149 P^3)]$   
 Onde: P = % Parafinas

Tabela 21 - Valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

AMOSTRA	MON	MON-CG/MS	% Erro
1	84,30	83,71	0,70
2	84,20	83,39	0,96
3	83,70	84,19	0,64
4	82,90	83,22	0,39
5	83,50	83,37	0,15
6	84,00	83,72	0,34
7	82,60	83,21	0,74
8	84,80	84,63	0,20
9	84,20	84,59	0,46
10	85,00	84,33	0,79
Erro médio =			0,54

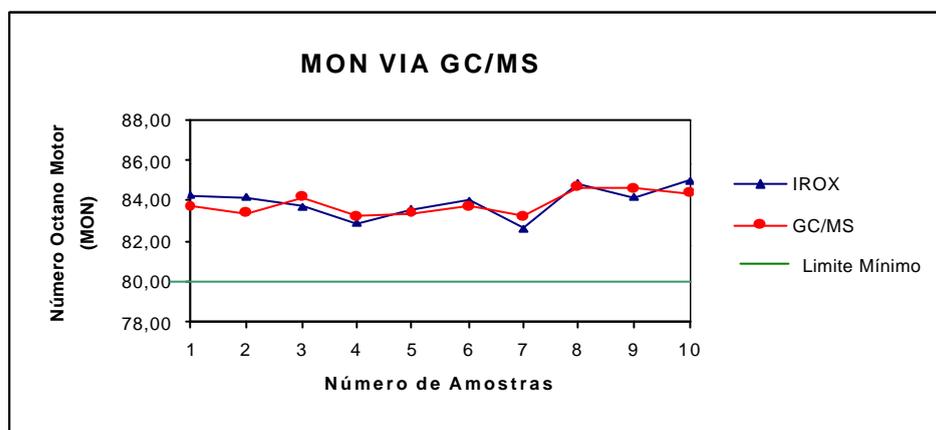


Gráfico 05 – Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas

- ✦ Fórmula geral para determinação do MON via GC/MS:  
 $(MON)_G = [100,435 + 0,0914O + 0,48142N + 0,19113X + (-0,6236A) + (-1,0589P) + (-0,0038O^2) + (-4,4502N^2) + (-0,0901X^2) + 0,02161A^2 + 0,03132P^2 + 4,27922E-05O^3 + 7,313498N^3 + 0,010548X^3 + (-0,000234A^3) + (-0,000298P^3)]$   
 Onde: O = % Olefinas; N = % Naftênicos; X = % Oxigenados; A = % Aromáticos; P = % Parafinas

Tabela 22 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos

AMOSTRA	MON	MON-CG/MS	% Erro
1	84,30	83,58	0,85
2	84,20	83,61	0,70
3	83,70	83,65	0,06
4	82,90	83,13	0,28
5	83,50	83,45	0,06
6	84,00	83,77	0,27
7	82,60	83,01	0,50
8	84,80	84,45	0,41
9	84,20	83,83	0,44
10	85,00	83,39	1,90
Erro médio =			0,55

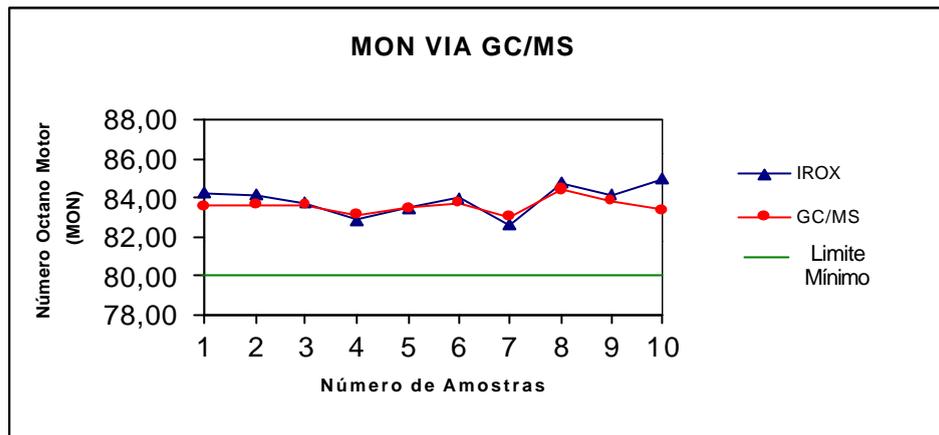


Gráfico 06 – Correlação dos valores de MON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos presentes na gasolina

5.2.2. Determinação do Número Octano Pesquisa (RON) via GC/MS

✚ Fórmula Parcial para determinação do RON via GC/MS =

$$(RON)_O = (91,60941 + (0,93295 * O) + (-0,037 * O^2) + (0,00043551 * O^3))$$

Onde: O = % Olefinas

Tabela 23 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

AMOSTRA	RON	RON-CG/MS	%Erro
1	98,30	98,38	0,08
2	99,50	98,66	0,85
3	98,70	99,13	0,44
4	97,40	97,84	0,45
5	97,50	97,65	0,15
6	97,90	97,84	0,06
7	96,40	97,54	1,18
8	98,90	98,88	0,02
9	98,40	98,48	0,08
10	99,00	97,55	1,46
% Erro médio =			0,48

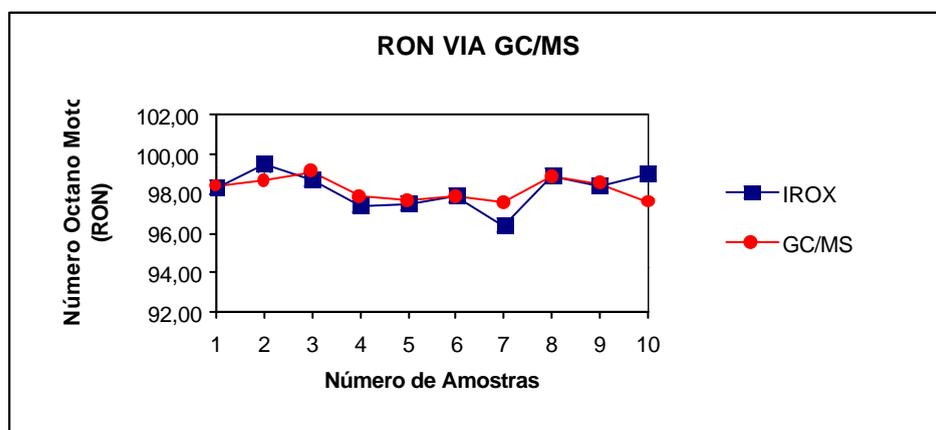


Gráfico 07 – Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

- ✦ Fórmula Parcial para determinação do RON via GC/MS =  
 $(RON)_N = (98,27488 + (17,29649 * N) + (-109,01699 * N^2) + (151,89793 * N^3))$   
 Onde: N = % Naftênicos

Tabela 24 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

AMOSTRA	RON	RON-CG/MS	%Erro
1	98,30	98,09	0,21
2	99,50	99,06	0,44
3	98,70	98,27	0,43
4	97,40	98,33	0,96
5	97,50	98,27	0,79
6	97,90	98,27	0,38
7	96,40	97,47	1,11
8	98,90	98,27	0,63
9	98,40	98,42	0,02
10	99,00	97,52	1,49
% Erro médio =			0,65

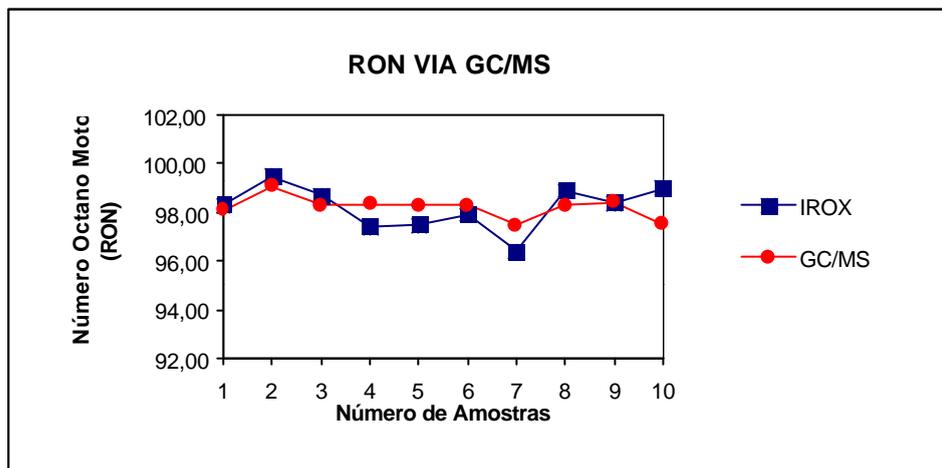


Gráfico 08 – Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

- ✦ Fórmula Parcial para determinação do RON via GC/MS =  
 $(RON)_X = (95,34515 + (3,88677 * X) + (-1,35031 * X^2) + (0,13222 * X^3))$   
 Onde: X = % Oxigenados

Tabela 25 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados

AMOSTRA	RON	RON-CG/MS	%Erro
1	98,30	98,26	0,04
2	99,50	98,52	0,99
3	98,70	98,54	0,16
4	97,40	98,20	0,82
5	97,50	98,57	1,10
6	97,90	97,93	0,03
7	96,40	97,57	1,22
8	98,90	98,74	0,16
9	98,40	98,01	0,40
10	99,00	97,66	1,35
% Erro médio =			0,63

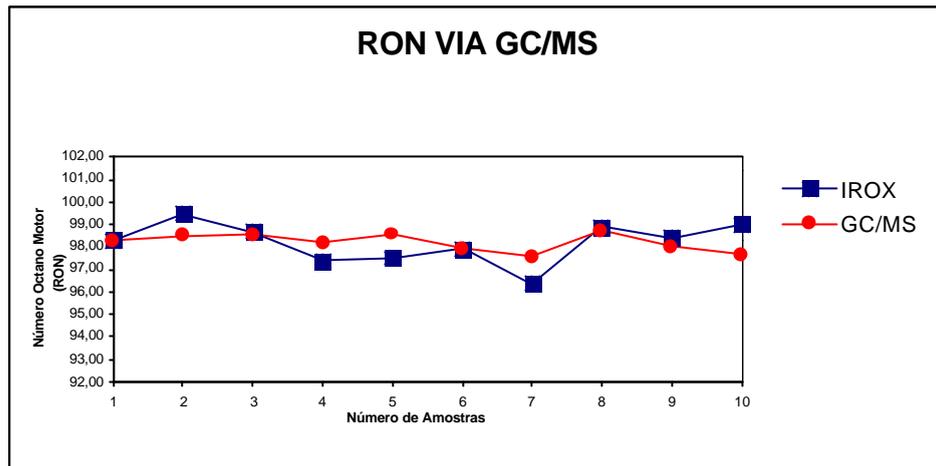


Gráfico 09 – Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados

➤ Fórmula Parcial para determinação do RON via GC/MS =  
 $(RON)_A = (134,67634 + (-3,89071 * A) + (0,13078 * A^2) + (-0,00139 * A^3))$

Onde: A = % Aromáticos

Tabela 26 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos

AMOSTRA	RON	RON-CG/MS	%Erro
1	98,30	98,31	0,01
2	99,50	99,44	0,06
3	98,70	97,45	1,27
4	97,40	97,69	0,29
5	97,50	97,42	0,09
6	97,90	98,24	0,35
7	96,40	97,57	1,22
8	98,90	98,96	0,06
9	98,40	98,16	0,24
10	99,00	98,86	0,15
%Erro médio =			0,37

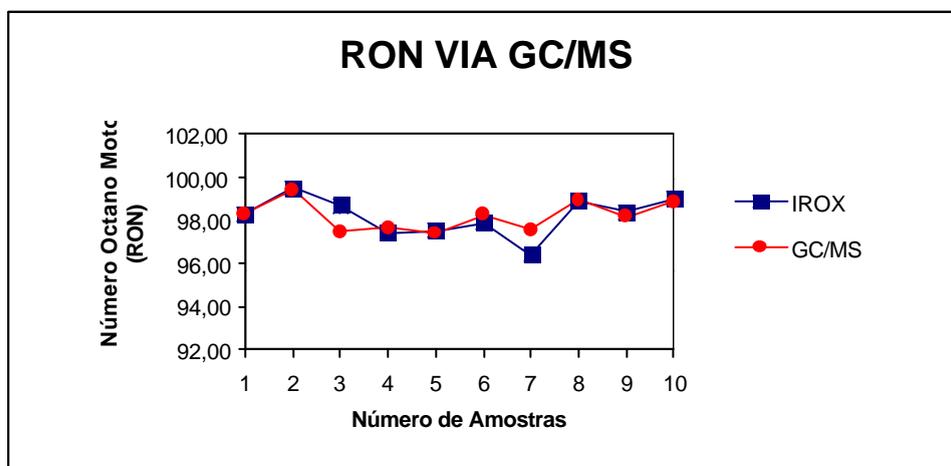


Gráfico 10 – Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos

- ✦ Fórmula Parcial para determinação do RON via GC/MS =  
 $(RON)_P = (155,4525 + (-5,2452P) + (0,15496P^2) + (-0,00148P^3))$   
 Onde: P = % Parafinas

Tabela 27 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

AMOSTRA	RON	RON-CG/MS	%Erro
1	98,30	97,97	0,34
2	99,50	97,70	1,81
3	98,70	98,63	0,07
4	97,40	97,57	0,18
5	97,50	97,68	0,18
6	97,90	97,53	0,38
7	96,40	97,57	1,21
8	98,90	98,74	0,16
9	98,40	98,71	0,31
10	99,00	98,77	0,23
% Erro médio =			0,49

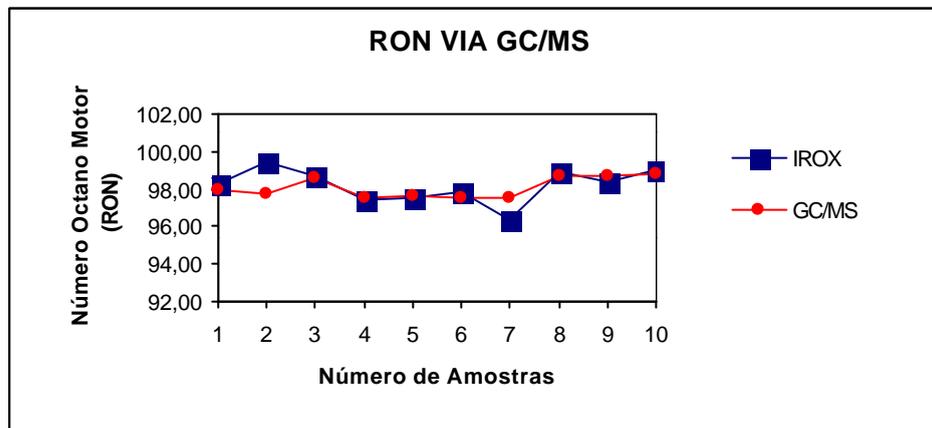


Gráfico 11 – Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas

- ✦ Fórmula Geral para determinação do Número Octano Pesquisa (RON) VIA GC/MS:  
 $(RON)_G = 115,071656 + 0,186590 + 3,459298N + 0,777354X + (-0,778142A) + (-1,04904P) + (-0,00740^2) + (-21,803398N^2) + (-10,27156X^2) + 0,026156A^2 + 0,030992P^2 + 0,0000870^3 + 30,379586N^3 + 0,026444X^3 + (-0,000278A^3) + (-0,0002968P^3)$   
 Onde: O = % Olefinas, N = % Naftênicos, X = % Oxigenados, A = % Aromáticos, P = % Parafinas

Tabela 28 - Valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos

AMOSTRA	RON	RON-CG/MS	%Erro
1	98,30	98,15	0,15
2	99,50	98,65	0,85
3	98,70	98,38	0,32
4	97,40	97,90	0,51
5	97,50	97,90	0,41
6	97,90	97,96	0,06
7	96,40	97,51	1,15
8	98,90	98,71	0,19
9	98,40	98,33	0,07
10	99,00	97,85	1,17
% Erro médio =			0,49

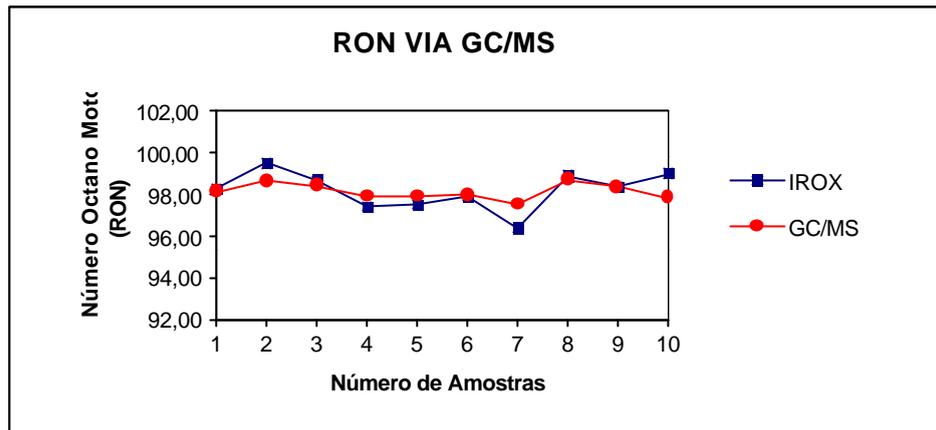


Gráfico 12 – Correlação dos valores de RON obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos presentes na gasolina

5.2.3. Determinação do Índice Antidetonante (IAD) via GC/MS

- Fórmula Parcial para determinação do IAD via GC/MS =  $(IAD)_O = (86,7376 + (0,67085 * O) + (-0,027 * O^2) + (0,000315723 * O^3))$   
Onde: O = % Olefinas

Tabela 29 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

AMOSTRA	IAD	IAD-CG/MS	% Erro
1	91,30	86,74	0,07
2	91,90	86,74	0,74
3	91,20	86,74	0,36
4	90,20	86,74	0,56
5	90,50	86,74	0,11
6	91,00	86,74	0,11
7	89,50	86,74	1,22
8	91,90	86,74	0,03
9	91,30	86,74	0,16
10	92,00	86,74	1,50
% Erro Médio =			0,49

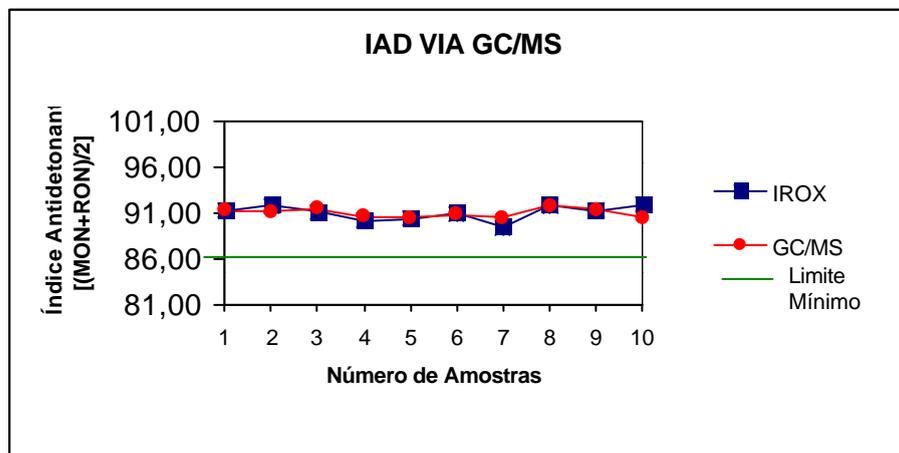


Gráfico 13 – Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de olefinas

- ✦ Fórmula Parcial para determinação do IAD via GC/MS =  
 $(IAD)_N = (91,16523 + (10,26655 * N) + (-68,18708 * N^2) + (97,56094 * N^3))$ ,  
 Onde: N = % Naftênicos

Tabela 30 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

AMOSTRA	IAD	IAD-CG/MS	% Erro
1	91,30	91,06	0,27
2	91,90	91,60	0,33
3	91,20	91,17	0,04
4	90,20	91,11	1,00
5	90,50	91,17	0,74
6	91,00	91,17	0,18
7	89,50	90,61	1,24
8	91,90	91,17	0,80
9	91,30	91,16	0,15
10	92,00	90,61	1,51
% Erro Médio =			0,63

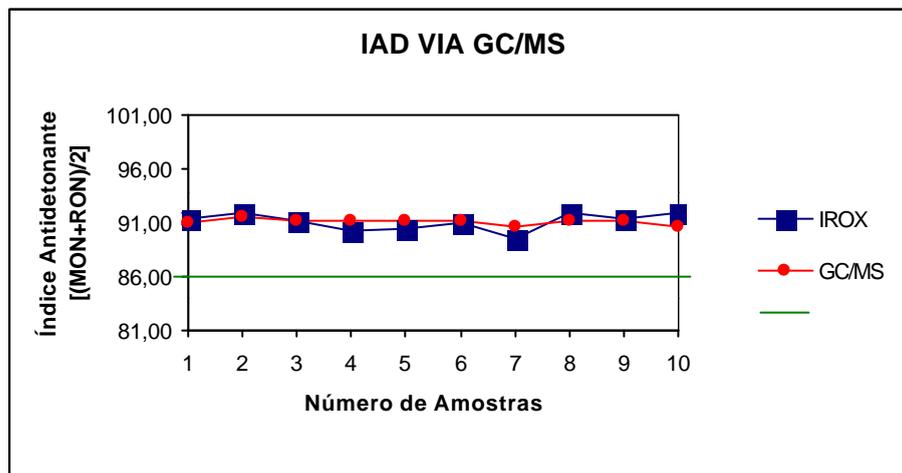


Gráfico 14 – Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de naftênicos

- ✦ Fórmula Parcial para determinação do IAD via GC/MS =  
 $(IAD)_X = (89,54411 + (2,42687 * X) + (-0,90879 * X^2) + (0,09347 * X^3))$   
 Onde: X = % Oxigenados

Tabela 31 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados

AMOSTRA	IAD	IAD-CG/MS	% Erro
1	91,30	91,29	0,02
2	91,90	91,24	0,72
3	91,20	91,26	0,07
4	90,20	91,00	0,89
5	90,50	91,29	0,87
6	91,00	91,11	0,12
7	89,50	90,59	1,22
8	91,90	91,51	0,42
9	91,30	90,86	0,48
10	92,00	90,64	1,48
% Erro Médio =			0,63

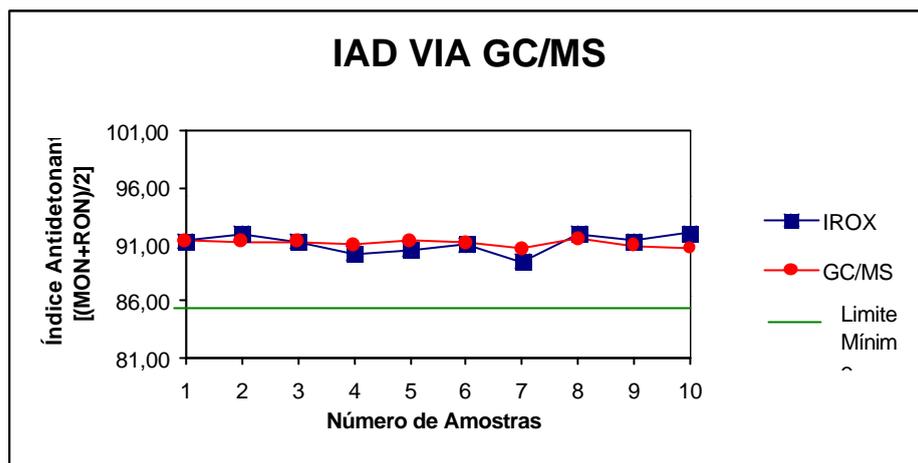


Gráfico 15 – Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de oxigenados

- Fórmula Parcial para determinação do IAD via GC/MS =  
 $(IAD)_A = (123,62217 + (-3,52081 * A) + (0,11957 * A^2) + (-0,00128 * A^3))$   
 Onde: A = % Aromáticos

Tabela 32 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos

AMOSTRA	IAD	IAD-CG/MS	% Erro
1	91,30	91,23	0,08
2	91,90	91,98	0,09
3	91,20	90,32	0,97
4	90,20	90,49	0,32
5	90,50	90,30	0,22
6	91,00	90,95	0,05
7	89,50	90,50	1,12
8	91,90	91,81	0,09
9	91,30	91,09	0,23
10	92,00	91,75	0,27
		% Erro Médio =	0,34

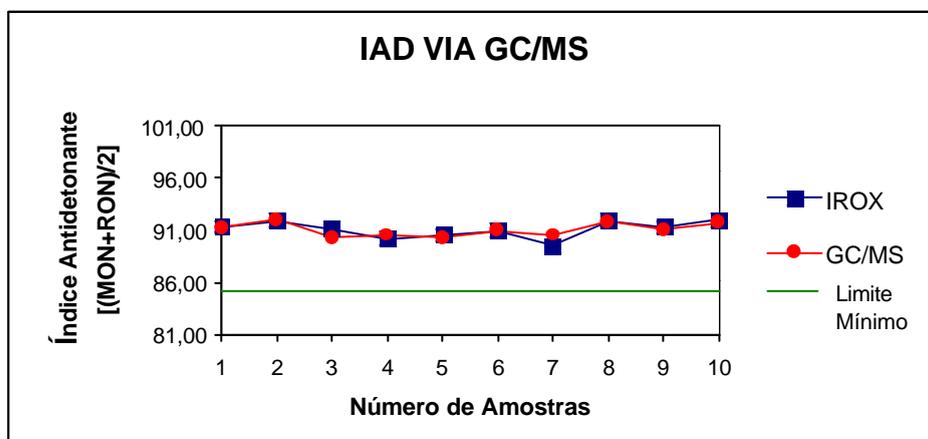


Gráfico 16 – Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de aromáticos

- ✦ Fórmula Parcial para determinação do IAD via GC/MS =  
 $(IAD)_P = (147,8042 + (-5,21306 * P) + (0,15412 * P^2) + (-0,00147 * P^3))$   
 Onde: P = % Parafinas

Tabela 33 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas

AMOSTRA	IAD	IAD-GC/MS	% Erro
1	91,30	90,83	0,52
2	91,90	90,54	1,48
3	91,20	91,40	0,22
4	90,20	90,39	0,21
5	90,50	90,52	0,02
6	91,00	90,57	0,47
7	89,50	90,39	0,99
8	91,90	91,66	0,27
9	91,30	91,62	0,35
10	92,00	91,54	0,50
% Erro Médio =			0,50

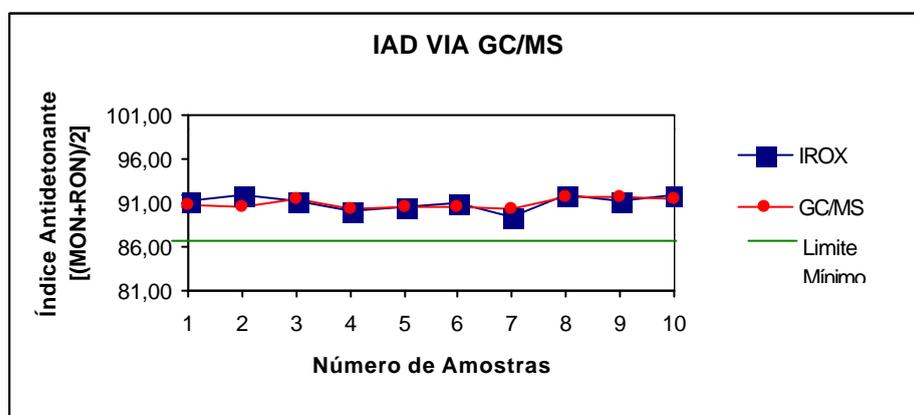


Gráfico 17 – Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais de parafinas

- ✦ Fórmula Geral para determinação do Índice Anti-detonante (IAD) VIA GC/MS:  
 $(IAD)_G = 107,775 + 0,13417O + 2,05331N + 0,48537X + (-0,7042A) + (-1,04261P) + (-0,0054 O^2 + (-13,637N^2) + (-0,1818X^2) + 0,02391A^2 + 0,030824P^2 + 6,31446E-05O^3 + 19,512188N^3 + 0,018694X^3 + (-0,000256A^3) + (-0,000294P^3)$   
 Onde: O = % Olefinas, N = % Naftênicos, X = % Oxigenados, A = % Aromáticos, P = % Parafinas

Tabela 34 - Valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos

AMOSTRA	IAD	IAD-CG/MS	% Erro
1	91,30	91,14	0,18
2	91,90	91,31	0,64
3	91,20	91,13	0,08
4	90,20	90,73	0,59
5	90,50	90,77	0,29
6	91,00	90,93	0,07
7	89,50	90,52	1,14
8	91,90	91,58	0,35
9	91,30	91,22	0,09
10	92,00	90,83	1,27
% Erro Médio =			0,47

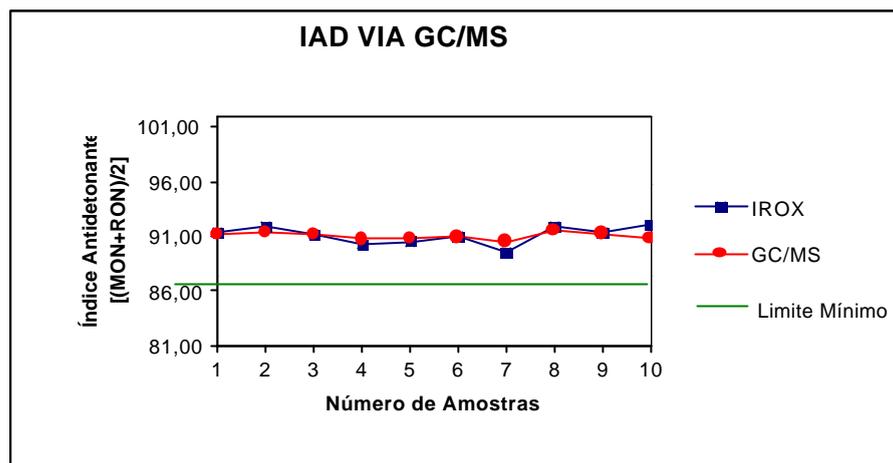


Gráfico 18 – Correlação dos valores de IAD obtidos via GC/MS e infravermelho, com base nos percentuais das classes de compostos presentes na gasolina

### 5.3. Software para determinação de índice antidetonante

O software para determinação do índice antidetonante de gasolinas tipo C aditivadas foi modelado a partir dos recursos de tecnologia Java, na versão 1.2.2, e apresenta uma interface gráfica que permite fácil utilização das ferramentas disponíveis.

A plataforma Java é uma nova forma de computação, baseada no poder das redes e na idéia de que o mesmo software deve rodar em computadores de diferentes tipos ou portes, aparelhos de consumo e dispositivos diversos. Ela permite a mesma aplicação a partir de qualquer equipamento, seja ele um PC, um Macintosh, um computador em rede, ou aparelhos de consumo de última geração.

Componentes de software e programas baseados em tecnologia Java operam em qualquer lugar, desde os menores dispositivos aos supercomputadores e a independência de plataforma possibilita a seleção do hardware e sistemas operacionais mais apropriados para as necessidades dos clientes [10].

A seguir é feita uma apresentação da interface do programa, descrevendo-se as ferramentas disponíveis em seus principais aspectos teóricos, bem como suas características computacionais:

Como qualquer aplicativo for Windows, o software pode ser iniciado a partir do menu iniciar ou através da barra de atalhos. Quando o programa é acionado, a área de trabalho apresentada disponibiliza 01 (uma) planilha “Geral” ativada, contendo células para a entrada de dados e informações sobre o projeto de pesquisa, e outras 06 (seis) planilhas em segundo plano (Figura 17).

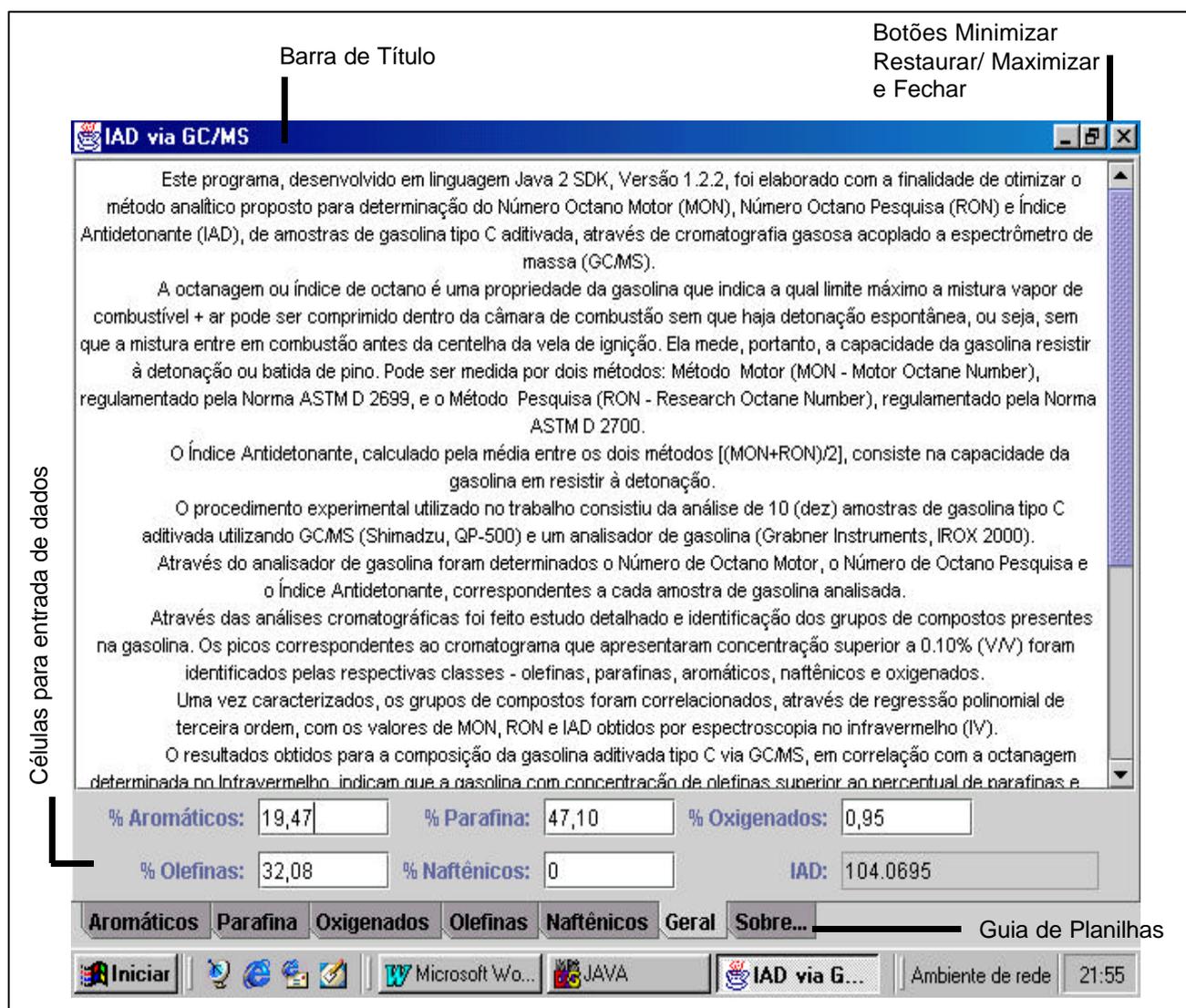


Figura 17 - Área de trabalho do Software para determinação do índice antidetonante em gasolinas tipo C aditivadas

As cinco primeiras planilhas, além de possuírem células para entrada de dados, se constituem em arquivos básicos que apresentam exemplos, por classes de compostos, das respectivas estruturas químicas dos hidrocarbonetos detectados através dos espectros de massa relativos às amostras de gasolina tipo C aditivada analisadas (Figura 18). A sétima planilha, “Sobre”, apresenta dados do elaborador do software e da linguagem utilizada (Figura 19).

A entrada de dados pode ser feita com o auxílio do mouse ou utilizando-se a tecla TAB para ativar e se movimentar entre as células desejadas. Os valores podem ser digitalizados separadamente nas planilhas relativas às respectivas classes de compostos: “Aromáticos”, “Parafina”, “Oxigenados”, “Olefinas” e “Naftênicos” (Figura 17) ou lançados diretamente na planilha “Geral”, que o valor relativo ao índice antidetonante da amostra analisada é apresentado automaticamente na célula “IAD”, constante na tela principal do programa.

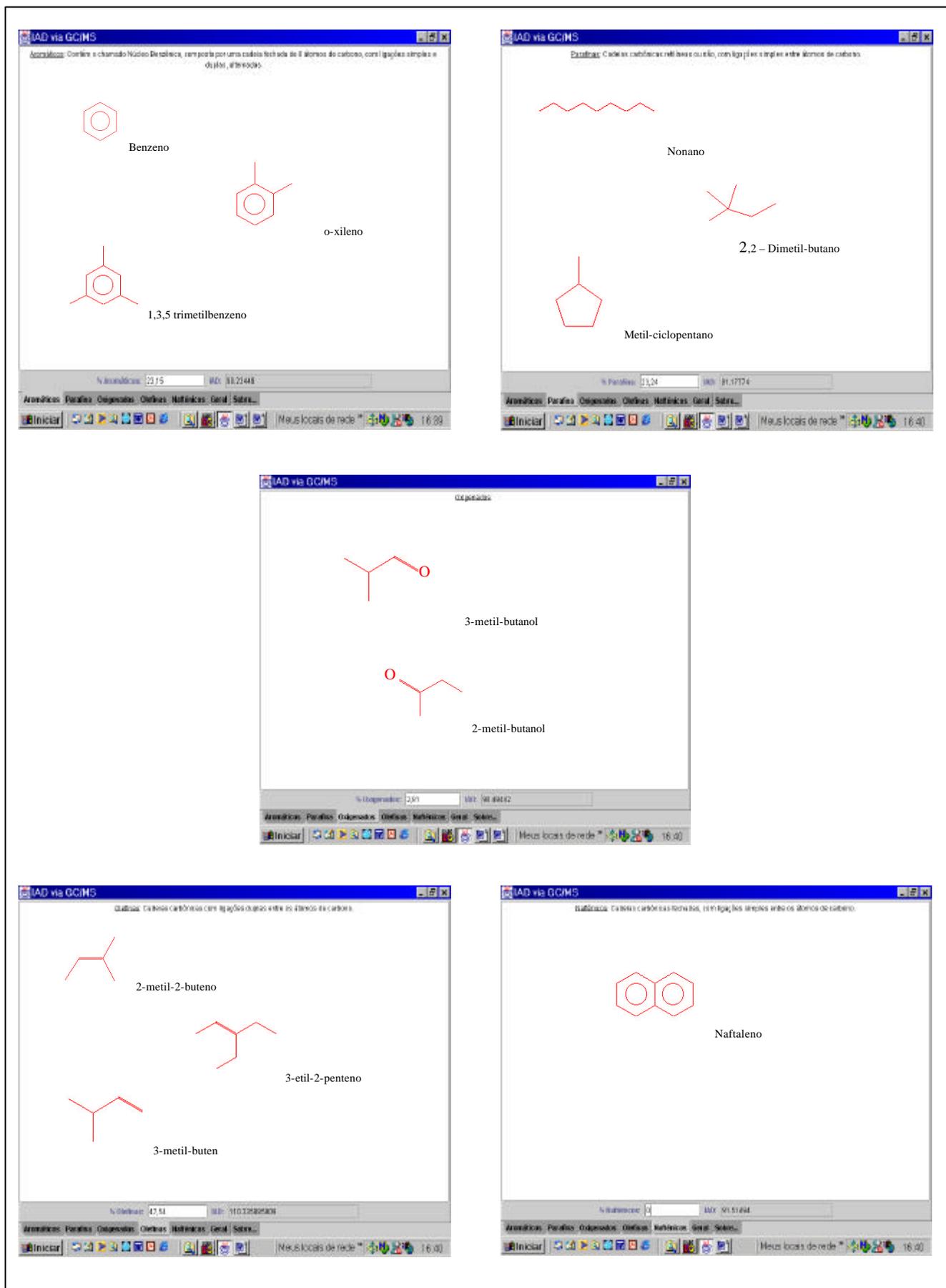


Figura 18 - Planilhas contendo células para entrada de dados e arquivos básicos com informações sobre as estruturas químicas dos hidrocarbonetos identificados nas amostras de gasolina.

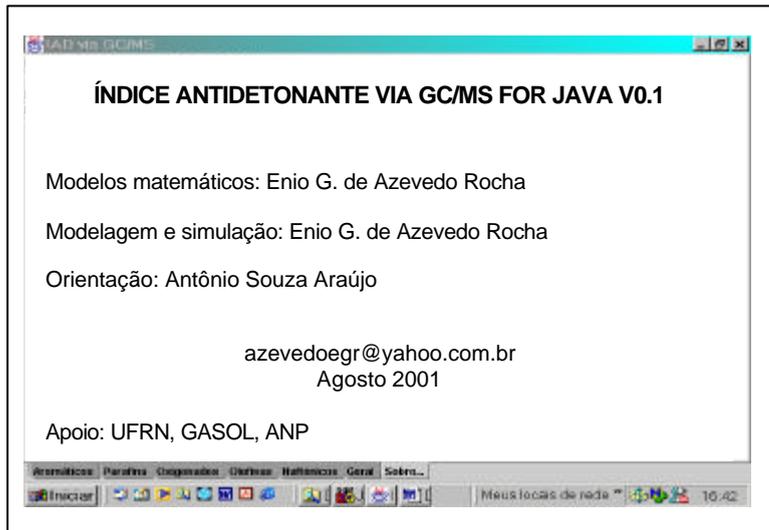


Figura 19 - Caixa de diálogo contendo informações básicas sobre o programa

#### 5.4. Ferramenta computacional para determinação do índice de cetano em óleo diesel

A ferramenta computacional AFFRO foi desenvolvida com a finalidade principal de determinação do índice de cetano, uma variável relacionada à qualidade de ignição e, por conseguinte, ao desempenho global dos motores que seguem o ciclo diesel.

O programa foi estruturado inicialmente em linguagem C++ (Figura 20) e, posteriormente a fase de teste, remodelado a partir de recursos de Tecnologia Delphi, versão 1.0 (Figura 21). Durante os testes foi realizada uma análise extensiva visando a validação da metodologia utilizada, bem como dos aspectos computacionais do AFFRO. Os valores de densidade e percentuais de evaporados da destilação apresentados pela Norma ASTM D 4737 foram processados no computador e a comparação dos índices de cetano obtidos concordaram, sem margem de erro, com os resultados experimentais propostos.

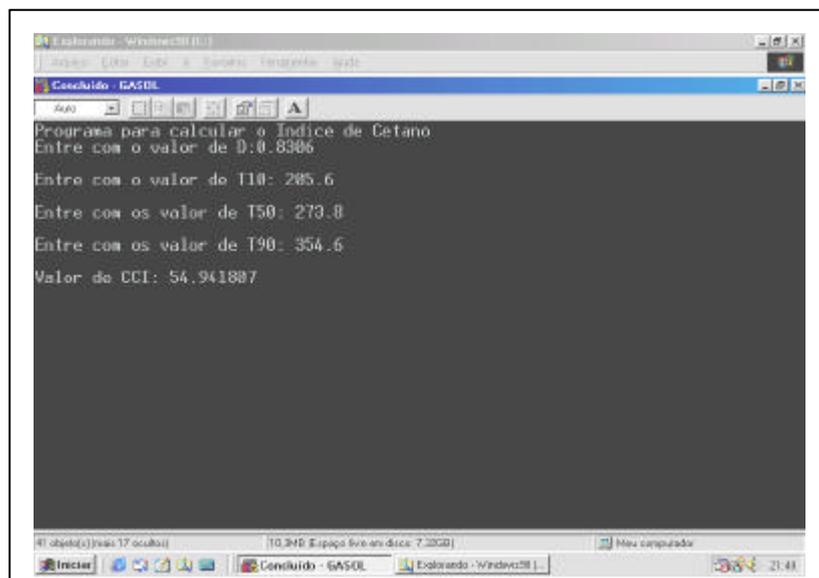


Figura 20 - Protótipo de teste para determinação do índice de cetano desenvolvido em linguagem C++

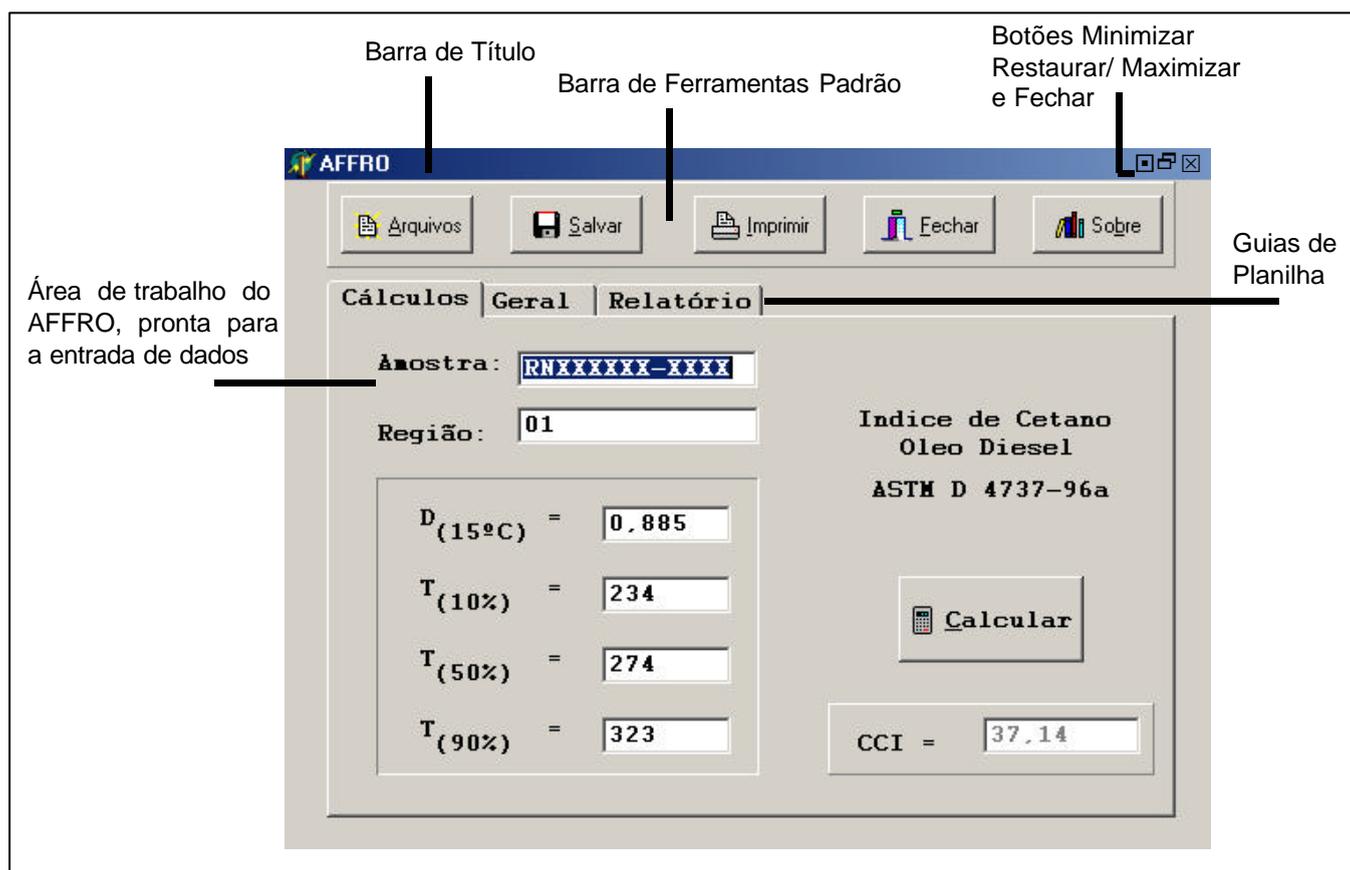


Figura 21 - Interface do AFFRO em linguagem Delphi

O AFFRO, um programa original e dotado de ambiente com interface gráfica amigável, permite a abertura e escrita de arquivos no formato TXT e DOC (com ou sem compressão) e disponibiliza ferramentas úteis, como salvamento e impressão de dados, possuindo uma capacidade de armazenamento para mais 100 resultados de análises, associados às informações de registro e região das respectivas amostras de óleo diesel analisadas; bem como permite executar operações elementares entre textos (recortar, copiar, etc).

Quando o programa é iniciado, a pasta de trabalho mostrada apresenta uma planilha “Cálculos” ativada e outras duas planilhas, “Geral” e “Relatório”, em segundo plano. Uma vez digitalizados os dados de entrada e acionado o comando “Calcular”, o valor relativo ao índice de cetano da amostra de diesel analisada é apresentado na célula “CCI” (*Calculated Cetane Index*) e automaticamente salvo na pasta “Relatórios”.

A planilha “Geral” se constitui de uma pasta de trabalho onde, a exemplo de qualquer aplicativo for windows, pode-se editar novos textos e gravá-los através das células “Salvar” (Figura 22a). Através do menu “Arquivos”, além do salvamento de textos (Figura 22b), é possível também acessar documentos básicos do AFFRO com informações sobre o trabalho científico; descrição do programa e referências sobre alunos, professores, pesquisadores, empresas, órgãos e instituições

envolvidas neste projeto de pesquisa (figura 22), dados estes, também apresentados resumidamente em uma caixa de diálogo que pode ser acessada através da opção “Sobre”, da barra de ferramentas padrão (Figura 23).

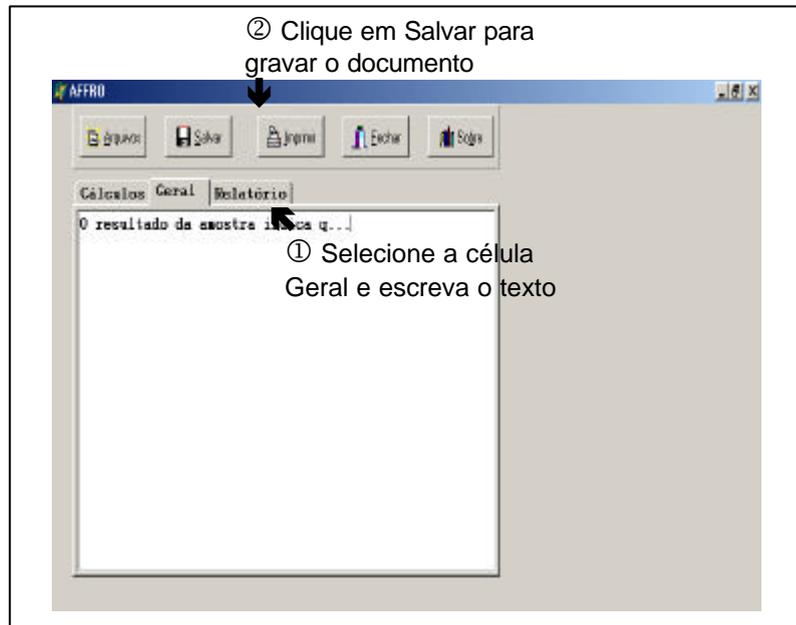


Figura 22a – Edição de novo texto e salvamento através da célula “Salvar”

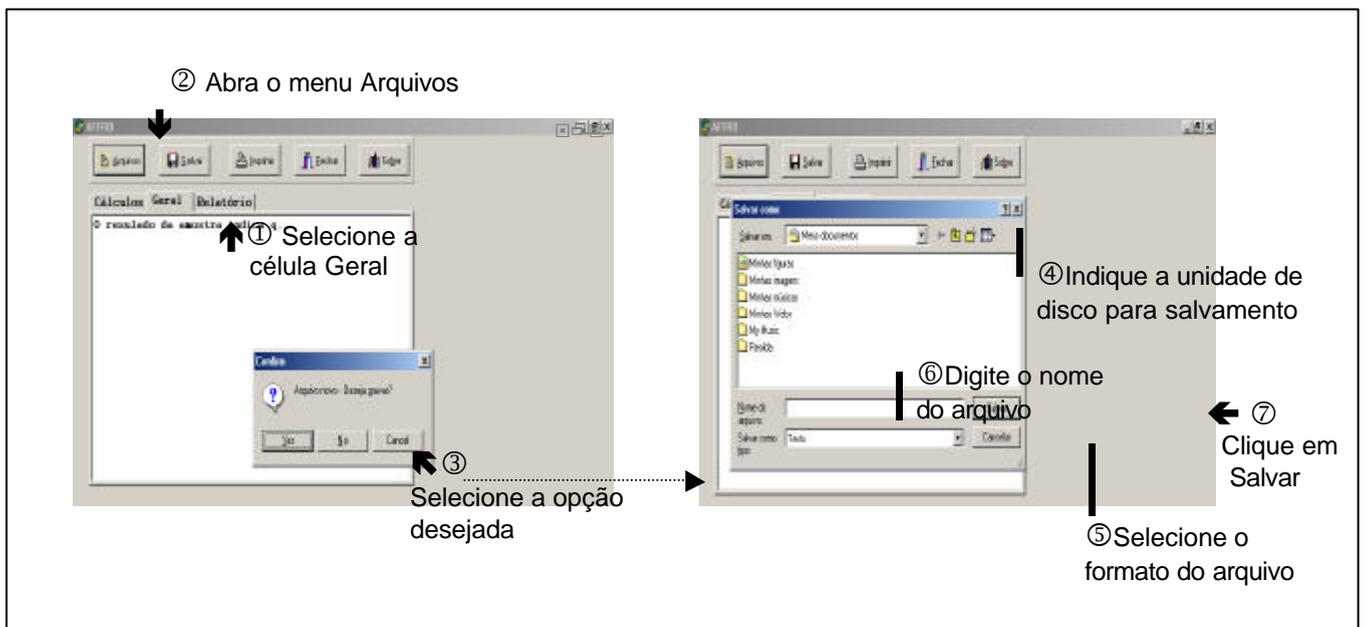


Figura 22b – Edição de novo texto e salvamento através do menu “Arquivos”

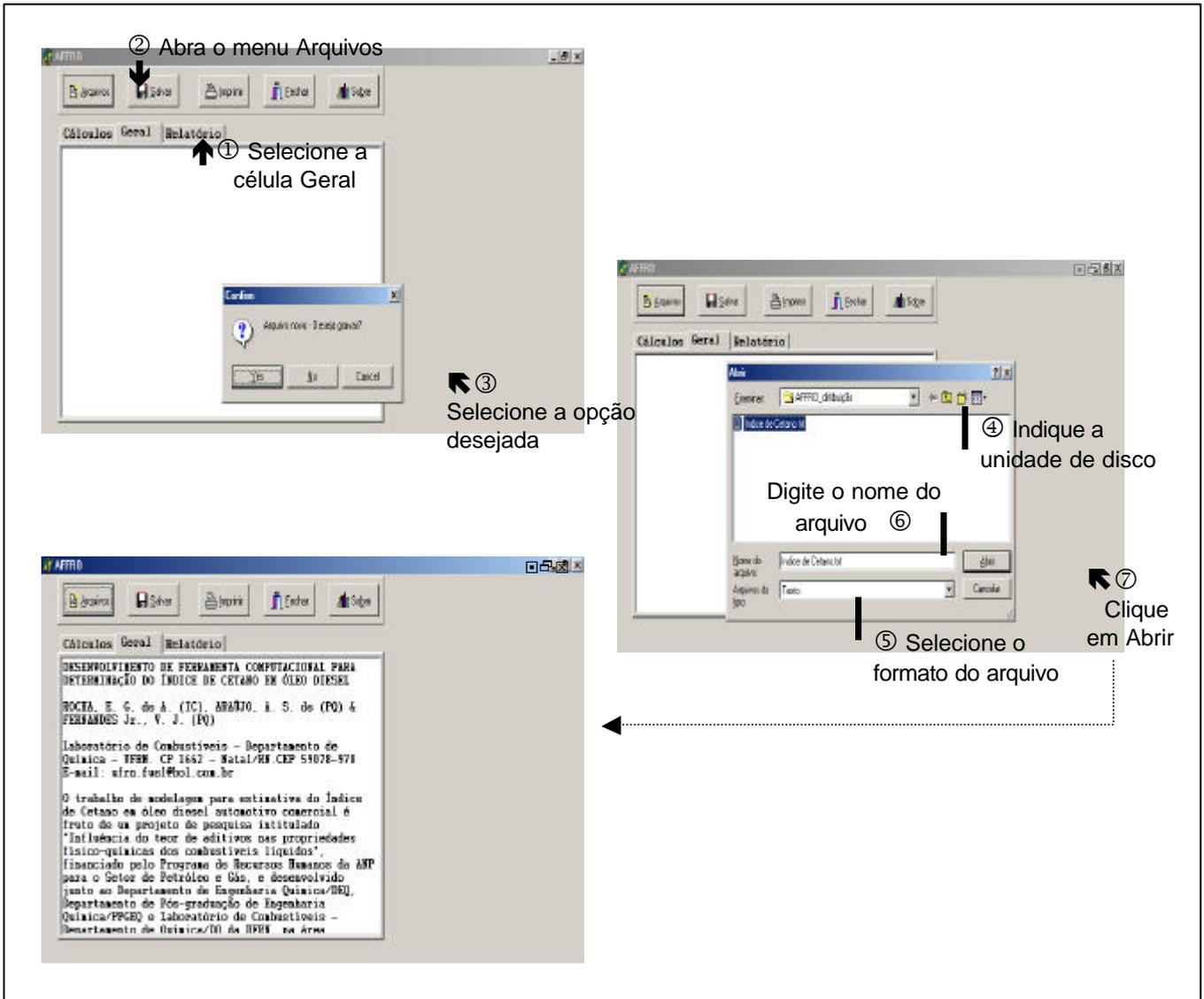


Figura 23 – Abertura de documentos editados



Figura 24 – Caixa de diálogo contendo resumo sobre o AFFRO

Os relatórios gerados automaticamente podem ser visualizados ou mesmo sofrer alteração de dados, se necessário, através da planilha “Relatório” (figura 25a); a impressão dos resultados pode ser ativada através da opção “Imprimir” (Figura 25b). Ao término do trabalho, o AFFRO pode ser encerrado por meio do botão de fechamento da barra de título ou pelo ícone “Fechar” da barra de ferramentas.



Figura 25a – Relatório de dados

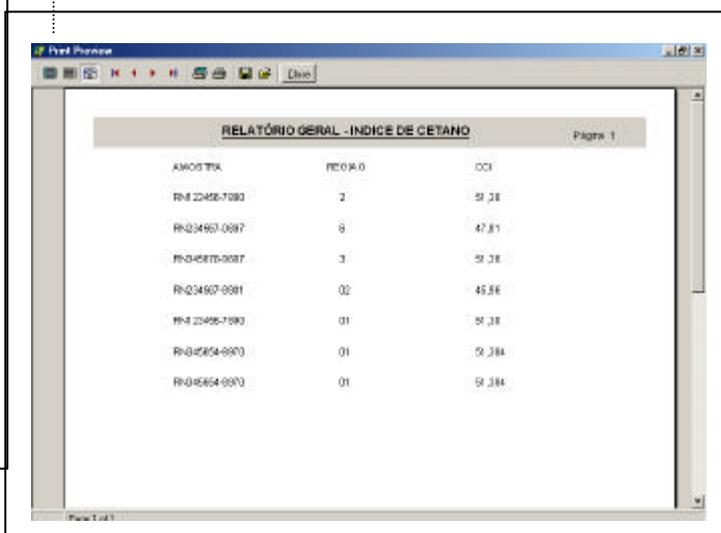


Figura 25b - Tela de impressão do relatório do relatório de dados

## VI. CONCLUSÕES

A necessidade de acompanhar o desenvolvimento dos motores e as mudanças na legislação ambiental, além de outros fatores, torna bastante dinâmico o controle da qualidade dos combustíveis. Por conseguinte, o estudo e desenvolvimento de técnicas, como as aqui propostas, vêm possibilitando um melhor monitoramento das especificações destes produtos, bem como, se constituindo num exemplo do aperfeiçoamento dos controles sobre as adulterações e permitido, assim, a fácil identificação de combustíveis automotivos com características e propriedades modificadas.

A proposta de técnicas para estudo das características físicos e químicas da gasolina aditivada através de cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa, por exemplo, mostrou-se como uma alternativa viável na determinação da octanagem e índice antidetonante,

assegurando maior precisão na estimativa dessas propriedades e auxiliando no trabalho de monitoramento da qualidade dos combustíveis.

Com o objetivo de validação da metodologia que foram utilizadas no presente projeto várias amostras de gasolina já foram ensaiadas no software fazendo-se a comparação dos valores de octanagem simulados com os valores experimentais. Observou-se que os resultados gerados concordam bem com os valores originais do infravermelho, com a ressalva, no entanto, de que utilizando-se os valores obtidos no GC/MS consegue-se uma estimativa mais realista dos valores de IAD, uma vez que esta determinação passa a ser feita, agora, com base na composição química específica de um determinado combustível.

A execução do software apresentou volume de memória e tempo de computação aceitáveis, permitindo, além da agilização na realização das análises e na interpretação de resultados, que a representação estrutural de alguns compostos químicos já identificados possam ser visualizados na tela do programa.

A exemplo dos bons resultados alcançados com o estudo das propriedades da gasolina aditivada, o desenvolvimento do programa AFFRO otimizou a determinação do índice de cetano em óleo diesel automotivo comercial, também sem apresentar dificuldades associadas com o tempo e memória computacional, em geral requeridos ao se trabalhar com programas que envolvam resolução de equações numéricas e armazenamento de dados em quantidades representativas. Desta forma, a implantação desta ferramenta computacional no GASOL permitiu uma análise extensiva visando à validação da metodologia utilizada, bem como dos aspectos computacionais do programa, além de uma criteriosa comparação com outros métodos de cálculo similares, ao quais se apresentaram consideravelmente mais caros e demorados em relação ao AFFRO.

Em termos gerais, portanto, tanto o software desenvolvido para determinação do Índice Antidetonante da gasolina tipo C aditivada, como o programa desenvolvido em linguagem Delphi para determinação do índice de cetano em óleo diesel, viabilizaram a obtenção mais rápida de resultados, o que permitiu associar precisão e rapidez aos trabalhos de pesquisa.

Desta forma, a proposta de soluções alternativas, como as desenvolvidas presentemente, tem permitido uma utilização prática e estão sendo criteriosamente avaliadas para que seu uso seja estendido aos demais laboratórios de monitoramento no país, garantindo o uso de tecnologias mais compatíveis com as tendências de qualidade atualmente exigidas.

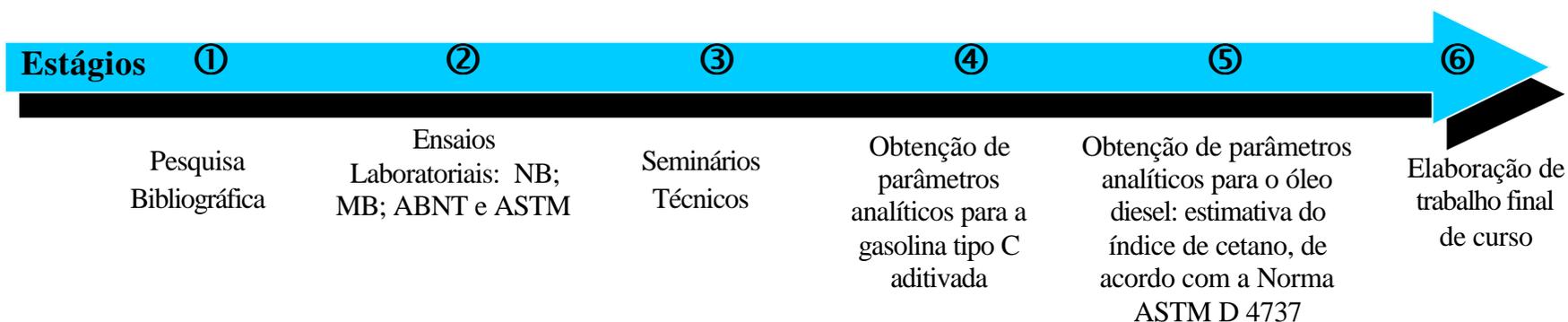
## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Relatório Mensal de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis. Laboratório de Combustíveis – Departamento de Química/UFRN. Março, 2001.
- [2] KIRK, Raymond E., OTHMER, Donald F. Encyclopedia of Chemical Technology. 4. ed., v. 12, Canadá: Wiley-InterScience, 1997. 1091p. p. 341-388: Gasoline and Other Motor Fuels.
- [3] Ciência Hoje. V. 28, nº 165. Outubro, 2000.
- [4] [www.demec.ufmg.br/por/d\\_online/diario/ema003/liquidos/gasolina/gasolina.html](http://www.demec.ufmg.br/por/d_online/diario/ema003/liquidos/gasolina/gasolina.html)
- [5] <http://www.quimica.matrix.com.br/artigos/gasolina.html>
- [6] <http://www.petrobras.com.br/conpet/gasolina.html>
- [7] <http://www.anp.gov.br.html>
- [8] <http://www.cepetro.unicamp.br/petroleo/gasolina.html>
- [9] <http://www.eq.ufrj.br/Download/refino-cbq.pdf>
- [10] [http://www.demec.ufmg.br/port/d\\_online/diario/ema003/liquidos/diesel/especifici.htm](http://www.demec.ufmg.br/port/d_online/diario/ema003/liquidos/diesel/especifici.htm)
- [11] <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica7/funciona/diesel.htm>
- [12] <http://www.shimadzu.com/>
- [13] SRIDHARAN, Prashant. Advanced Java networking. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.
- [14] SCHILDT, Herbert. Linguagem C: guia prático e interativo. Traduzido por Lars Gustav, Erik Unonius. São Paulo: McGraw-Hill, 1989. 363p.
- [15] PUGH, Kenneth. Programando em Linguagem C. Traduzido por José Adorni Martins, Roberto Carlos Mayer. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 226p.
- [16] VALL, André, GUIMARÃES, Cláudia. Java Manual de Introdução. Rio de Janeiro: Axcel Books, 1996. 181p.
- [17] ORFALI, Robert, HARKEY, Dan. Cliente/server programming with Java and CORBA. 2. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998. 1022p.
- [18] CANTÚ, Marco. Dominando o Delphi: A Bíblia. Tradução: equipe MAKRON Books de tradução técnica. São Paulo: MAKRON Books. 1998. 976p. Il.

**ANEXO I**

**CRONOGRAMA DE ATIVIDADES**

Atividades	Semestres											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Pesquisa Bibliográfica</b>	■	■										
<b>Ensaio laboratoriais</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Apresentação de seminários técnicos</b>			■	■						■	■	
<b>Obtenção de parâmetros analíticos para a gasolina tipo C aditivada</b>												
Análises de cromatografia (GC/MS) e infravermelho			■	■		■						
Correlação de dados				■	■		■					
Ajuste de variáveis e desenvolvimento de modelo matemático							■					
Modelagem e simulação								■	■			
<b>Obtenção de parâmetros analíticos para o óleo diesel automotivo comercial</b>												
Modelagem e simulação										■	■	
<b>Trabalho final de curso</b>											■	■



**ANEXO II****MÉTODOS DAS ANÁLISES REGULARES  
E TABELAS DE ESPECIFICAÇÃO**

As pesquisas para a caracterização dos parâmetros analíticos consistiram dos seguintes ensaios (Vide anexo II: Métodos das análises regulares e tabelas de especificação):

As pesquisas para a caracterização dos parâmetros analíticos consistiram dos seguintes ensaios:

- Determinação do álcool etílico anidro na gasolina (teste da proveta);
- Determinação do teor de gasolina no álcool, conforme a portaria *CNP/DIRAB Nº 209/81*;
- Determinação dos parâmetros de destilação para gasolina e óleo diesel (porcentagem de evaporados, ponto final de ebulição (PFE) e resíduos finais), utilizando-se os seguintes equipamentos: Destilador Automático ISL, modelo AD86-5G; Destilador Automático Herzog, modelos HDA 626/627/628 e Destilador TANAKA, modelo AD-5C;
- Determinação do número de Octano Motor - MON e índice antidetonante - IAD, utilizando-se um aparelho portátil de infravermelho analisador de gasolina fabricado pela Grabner Instruments - modelo IROX 2000;
- Determinação da densidade relativa (gasolina e óleo diesel) e massa específica (álcool etílico anidro hidratado), utilizando-se um densímetro digital DA -110 fabricado pela Kyoto Electronics;
- Determinação do teor alcóolico (°INPM);
- Determinação do Índice de cetano para o óleo diesel;
- Determinação da condutividade elétrica do AEHC. Teste baseado na medida da condutância dos íons presentes em solução, realizado através de um condutivímetro digital com compensação de temperatura, modelo Walklab da Trans Instruments;
- Determinação do pH do AEHC, utilizando-se um medidor de pH Digital PG 1000 da GEHAKA;
- Determinação do teor de enxofre utilizando-se um equipamento de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva (EDX), modelo EDX-800, da Shimadzu;
- Identificação de compostos em amostras de gasolina comum e aditivada, através de padrões analíticos específicos, mediante obtenção de um cromatograma típico com os respectivos dados de tempo de retenção (inicial, normal e final), área e altura do pico e concentração relativa (área percentual). Equipamento utilizado: Cromatógrafo gasoso com espectrômetro de massa CG - 17A, modelo GCMS-QP5000 da Shimadzu.

Os referidos ensaios foram realizados de acordo com as Normas Brasileiras (NB), Métodos Brasileiros (MB) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e as Normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM), relacionados a seguir [1]:

- NBR 7148: Petróleo e Derivados – Determinação da densidade – Método do densímetro;
- NBR 9619 :Petróleo e Derivados – Determinação da faixa de destilação;
- NBR 13992: Gasolina Automotiva – Determinação do teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC);
- NBR 5992: Determinação de massa específica e do teor alcoólico do álcool anidro e suas misturas com água;
- NBR 10547: Álcool etílico hidratado – determinação da condutividade elétrica;
- NBR 10891: Álcool etílico hidratado – determinação do pH;
- ASTM D 86: Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products;
- ASTM D 2699: Test Method for Knock Characteristics of Motor and Aviation Fuels for Motor Method;
- ASTM D 2700: Test Method for Knock Characteristics of Motor and Aviation Fuels for Research Method;
- ASTM D 4737 - 96a: Standard Test Method for Calculated Cetane Index by Four Variable Equation;
- ASTM D 4052: Test for Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Method;
- ASTM D 4294: Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectroscopy.

## MÉTODOS DAS ANÁLISES REGULARES DE GASOLINAS COMUM E ADITIVADA

### 1. Aspecto e Cor

A análise, realizada de forma visual, consiste na colocação de um volume da amostra, previamente homogeneizada, em uma proveta de 100 ml. A cor e o aspecto do material são então observados e a caracterização é feita de acordo com a seguinte classificação: (i) Límpido e isento de impurezas; (ii) Límpido com impurezas; (iii) Turvo sem impurezas e (iv) Turvo com impurezas.

### 2. Álcool Etílico Anidro

A determinação do teor de álcool etílico anidro (AEAC) na gasolina é realizada conforme a norma NBR 13992. O método consiste na adição inicial de 50 mL de amostra de gasolina em uma proveta graduada de 100 mL com boca esmerilhada, previamente limpa. Em seguida adiciona-se uma solução de NaCl (10% m/v) até completar o volume, tampa-se a proveta e inverte-se a mesma por 10 vezes para completar o processo de extração do álcool pela camada aquosa. Após 15 minutos de repouso da amostra, anota-se o volume final da fase aquosa em mililitros, o qual correspondente ao teor de AEAC, cuja base de cálculo é dada por:  $AEAC = [(A - 50) \times 2] + 1$ , sendo A = volume final da camada aquosa, em mililitros.

### 3. Destilação

Os parâmetros de destilação (evaporados, ponto final de ebulição (PFE) e resíduos finais) são determinados de acordo com as normas NRR 9619 e ASTM 86.

As amostras de gasolina são destiladas por meio de destiladores automáticos, equipados com balão de destilação, condensador, banho de resfriamento, caixa protetora, aquecedor, suporte para balão, proveta graduada e sensor de temperatura.

O procedimento de análise consiste na destilação de 100 mL de amostra, sob condições específicas conforme sua natureza. Para as amostras de gasolina, considera-se as percentagens de 10, 50 e 90% de evaporados e o Ponto Final de Ebulição (PFE), com resultados expressos em graus Celsius, registrando-se ainda o resíduo da destilação, em % v/v.

### 4. N° Octano Motor (MON) e índice antidetonante (MON+RON)/2

O Número Octano Motor (MON) e o índice antidetonante (MON + RON)/2 da gasolina são obtidos através de um aparelho portátil de Infravermelho analisador de gasolina, fabricado pela *Grabner Instruments*, modelo IROX 2000.

A determinação destes parâmetros é feita a partir do seguinte procedimento: inicialmente liga-se o equipamento, condicionando-o por aproximadamente 30 minutos; posteriormente faz-se a calibração utilizando-se os reagentes n-hexano ou n-dodecano, após o que um volume de 100 mL de gasolina comum ou aditivada é colocado em um erlenmyer e aproximado do equipamento de infravermelho para que a amostra seja succionada. Os resultados do MON e do índice antidetonante  $(MON + RON)/2$ , além de vários outros parâmetros como densidade; teor de álcool, benzeno, olefinas e aromáticos, e as porcentagens de destilação para cada amostra, são obtidos em aproximadamente 3 minutos.

### 5. Densidade

A densidade relativa (20° C/4° C) das amostras de gasolina é determinada de acordo com as normas ASTM D 1298, D-4052 ou NBR 7148, utilizando-se um densímetro digital DA-110, fabricado pela *Kyoto Electronics*.

A análise, após a calibração do equipamento com água destilada, consiste na medição de 100 ml de amostra e subsequente preenchimento da célula do densímetro para fazer a determinação da densidade. A leitura (em g/cm<sup>3</sup>) é realizada diretamente no visor do equipamento, a 20° C.

### 6. Cromatografia a gás com detector de massa

As análises da gasolina comum e aditivada são realizadas utilizando-se um cromatógrafo gasoso com espectrômetro de massa CG - 17A, modelo GCMS-QP5000 da *Shimadzu*. Os parâmetros utilizados para a realização das análises são:

Cromatógrafo a gás: temperatura da coluna em 40° C; coluna da Petrocol com 100 m x 0,2 mm  $\Phi$ ; programação para isoterma a 40° C por 5 min, aquecimento até 200 °C por 5 °C min<sup>-1</sup> e isoterma a 200° C por 10 minutos; temperatura do injetor: 250° C; temperatura da interface em 250° C; SPLIT: 10:1

Espectrômetro de Massa: temperatura da fonte: 250° C; voltagem de ionização: 90 eV; parâmetros padrão de reintegração definidos em *Slope*: 1000, *TDBL*: 9, *Drift*: 0, *Width*: 3 e *Minimum count*: 2500.

O procedimento experimental, após otimização do método de análise, baseia-se na homogeneização da amostra e enchimento da seringa, por 10 vezes, com o combustível a ser analisado. Em seguida faz-se a sucção de 1,0  $\mu$ L, cujo volume é injetado no cromatógrafo para realização da análise.

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO PARA GASOLINAS COMUM e PREMIUM

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO (1) (2)				MÉTODO	
		GASOLINA COMUM		GASOLINA PREMIUM		ABNT	ASTM
		TIPO A (3)	TIPO C	TIPO A (3)	TIPO C		
COR	-	(4)	(5)	(4)	(5)	visual (6)	
ASPECTO	-	(7)	(7)	(7)	(7)	visual (6)	
ALCOOL ETILICO ANÍDRIO COMBUSTÍVEL – AEAC	% v/v	Zero	(8)	Zero	(8)	Port. DNC nº 42/94	
DENSIDADE RELATIVA a 20° C / 4°C	-	Anotar (9)	Anotar (9)	Anotar (9)	Anotar (9)	NBR 7148	D 1298 D 4052
DESTILAÇÃO 10% evaporado, máx.	°C	70,0	70,0	70,0	70,0	NBR 9619	D 86
DESTILAÇÃO 50% evaporado, máx.	°C	140,0	140,0	140,0	140,0	-	
DESTILAÇÃO 90% evaporado, máx.	°C	200,0 (10)	200,0	200,0 (10)	200,0		
PFE, máx.	°C	220,0	220,0	220,0	220,0		
Resíduo, máx.	% v/v	2,0	2,0	2,0	2,0		
Nº DE OCTANO MOTOR – MON, mín.		(11)	80,0			MB 457	D 2700
ÍNDICE ANTI-ETONANTE (MON + RON)/2, mín.		(12)	87,0 (13)	(14)	91,0	MB 457	D 2699 D 2700
PRESSÃO DE VAPOR A 37,8 °C	kPa	42,0 mín. e 62,0 máx. (15)	49,0 mín. e 69,0 máx. (15)	42,0 mín. e 62,0 máx. (15)	49,0 mín. e 69,0 máx. (15)		D 4953 D 5190 D 5191 D 5482
GOMA ATUAL, máx.	mg/100 ml	5	5 (16)	5	5 (16)	MB 289	D 381
PERÍODO DE INDUÇÃO, mín.	minuto	360	360 (17)	360	360 (17)	MB 288	D 525
CORROSIVIDADE a 50°C, 3h., máx.	-	1	1	1	1	MB 287	D 130
ENXOFRE, máx.	% m/m	0,19	0,15	0,12	0,10	NBR 6563	D 1266 D 3120 D 4294
CHUMBO, Pb máx.	g/l	0,005 (18)	0,005 (18)	0,005 (18)	0,005 (18)	-	D 3116 D 3237
ADITIVOS	-	(19)	(19)	(19)	(19)	-	-

- (1) Todos os limites especificados são valores absolutos de acordo com a Norma ASTM E-29.
- (2) Os produtores deverão informar mensalmente à ANP a composição da gasolina, expressa em percentuais de hidrocarbonetos saturados, olefínicos e aromáticos.
- (3) Gasolina produzida pelas refinarias.
- (4) De incolor a amarelada, isenta de corantes.
- (5) De incolor a amarelada, sendo, porém, permitido o uso de corantes, exceção para as cores azul e rosada, restritas, respectivamente, à gasolina de aviação e à mistura metanol/etanol/gasolina – MEG.
- (6) A visualização será realizada em proveta de vidro, conforme utilizada no Método NBR 7148 ou D 1298.
- (7) Límpido e isento de impurezas.
- (8) O AEAC a ser misturado à gasolina deverá ter percentual e especificação de acordo com a legislação em vigor.
- (9) O setor de distribuição deverá informar o valor da densidade relativa da gasolina comercializada, fazendo constar tal informação na respectiva Nota Fiscal do produto.
- (10) No intuito de coibir eventual presença de contaminantes, o valor da temperatura para 90% de produto evaporado não poderá ser inferior à 150C.
- (11) A refinaria obriga-se a fornecer gasolina “comum tipo A” que, misturada com AEAC, de acordo com percentual estabelecido pela legislação em vigor, atinja o número de octano motor especificado para a gasolina “comum tipo C”.
- (12) A refinaria obriga-se a fornecer gasolina “comum tipo A” que, misturada com AEAC, de acordo com percentual estabelecido pela legislação em vigor, atinja o índice antidetonante (MON + RON)/2 especificado para a gasolina “comum tipo C”.
- (13) Nos primeiros 24 meses, contados a partir da publicação desta Portaria, admite-se índice antidetonante (MON + RON) / 2 mínimo de 86,0.
- (14) A refinaria obriga-se a fornecer gasolina “premium tipo A” que, misturada com AEAC, de acordo com percentual estabelecido pela legislação em vigor, atinja o índice antidetonante (MON + RON)/2 especificado para a gasolina “premium tipo C”.
- (15) Para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, bem como para o Distrito Federal, admite-se, nos meses de abril a novembro, um acréscimo de 7,00 kPa ao valor máximo especificado para a Pressão de Vapor.
- (16) Determinar no ponto imediatamente após a adição do AEAC.
- (17) Determinar no ponto imediatamente antes da adição do AEAC.
- (18) Deve ser medido quando houver dúvida quanto à ocorrência de contaminação.
- (19) Utilização permitida, conforme legislação em vigor, sendo, porém, proibida a utilização de aditivos a base de metais pesados

## MÉTODOS DAS ANÁLISES REGULARES DE ÓLEO DIESEL

### 1. Aspecto e Cor

A análise da aparência e cor do óleo diesel é realizada por meio de observação visual, com base na seguinte classificação: (i) Límpido e isento de impurezas; (ii) Límpido com impurezas; (iii); Turvo sem impurezas e (iv) Turvo com impurezas.

O ensaio é realizado através da adição de um volume da amostra, previamente homogeneizada, em uma proveta de 100 mL. A cor e o aspecto do material são então observados e os resultados apresentados de acordo com a classificação acima especificada.

### 2. Destilação

Os parâmetros de destilação (evaporados, ponto final de ebulição (PFE) e resíduos Finais) são determinados seguindo as normas NBR 9619 e ASTM 86. As destilações são realizadas nas amostras de óleo diesel, utilizando-se destiladores automáticos equipados com balão de destilação, condensador, banho de resfriamento, caixa protetora, aquecedor, suporte para balão, proveta graduada e sensor de temperatura.

A análise é realizada através da destilação de 100 mL de amostra, sob condições específicas conforme sua natureza. Para as amostras de óleo diesel são consideradas as percentagens de 50 e 85% de evaporados (expressos em graus Celsius), registrando-se também o resíduo da destilação, em % v/v.

### 3. Densidade

A densidade relativa (20° C/ 4° C) das amostras de óleo diesel é determinada segundo as normas ASTM D 1298, D-4052 ou NBR 7148, utilizando-se um densímetro digital DA-110, fabricado pela *Kyoto Electronics*. O ensaio, realizado posteriormente a calibração do equipamento com água destilada, consiste na medição de 100 mL de amostra e subsequente preenchimento da célula do densímetro para fazer a determinação da densidade. A leitura é realizada diretamente no visor do equipamento a 20° C, em g/cm<sup>3</sup>.

### 4. Índice de cetano

O índice de cetano é determinado a partir da utilização da norma ASTM D - 4737, cujo modelo matemático consiste de uma equação de quatro variáveis, baseadas nas medidas da densidade do óleo diesel a 15 °C e nas temperaturas dos 10, 50 e 90% de evaporados obtidos do seu processo de destilação.

## ESPECIFICAÇÃO PARA ÓLEO DIESEL AUTOMOTIVO COMERCIAL

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	ESPECIFICAÇÕES (1)				MÉTODOS	
		A (2)	B (3) (6)	C (6)	D (6)	ABNT	ASTM / IP
TIPOS							
APARÊNCIA Aspecto		Límpido e isento de impurezas				visual	visual
Cor ASTM, máx		3,0	3,0	3,0	3,0	MB-351	D-1500
COMPOSIÇÃO Enxofre, máx	% m/m	1,00	0,50	0,30	0,20	MB-902	D-1552, D-2622 ou D-4294
VOLATILIDADE Destilação: 50% recuperados 85% recuperados, máx Densidade a 20°C/4°C	° C	245,0 - 310,0 370,0 0,8200 a 0,8800	245,0 - 310,0 370,0 0,8200 a 0,8800	245,0 - 310,0 360,0 0,8200 a 0,8800	245,0 - 310,0 360,0 0,8200 a 0,8700	NBR-9619  NBR-7148	D-86  D-1298 ou D-4052
FLUIDEZ Viscosidade a 40°C	cSt	1,600 - 6,000	1,600 - 6,000	1,600 - 6,000	1,600 - 6,000	NBR-10441	D-445
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx	° C	(4)	(4)	(4)	(4)		IP-309
CORROSÃO Corrosividade ao cobre (3h a 50°C), máx		2	2	2	2	MB-287	D-130
COMBUSTÃO Cinzas, máx	% m/m	0,020	0,020	0,020	0,020	NBR-9842	D-482
RCR, nos 10% finais da destilação, máx	% m/m	0,25	0,25	0,25	0,25	MB-290	D-524
Número de cetano, mín		40,0 (5)	40,0 (5)	42,0 (5)	42,0 (5)		D-613
CONTAMINANTES Água e sedimentos	% v/v	0,05	0,05	0,05	0,05		D-1796

(1) - Todos os limites especificados são valores absolutos de acordo com a Norma ASTM E-29.

(2) - Comercializado no País, exceto nas Capitais citadas na TABELA IV e deixará de ser comercializado a partir de janeiro de 1998, sendo substituído pelo óleo diesel tipo "B".

(3) - Óleo diesel comercializado nas regiões metropolitanas das capitais constantes da TABELA IV, até outubro de 1997. A partir de janeiro de 1998, será comercializado em todo o Brasil, fora das regiões metropolitanas citadas.

(4) - Conforme TABELA II.

(5) - Fica permitido, alternativamente ao ensaio de número de cetano, a utilização do índice de cetano calculado pelo método ASTM D-4737, com valor mínimo de 45,0. Em caso de desacordo de resultados prevalecerá o valor do número de cetano.

(6) - Será comercializado nas regiões metropolitanas, de acordo com o Programa de Melhoria de Qualidade do Óleo Diesel.

## MÉTODOS DAS ANÁLISES REGULARES DE ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMUM (AEAC)

### 1. Aspecto e Cor

Análise realizada de forma visual, observando-se a aparência e cor do álcool etílico hidratado combustível de acordo com a seguinte classificação: (i) Límpido e isento de impurezas; (ii) Límpido com impurezas; (iii) Turvo sem impurezas e (iv) Turvo com impurezas.

O ensaio consiste da adição de um volume da amostra, previamente homogeneizada, em uma proveta de 100 mL. A cor e o aspecto do material são então observados e o resultado é fornecido de acordo com a classificação descrita acima.

### 2. Massa Específica

A Massa específica obtida a 20° C para as amostras de álcool etílico hidratado são determinadas com base nas normas ASTM D 1298, D-4052 ou NBR 7148, utilizando-se um densímetro digital DA-110, fabricado pela *Kyoto Electronics*.

O ensaio, realizado após a realização da calibração do densímetro com água destilada, consiste na medição de 100 mL de amostra e subsequente preenchimento a célula do equipamento para fazer a determinação da massa específica. A leitura é realizada diretamente no visor do equipamento, em g/cm<sup>3</sup>.

### 3. Teor Alcoólico (° INPM)

Com o valor das massas específicas nas temperaturas de aferição do densímetro obtêm-se o teor alcoólico em ° INPM através da utilização da norma NBR 5992/80.

Procedimento: Com o auxílio da tabela de conversão de massa específica a 20 (°C) determina-se o correspondente teor alcoólico, ° INPM .

### 4. Condutividade Elétrica

A determinação da condutividade elétrica do álcool combustível é realizada conforme a NBR 10547.

O teste baseia-se na medida da condutância elétrica dos íons presentes em solução e o instrumento utilizado para a execução do ensaio é um condutivímetro digital com compensação de temperatura, modelo Walklab da *Trans Instruments*.

O procedimento experimental consiste, após a calibração com solução padrão de KCl 0,01 mol L<sup>-1</sup>, na medição de 50 mL (volume suficiente para cobrir o eletrodo da célula de medição) em

um béquer previamente limpo e seco. A leitura é realizada diretamente no medidor de condutividade e fornecida em  $\mu\text{Scm}^{-1}$ .

### 5. pH (Potencial Hidrogeniônico)

A determinação do pH no álcool combustível é realizada de acordo com a norma NBR 10891.

O instrumento utilizado é um medidor de pH Digital PG 1000 da GEHAKA com compensação de temperatura e equipado com eletrodo de vidro combinado, sistema prata/cloreto de prata com eletrólito de referência e eletrodo de medição, além de um sensor de temperatura.

O ensaio, realizado após a calibração do pHmetro com soluções tampões de hidrogênio ftalato de potássio de pH 4,01, solução aquosa tampão de dihidrogênio fosfato de potássio e hidrogênio fosfato de sódio (pH 6,88), consiste na adição de uma quantidade de amostra (suficiente para cobrir o eletrodo da célula de medição) em um béquer previamente limpo e seco. A leitura é realizada diretamente no medidor de pH.

### 6. Teor de gasolina

O teor de gasolina no álcool combustível é determinado de acordo com a portaria CNP/DIRAB N° 209/81.

O procedimento consiste em colocar 50 mL da amostra em uma proveta de 100 mL com boca esmerilhada e adicionar água até completar o volume de 100 mL. Posteriormente tampa-se a proveta e inverte-se por 10 vezes para completar o processo de extração do álcool pela camada aquosa. A mistura fica em repouso por 15 minutos e finalmente anota-se o volume final da fase aquosa, em mililitros.

O teor de AEAC é calculado a partir da equação:

$$V=(Ax2)+1,$$

onde:

V = percentual em volume de gasolina na amostra;

A = volume de gasolina sobre a camada aquosa.

**ESPECIFICAÇÕES PARA O ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO COMBUSTÍVEL (AEAC) E  
ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL (AEHC)**

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALORES		
		AEAC	AEHC	MÉTODOS
Acidez total (em ácido acético)	mg/l	30 máx.	30 máx.	MB-2606
Aparência		(1)	(1)	Visual
Condutividade elétrica	μ S/m	500 máx.	500 máx.	MB-2788
Cloreto (Cl)	mg/Kg	-	1 máx.	MB-3055
Íons	-	-	-	MB-3056
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Mg/Kg	-	4 máx.	MB-3055
Massa Específica a 20°C (2)	kg/m <sup>3</sup>	791,5 Máx.	809,3 ± 1,7	MB-1533
Massa Específica a 20°C com até 30 ml/l de gasolina (3)	kg/m <sup>3</sup>	-	808,0 ± 3,0	MB-1533
Material não volátil a 105°C (2)	mg/l	30 máx.	30 máx.	MB-2123
Metais Cobre (Cu)	mg/Kg	0,07 máx.	-	MB-3054
Metais Ferro (Fe)	mg/Kg	-	5 máx.	MB-3222
Metais Sódio (Na)	mg/Kg	-	2 máx.	MB-2787
Potencial Hidrogeniônico	(pH)	-	7,0 ± 1,0	MB-3053
Resíduo por evaporação (3)	mg/l	-	50 máx.	MB-2053
Teor alcoólico (2)	° INPM	99,3 mín.	93,2 ± 0,6	MB-1533
Teor alcoólico c/até 30 ml/l de gasolina (3)	° INPM	-	92,6 a 94,7	MB-1533
Teor de gasolina (3)	ml/l	-	30 máx.	(4)

(1) Límpido e isento de material em suspensão

(2) especificação somente a nível de produção

(3) Especificação somente a nível de distribuição

(4) Portaria CNP/DIRAB n° 209/81, devendo o teor de gasolina ser calculado pela fórmula:

2. (vol. HC, ml) + 1 = % de gasolina.

**ANEXO III****ATIVIDADES DE EXTENSÃO**  
(PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, WORKSHOPS, ETC)

## Congressos

- ✓ Rio Oil & Gas Expo and Conference  
Local: Rio Centro – Rio de Janeiro/RJ.  
Data: 16 a 19/10/2000.
- ✓ XL Congresso Brasileiro de Química da ABQ.  
Local: UFPE – Recife/PE.  
Data: Outubro de 2000.
- ✓ XLI Congresso Brasileiro de Química – Oleoquímica Integrada com o Equilíbrio Ambiental.  
Local: Porto Alegre/RS.  
Data: 24 a 27/09/2001.
- ✓ XII Congresso de Iniciação Científica – CIC 2001, integrado aos eventos da VII CIENTEC - Feira de ciência, tecnologia e cultura da UFRN.  
Local: Natal/RN.  
Data: novembro/2001.
- ✓ 1º Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e Gás.  
Local: Natal/RN.  
Data: 25 a 28/11/2001.

## Cursos

- ✓ Technology of fuels, additives and lubricants  
Palestrante: Prof. Dr. Alan T. Riga (Cleveland State University)  
Local: Natal/RN  
Data: 15 a 17/08/2001

## Outros

- ✓ VI Semana de Ciência, Tecnologia e Cultura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Local: Natal/RN  
Data: 23 a 27/10/2000.
- ✓ I Workshop dos Programas de Recursos Humanos da ANP – UFRN para o Setor de Petróleo e Gás  
Local: Natal/RN  
Data: 10 a 12/04/2001

**ANEXO IV****PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

# INFLUÊNCIA DO ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO COMBUSTÍVEL (AEAC) NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DA GASOLINA<sup>1</sup>

Fransuelinton A. Souza (IC), João M. Andrade (IC), Énio G. A. Rocha (IC), Marina A. O. Medeiros (IC), Regina C. O. Brasil (PG), Nedja S. Fernandes (PG), Antonio S. de Araujo (PQ) e Valter José F. Jr. (PQ)  
Laboratório de Combustíveis - Departamento de Química - UFRN

A destilação da gasolina é um procedimento bastante utilizado para avaliar a qualidade dos combustíveis comercializados no país, devido à possibilidade de obter-se as temperaturas referentes a 10%, 50% e 90% de evaporados, como também, o ponto final de ebulição (PFE) e a % vlv dos resíduos.

De acordo com a legislação em vigor e pela norma NBR 13992, a gasolina deverá conter um teor de álcool etílico anidro de  $24 \pm 1$ . Durante o processo de destilação é possível determinar a temperatura na qual está ocorrendo a evaporação do álcool, uma vez que a velocidade de destilação é variável em função da volatilidade do álcool.

No presente trabalho foram destiladas 10 amostras de gasolina com os seguintes percentuais de AEAC: 19%; 21 °A; 23°~; 25% (3 amostras), 26%; 27% e 33%, além da gasolina tipo "A", isenta de álcool.

Os parâmetros de destilação foram determinados seguindo as normas NBR 9619 e ASTM D - 86 e as destilações foram realizadas nas amostras de gasolina utilizando-se um destilador automático ISL modelo AD86 SG, equipado com balão de destilação, condensador, banho de resfriamento, caixa protetora, aquecedor, suporte para balão, proveta graduada e sensor de temperatura (Pt 100 - classe A). No procedimento de análise destilam-se 100 mL de amostra, sob condições específicas conforme sua natureza.

As Figuras 1 e 2 apresentam as curvas de destilação da gasolina tipo "C" (amostra 9) e da gasolina tipo "A" (amostra 10), ou seja, isenta de AEAC. É observado que a evaporação do álcool na amostra 9 é iniciado em aproximadamente 70 ° C, indicando uma taxa anormal de destilação, enquanto que na gasolina tipo "A" a velocidade de destilação é praticamente constante uma vez que a referida amostra não contém o álcool etílico anidro.

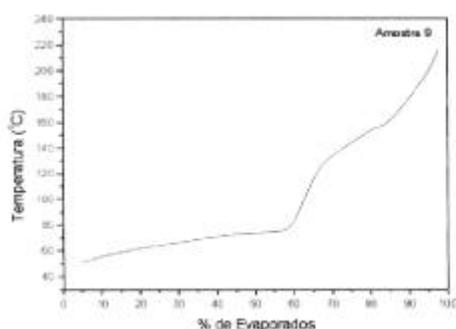


Figura 1: Curva de destilação da gasolina tipo "C"

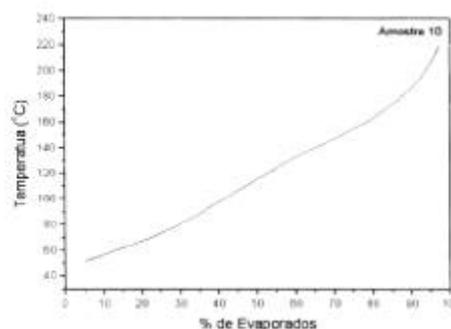


Figura 2: Curva de destilação da gasolina tipo "A"

Agradecimentos a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e UFRN.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado durante o XL Congresso Brasileiro de Química da ABQ. UFPE – Recife/PE. Outubro de 2000

## INFLUÊNCIA DO ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO (AEAC) NA OCTANAGEM (MON e RON) E NO ÍNDICE ANTIDETONANTE $(MON+RON)/2$ DA GASOLINA<sup>2</sup>

João M. Andrade (IC), Fransuelinton A. Souza (IC), Ênio G. A. Rocha (IC), Marina A. O. Medeiros (IC), Regina C. O. Brasil (PG), Nedja S. Fernandes (PG), Antonio S. de Araujo (PQ) e Valter José F. Jr. (PQ)  
Laboratório de Combustíveis - Departamento de Química - UFRN

A octanagem ou índice de octano é uma propriedade da gasolina que indica a qual limite máximo a mistura vapor de combustível + ar pode ser comprimido dentro da câmara de combustão sem que haja detonação espontânea, ou seja, sem que a mistura entre em combustão antes da centelha da vela de ignição. A octanagem é medida por dois métodos: O método motor (MON - Motor Octane Number) que avalia a resistência da gasolina à detonação quando o motor está operando em condições mais severas ou o método pesquisa (RON - Research Octane Number) que avalia a resistência da gasolina à detonação quando o motor está operando em condições mais suaves.

De acordo com o Regulamento Técnico ANP N ° 003/98, o número de octano motor - MON e o índice antidetonante  $(MON+RON)/2$  da gasolina deverá possuir um limite mínimo de 80,0 e 86,0, respectivamente. O álcool etílico anidro (AEAC) é adicionado à gasolina para aumentar a octanagem, dessa forma, nesse trabalho procurou-se avaliar a influência deste, na octanagem e no índice antidetonante da gasolina.

No presente trabalho foram analisadas 16 amostras de gasolina tipo "C" com os seguintes percentuais de AEAC: 11 %, 19%; 21 %; 23%; 24%, 25%, 26%; 27%, 28%, 29%, 33%, 37% e 95% respectivamente, além da gasolina tipo "A", isenta de álcool. O Número de Octano Motor - MON, o Número de Octano Pesquisa (RON) e o Índice Antidetonante  $[(MON+RON)/2]$  foram determinados utilizando-se um analisador de gasolina IROX 2000 da Grabner Instruments baseado em medidas de absorção na região do infravermelho na faixa de 2,7 a 15,4 Etm, usando o espectrômetro com Transformada de Fourier de acordo com a ASTM D 5845.

As Figuras 1 e 2 apresentam os gráficos da variação do número de octano motor - MON e do índice antidetonante em função da porcentagem do AEAC na gasolina. É observado que a adição na gasolina de 21 a 30 % vlv de álcool etílico anidro praticamente não interfere na octanagem.

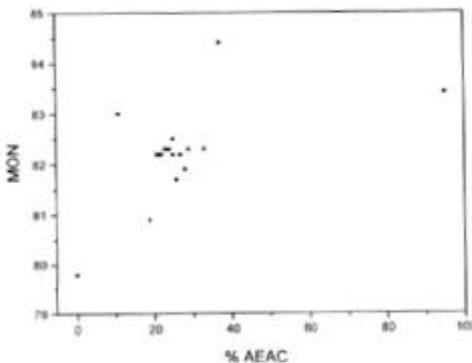


Figura 1 : Variação do número de octano motor -MON em função de AEAC na gasolina.

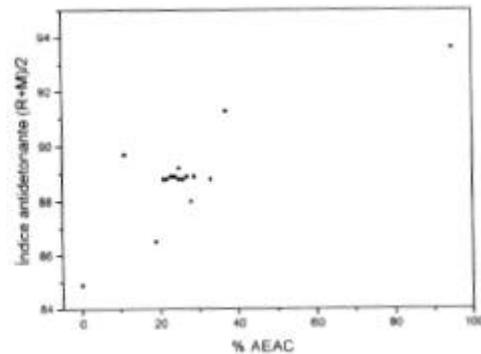


Figura 2: Variação do índice antidetonante  $[(MON+RON)/2]$  em função de AEAC na gasolina

Agradecimentos a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e UFRN

<sup>2</sup> Trabalho apresentado durante o XL Congresso Brasileiro de Química da ABQ. UFPE – Recife/PE. Outubro de 2000

**DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA  
GASOLINA ADITIVADA  
E DE SUA OCTANAGEM POR GC/MS<sup>3</sup>**

**Bolsista: Enio Gomes de Azevedo Rocha (IC)**

Orientadores: Antonio Souza de Araújo (DQ/UFRN)

Valter José Fernandes Jr. (DQ/UFRN)

Programa de Recursos Humanos da ANP em Engenharia de Processos em Plantas de Petróleo e Gás Natural na UFRN, desenvolvido junto ao Departamento de Graduação e Pós-graduação de Engenharia Química DEQ/PPGEQ - PRH14/99 e Laboratório de Combustíveis - Departamento de Química/DQ.



**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo comparar técnicas analíticas mediante desenvolvimento e validação de uma ferramenta computacional, de modo a permitir a equiparação de valores do Número Octano Motor (MON), Número Octano Pesquisa (RON) e do Índice Antidetonante/IAD de amostras de gasolina aditivada tipo "C", obtidos por cromatografia a gás acoplado a espectrômetro de massa (GC/MS), com os valores determinados através da espectroscopia no infravermelho (IV). Com base nas informações obtidas por ambas as técnicas, foram realizados cálculos envolvendo regressão polinomial de terceira ordem para correlacionar as classes de compostos presentes na gasolina (parafinas, olefinas, aromáticos, naftênicos e oxigenados) com o índice antidetonante  $[(MON + RON)/2]$ .

Os procedimentos experimentais consistiram na análise de dez amostras de gasolina aditivada tipo "C" utilizando GC/MS (Shimadzu, QP-5000) e um analisador de gasolina (Grabner Instruments, IROX 2000). Após a coleta de dados, os picos correspondentes ao cromatograma que apresentaram concentração superior a 0,10% (V/V) foram selecionados e identificados pelas respectivas classes, e suas concentrações correlacionadas com os valores de IAD obtidos por espectroscopia no infravermelho. A partir da função polinomial desenvolvida, foi elaborado um modelo matemático usando um programa em linguagem C++, através do qual os resultados de análises de outras amostras foram testados na tentativa de validar o método analítico em experimento. Os resultados apresentaram erro percentual máximo de 1,61%, 1,67%, 1,09%, 1,11% e 1,55% para determinação do IAD em função da composição de oxigenados, naftênicos, parafinas, aromáticos e olefinas, respectivamente, mostrando que a aplicação do método proposto é viável. Deste modo, otimizou-se a determinação do Índice Antidetonante via GS/MS, e a técnica também será usada na determinação do MON e do RON de diferentes amostras de gasolina aditivada.

**Palavras-chave:** Gasolina aditivada, Cromatografia a gás, Infravermelho e Octanagem

<sup>3</sup> Trabalho apresentado durante o I Workshop dos Programas de Recursos Humanos da ANP – UFRN para Setor de Petróleo e Gás. Natal/RN. 10 a 12/04/2001 (apresentação em pôster).

DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF  
ADDITIVED OF GASOLINE AND ITS OCTAN NUMBER BY  
GC/MS



Student: **Enio Gomes de Azevedo Rocha (IC)**  
Supervisores: Antonio Souza de Araujo (DQ/UFRN)  
Valter José Fernandes Jr. (DQ/UFRN)



ANP Training Program for Process Engineering in Plants of Petroleum and Natural Gas at UFRN, developed together to the Department of Graduation and Under-graduation of Chemical Engineering DEQ/PPGEQ - PRH14/99 and Fuels Laboratory - Department of Chemical/DQ.

**Abstract:** The aim of the present work is to compare analytical techniques by means of development and validation of a computational tool, in order to allow the equalization of the Motor Octane Number (MON), Research Octane Number (RON) and of the Antiknock Index/IAD of additived gasoline samples type "C", measured by gas chromatography coupled to mass spectrometer (GC/MS), with the values determined through infrared spectroscopy (IR). Based on the information by GC/MS and IR techniques, several calculations have been carried out involving polynomial regression of third order to correlate the composition classes present in the gasoline (paraffins, olefins, aromatics, naphthenes and oxygenates) with the Antiknock Index [(MON + RON)/2].

The experimental procedures consisted in the analysis of ten samples of additived gasoline type "C" using GC/MS (Shimadzu, QP-5000) and a gasoline analyzer (Grabner Instruments, IROX 2000). From the GC/MS data, the peaks corresponding in the chromatogram with concentration higher than 0,10% (V/V) were selected and identified by the respective functional class, and its concentrations related with the values of the IAD obtained by the IR analyzer. From the developed polynomial function, a mathematical model was elaborated using a program in language C++, by which the results to other samples were tested to validate the analytical method. The results presented maximum percent error of 1.61%, 1.67%, 1.09%, 1.11% and 1.55% for the IAD in function of the composition of oxygenates, naphthenes, paraffins, aromatics and olefins, respectively, showing that the application of the proposed method is viable. Thus, the determination of the antiknock index by GS/MS was optimized, and the technique also will be used to determine the MON and RON for different samples of additived gasoline.

**Keywords:** Additived gasoline, Gas Chromatography, Infrared and Octan Number.

## DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA GASOLINA ADITIVADA E DE SUA OCTANAGEM POR GC/MS<sup>4</sup>

ROCHA, E. G. de A. (IC)<sup>1</sup>, ARAÚJO, A. S. de (PQ)<sup>2</sup> & FERNANDES Jr., V. J (PQ)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Química, <sup>2</sup> Departamento de Química  
Laboratório de Combustíveis - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

A octanagem ou índice de octano mede a capacidade da gasolina resistir à detonação ou “batida de pino”. Ela pode ser medida por dois métodos: Método Motor (MON - Motor Octane Number), regulamentado pela Norma ASTM D 2699, e o Método Pesquisa (RON - Research Octane Number), regulamentado pela Norma ASTM D 2700.

O Índice Antidetonante calculado pela média entre os dois métodos,  $[(MON+RON)/2]$ , consiste na capacidade da gasolina em resistir à detonação.

Estudos para desenvolvimento de um método analítico de determinação do Número Octano Motor (MON), Número Octano Pesquisa (RON) e Índice Antidetonante (IAD) de amostras de gasolina tipo C aditivada, através de cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa (GC/MS), foram desenvolvidos visando a obtenção de resultados mais precisos. Desta forma, tais parâmetros passarão a ser estabelecidos a partir de padrões específicos de cromatografia contendo os principais constituintes da gasolina, e não com base apenas na correlação com um banco de dados, como ocorre no caso do infravermelho, método atualmente utilizado.

O procedimento experimental consistiu na análise de várias amostras de gasolina tipo C aditivada utilizando GC/MS (Shimadzu, QP-500) e um analisador de gasolina (Grabner Instruments, IROX 2000).

Através do analisador de gasolina foram determinados o Número de Octano Motor, o Número de Octano Pesquisa e o Índice Antidetonante, correspondentes a cada amostra de gasolina analisada.

Por meio das análises cromatográficas, foi feito estudo detalhado de identificação dos grupos de compostos presentes na gasolina. Os picos correspondentes ao cromatograma que apresentaram concentração superior a 0.10% (V/V) foram identificados pelas respectivas classes - olefinas, parafinas, aromáticos, naftênicos e oxigenados.

Uma vez caracterizados, os grupos de compostos foram correlacionados, aplicando-se regressão polinomial de terceira ordem, com os valores de MON, RON e IAD obtidos por espectroscopia no infravermelho (IV).

As fórmulas gerais obtidas através das correlações para determinação do Número Octano Motor, Número Octano Pesquisa e o Índice Antidetonante, apresentaram erro percentual médio de 0,55%; 0,49% e 0,39%, respectivamente, mostrando que a aplicação do método proposto é viável.

(PRH14/99 ANP)

IC

---

<sup>4</sup> Trabalho apresentado na XIV Jornada de Iniciação Científica, realizada durante o XLI Congresso Brasileiro de Química – Oleoquímica Integrada com o Equilíbrio Ambiental. Porto Alegre/RS. 24 a 27 de setembro de 2001 (apresentação em pôster).



## DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE ANTIDETONANTE UTILIZANDO PLATAFORMA JAVA<sup>5</sup>

ROCHA, E. G. de A. (IC)<sup>1</sup>, ARAÚJO, A. S. de (PQ)<sup>2</sup> & FERNANDES Jr., V. J (PQ)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Química, <sup>2</sup> Departamento de Química  
Laboratório de Combustíveis - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Para satisfazer a alta performance de motores automotivos, a gasolina deve atender a especificações exatas. O combustível deve evaporar facilmente e queimar completamente quando ocorre a centelha na vela de ignição. Uma detonação antecipada do combustível no cilindro pode causar uma "batida de pino" no motor.

As batidas são causadas por reações químicas não desejáveis na câmara de combustão e tais reações são funções de espécies químicas específicas do próprio combustível. É certo assumir, portanto, que a estrutura química tem um importante papel na resistência de um composto particular à detonação.

Octanagem é uma importante variável relacionada à combustão e, provavelmente, o mais simples parâmetro reconhecido da qualidade da gasolina.

ARAÚJO, FERNANDES Jr. e ROCHA (2001), propuseram um método analítico para determinação da octanagem de amostras de gasolina tipo C aditivada, através de cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa (GC/MS), em substituição ao método de Infravermelho, utilizado internacionalmente e adotado no Brasil pela Agência Nacional de Petróleo. Neste caso, a cromatografia mostrou-se como uma alternativa viável na determinação da octanagem, seja para assegurar maior precisão na estimativa dessas propriedades, seja para auxiliar no trabalho de monitoramento da qualidade dos combustíveis.

A necessidade de associar precisão e rapidez ao estudo levou ao desenvolvimento de algoritmos de cálculo, baseados nos modelos matemáticos propostos pelos pesquisadores, o que permitiu a confecção de um software para determinação do Índice Antidetonante, que consiste na capacidade da gasolina resistir à detonação.

O software, original e dotado de ambiente com interface gráfica amigável que permite uma fácil utilização das ferramentas disponíveis, foi desenvolvido em plataforma Java e tornou possível otimizar a técnica analítica proposta para determinação da octanagem via GC/MS.

(PRH14/99 ANP)

IC

---

<sup>5</sup> Trabalho apresentado no XLI Congresso Brasileiro de Química – Oleoquímica Integrada com o Equilíbrio Ambiental. Porto Alegre/RS. 24 a 27 de setembro de 2001 (apresentação em pôster e oral), e durante o XII Congresso de Iniciação Científica – CIC 2001. Natal/RN. Novembro de 2001 (apresentação oral).



# DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE ANTIDETONANTE UTILIZANDO PLATAFORMA JAVA

ROCHA, E. G. de A. (IC), ARAÚJO, A. S. de (PQ) & FERNANDES Jr., V. J. (PQ)

Laboratório de Combustíveis - Departamento de Química - UFRN

CP 1662 – Natal/RN. CEP 59078-970

E-mail: [azevedogr@yahoo.com.br](mailto:azevedogr@yahoo.com.br)

## INTRODUÇÃO

As características de qualidade dos combustíveis automotivos são controladas pela Agência Nacional do Petróleo – ANP e dentre as propriedades previstas na especificação da gasolina, a octanagem é uma importante variável relacionada à combustão e, provavelmente, o mais simples parâmetro reconhecido da qualidade da gasolina.

Não obstante, quando se trata de definir a octanagem requerida pelos motores e que, conseqüentemente, deve ser atendida pelas gasolinas, países como os EUA e o Brasil adotam, ao invés do número de octanagem MON e RON, o índice antidetonante (IAD) como representativo do desempenho antidetonante do combustível (capacidade da gasolina resistir à detonação). O que ocorre é que dependendo do projeto do motor do veículo e das condições em que ele opera, o desempenho antidetonante do combustível pode ser melhor representado, em alguns casos pela octanagem MON e em outros pela octanagem RON. Com o IAD estima-se o desempenho antidetonante para um universo mais amplo de veículos, o que representa vantagem em relação a octanagem MON ou RON separadamente. O IAD é definido como a média entre os dois métodos: [(MON + RON)/2].

ARAÚJO, FERNANDES Jr. e ROCHA (2001), propuseram um método analítico para determinação da octanagem e IAD de amostras de gasolina tipo C aditivada, através de cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa (GC/MS), em substituição ao método de Infravermelho, utilizado internacionalmente e adotado no Brasil pela Agência Nacional de Petróleo. Neste caso, a cromatografia mostrou-se como uma alternativa viável na determinação da octanagem, seja para assegurar maior precisão na estimativa dessas propriedades, seja para auxiliar no trabalho de monitoramento da qualidade dos combustíveis.

A necessidade de associar precisão e rapidez aos estudos levou ao desenvolvimento de algoritmos de cálculo, baseados nos modelos matemáticos propostos pelos pesquisadores (Quadro 1), o que permitiu a confecção de um software para determinação do Índice Antidetonante.

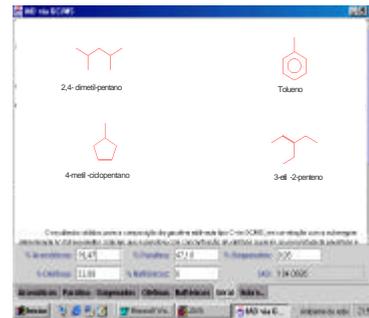


Figura 1 – Tela principal do software para determinação do índice antidetonante de gasolina tipo C aditivada

Amostra 08 - GASOLINA ADITIVADA

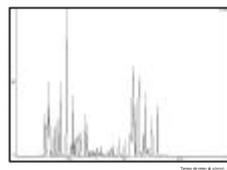


Figura 2 – Cromatografia da amostra 08 de gasolina tipo C aditivada

Os valores percentuais apresentados abaixo correspondem às as concentrações das classes de substâncias presentes na gasolina analisada, obtidos a partir da Tabela 1.

Olefinas Parafinas Aromáticos Oxigenados Nafênicos

16,35 % 38,48 % 42,09 % 1,82 % 0 %

% Total: 98,74

Número	Tempo de Retenção	Tempo	Área	Área %Total	Classe do Composto		
4	7,042	6,867	7,200	6999067	143727	1,90	Parafina
5	7,319	7,200	7,400	1281802	26852	0,35	Parafina
6	7,464	7,400	7,508	2906342	70349	0,79	Olefina
7	7,553	7,508	7,658	6086535	105451	1,66	Ficcol
8	7,791	7,658	7,868	12017135	225130	3,27	Olefina
9	7,506	7,868	7,992	3530186	76883	0,96	Olefina
10	8,050	7,992	8,242	9489225	160570	2,30	Olefina
11	8,469	8,275	8,900	1123332	20748	0,31	Olefina
12	8,031	8,942	9,225	3351399	615348	0,91	Olefina
13	8,400	9,225	9,475	6123483	103822	1,66	Parafina
14	8,557	9,475	9,667	5621060	119945	1,53	Parafina
15	10,028	9,925	10,142	6488991	130249	1,76	Parafina
17	10,704	10,517	10,775	14353795	254843	3,93	Parafina
21	11,934	11,667	12,025	4499874	514123	12,23	Parafina
22	12,735	12,658	12,792	841289	200337	0,23	Olefina
23	12,658	12,792	12,956	1937059	43272	0,53	Olefina
24	13,311	13,142	13,400	1122987	208877	3,03	Olefina
25	13,523	13,400	13,593	1768771	444398	4,49	Parafina
26	13,636	13,593	13,717	620697	202683	0,17	Parafina
27	13,828	13,717	13,867	1161912	318637	0,32	Parafina
28	13,909	13,867	14,050	2566507	646565	0,70	Parafina
29	14,305	14,200	14,367	2862583	678190	0,78	Olefina
30	14,437	14,367	14,500	2395703	565510	0,65	Olefina
31	14,567	14,500	14,642	2917956	823333	0,79	Olefina
32	15,048	14,908	15,108	3862678	827211	1,08	Parafina
35	16,213	16,062	16,333	8626565	1426931	2,62	Parafina
36	18,696	18,525	18,767	6781252	1106299	1,57	Parafina
37	17,016	16,950	17,092	662559	200345	0,19	Parafina
38	17,360	17,292	17,417	721012	204548	0,20	Olefina
40	17,762	17,683	17,842	543046	150437	0,15	Arom. Itco
41	18,137	18,050	18,192	666368	216367	0,23	Parafina
43	18,519	18,442	18,575	608330	147814	0,17	Parafina
45	18,629	18,652	18,883	1345109	311298	0,37	Parafina
46	18,909	18,883	18,983	487952	165729	0,13	Olefina
47	19,258	19,142	19,325	776541	147398	0,21	Parafina
48	19,369	19,325	19,498	381294	9669	0,10	Parafina
49	19,437	19,498	19,517	32143	11681	0,10	Olefina
50	19,745	19,642	19,833	167186	38858	0,45	Olefina
52	20,085	20,000	20,167	494343	99304	1,11	Olefina
56	21,283	21,192	21,350	679650	166367	0,18	Parafina
57	21,409	21,350	21,598	761359	194449	0,21	Olefina
58	21,647	21,567	21,717	493370	136792	0,14	Parafina
59	22,216	22,117	22,283	1292223	303486	0,35	Arom. Itco
62	22,812	22,467	22,767	250119	396348	0,68	Arom. Itco
65	23,697	23,483	23,763	3548650	647573	0,96	Arom. Itco

Tabela 1 – Dados obtidos por cromatografia da amostra 8 de gasolina tipo C aditivada

**Fórmula geral proposta para a determinação do Índice Octano Motor (MON) via GC/MS:**

$$MON = 100,435 + 0,09140 + 0,48142N + 0,19113X + (-0,6236A) + (-1,0589P) + (-0,0038O) + (-4,4502N^2) + (-0,0901X^2) + 0,02161A^2 + 0,03132P^2 + 4,27922E \cdot 05O^2 + 7,13498N^2 + 0,010548X^2 + (-0,000234A^2) + (-0,000298P^2)$$

Erro Percentual Médio (%Em) = 0,55

**Fórmula geral proposta para a determinação do Índice Octano Pesquisa (RON) via GC/MS:**

$$RON = 115,071656 + 0,18659^{\circ}O + 3,459298^{\circ}N + 0,777354^{\circ}X + 0,778142^{\circ}A + (-1,04904^{\circ}P) + (-0,00740^{\circ}O^2) + (-21,803398N^2) + (-10,27156X^2) + 0,028156A^2 + 0,030992P^2 + 0,000087O^3 + 30,379586N^3 + 0,026444X^3 + (-0,000278A^3) + (-0,0002968P^3)$$

Erro Percentual Médio (%Em) = 0,49

**Fórmula geral proposta para a determinação do Índice Antidetonante (IAD) via GC/MS:**

$$IAD = 107,775 + 0,134170 + 2,05331N + 0,48637X + (-0,7042A) + (-1,04261P) + (-0,00540^{\circ}O^2) + (-13,637N^2) + (-0,1818X^2) + 0,02391A^2 + 0,030824P^2 + 6,31446E \cdot 05O^2 + 19,512188N^2 + 0,018694X^2 + (-0,000256A^2) + (-0,000294P^2)$$

Erro Percentual Médio (%Em) = 0,39

Onde: O = % Olefinas; N = % Nafênicos; X = % Oxigenados; A = % Aromáticos; P = % Parafinas.

Quadro 1 – Modelos matemáticos propostos para a determinação dos valores de MON, RON e IAD obtidos via GC/MS e Infravermelho

## OBJETIVOS

Desenvolvimento e validação de ferramenta computacional, visando otimizar a técnica analítica proposta para determinação do Índice Antidetonante de amostras de gasolina tipo C aditivada via GC/MS.

## SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE ANTIDETONANTE

O software, original e dotado de ambiente com interface gráfica amigável, permite uma fácil utilização das ferramentas disponíveis e foi desenvolvido em plataforma Java, versão 1.2.2.

Como qualquer aplicativo do Office for Windows, o software pode ser iniciado de duas maneiras:

- a partir do menu Iniciar
- através da barra de atalhos

Quando o programa é iniciado a pasta de trabalho que é mostrada apresenta 01 (uma) planilha "Geral" ativada e outras 06 (seis) planilhas em segundo plano.

As pastas de trabalho se constituem em arquivos básicos, contendo documentos que apresentam informações sobre o projeto de pesquisa e exemplos, por classes de compostos, das estruturas químicas dos hidrocarbonetos detectados através dos espectros de massa relativos às amostras de gasolina tipo C aditivada analisadas (figura 1).

A entrada de dados pode ser feita através do mouse ou utilizando a tecla TAB, para ativar a célula desejada. Uma vez digitalizados os valores percentuais das classes de compostos obtidos via GC/MS (figura 2), o valor relativo ao índice antidetonante da amostra analisada é apresentado automaticamente na célula "IAD" constante na tela do programa (figura 1).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das ferramentas disponíveis no software tem sido possível estudar detalhadamente a influência das classes de compostos, individualmente ou em conjunto, sobre o poder antidetonante do combustível.

Os valores estimados para o IAD a partir dos percentuais das classes de compostos obtidos via GC/MS indicam que a gasolina na qual a concentração total de olefinas é superior ao percentual de parafinas e aromáticos apresentam uma octanagem inferior. Por outro lado, o aumento do número de aromáticos tem influenciado diretamente no poder antidetonante do combustível.

## CONCLUSÕES

A aplicação do software como ferramenta para estimar o índice antidetonante de gasolinas tipo C aditivadas viabilizou a obtenção mais fácil de resultados, permitindo associar precisão e rapidez aos trabalhos de pesquisa, e tornou possível otimizar a técnica analítica proposta por ARAÚJO, FERNANDES Jr. e ROCHA (2001).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KIRK, Raymond E., OTHMER, Donald F. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4. ed. v. 12, Canadá: Wiley-Interscience, 1997. 1091p. p. 341 - 388. Gasoline and Other Motor Fuels.
- [2] Relatório Mensal de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis. Laboratório de Combustíveis – Departamento de Química/UFRN, Março, 2001.

## DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CETANO EM ÓLEO DIESEL<sup>6</sup>

ROCHA, E. G. de A. (IC)<sup>1</sup>, ARAÚJO, A. S. de (PQ)<sup>2</sup> & FERNANDES Jr., V. J (PQ)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Química, <sup>2</sup> Departamento de Química

Laboratório de Combustíveis - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

O óleo diesel é um derivado de petróleo de faixa de destilação entre 100 e 390 °C, com um conjunto de propriedades que permitem a sua utilização em máquinas movidas por motores que seguem o ciclo diesel. Sua composição química influi diretamente no seu desempenho e está relacionada com o tipo de petróleo e com os processos utilizados para a sua produção nas refinarias. De forma geral, é um combustível formulado através da mistura de diversas correntes como querosene, gasóleo, nafta pesada, diesel leve, diesel pesado, etc., provenientes das diversas etapas de processamento do óleo bruto.

Quando se trata de definir as especificações de qualidade para o óleo diesel, o Número de Cetano é uma importante variável associada ao desempenho do veículo; ele mede a qualidade de ignição do combustível para máquina diesel e tem influência direta na partida do motor e no seu funcionamento sob carga. Fisicamente é um parâmetro que se relaciona diretamente com o atraso de ignição no motor, de modo que quanto maior o Número de Cetano menor será o atraso de ignição e a quantidade de combustível residual na câmara de combustão, quando ocorrer a ignição. A natureza química do combustível é um fator determinante na redução desse atraso.

A determinação do número de cetano requer o uso de um motor de teste padrão (motor CFR) operando sob condições também padronizadas. Devido às dificuldades inerentes ao uso deste método de determinação (alto custo, longa duração, mão-de-obra especializada, etc) algumas correlações, como o ÍNDICE DE CETANO, vêm sendo propostas para previsão deste número.

A correlação para determinação de índice de cetano que consta na atual especificação é o método ASTM D 4737- 96a, que se baseia nas medidas da densidade do óleo diesel a 15 °C e nas temperaturas dos 10, 50 e 90% de evaporados obtidos do seu processo de destilação. Com base no modelo matemático proposto pela norma foi desenvolvido um programa para determinação do índice cetano, utilizando linguagem Delphi, versão 1.0.

O AFFRO, um programa original e dotado de ambiente com interface gráfica amigável, permite a abertura e escrita de arquivos no formato TXT (com ou sem compressão) e disponibiliza ferramentas úteis, como salvamento e impressão de dados, possuindo uma capacidade de armazenamento para mais 100 resultados de análises, associados às informações de registro e região das respectivas amostras de óleo diesel analisadas; bem como permite executar operações elementares entre textos (recortar, copiar, etc).

O uso desta ferramenta computacional tem viabilizado a obtenção mais rápida de resultados e auxiliado no trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis da UFRN.

Agradecimentos a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e UFRN

---

<sup>6</sup> Trabalho apresentado durante 1º Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e Gás. Natal/RN. 25 a 28 novembro de 2001 (apresentação em pôster).



Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Agência Nacional de Petróleo  
Programa de Recursos Humanos para o Setor  
de Petróleo e Gás – PRH-14



## DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CETANO EM ÓLEO DIESEL

ROCHA, E. G. de A. (IC), ARAÚJO, A. S. de (PQ) & FERNANDES Jr., V. J. (PQ)

Laboratório de Combustíveis - Departamento de Química - UFRN

CP 1662 – Natal/RN. CEP 59078-970

E-mail: [ufrn.fuel@bol.com.br](mailto:ufrn.fuel@bol.com.br)



### INTRODUÇÃO

O óleo diesel é um derivado de petróleo de faixa de destilação entre 100 e 390°C, com um conjunto de propriedades que permitem a sua utilização em máquinas movidas por motores que seguem o ciclo diesel. Sua composição química influi diretamente em seu desempenho e está relacionada com o tipo de petróleo e com os processos utilizados para a sua produção nas refinarias. De forma geral, é um combustível formulado através da mistura de diversas correntes como querosene, gasóleo, nafta, diesel leve, diesel pesado, etc., provavelmente das diversas etapas de processamento do óleo bruto.

As proporções destes componentes no combustível são aquelas que permitem enquadrar o produto final dentro das especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do mesmo, além de minimizar o desgaste nos motores e componentes e manter a emissão de poluentes, gerados na queima do produto, em níveis aceitáveis [3].

### OBJETIVO

Desenvolvimento e validação de ferramenta computacional, visando otimizar o método de cálculo proposto para estimativa do Índice de Cetano em Óleo Diesel Automotivo Comercial, de acordo com o método ASTM D 4737-96a.

### O NÚMERO DE CETANO

Quando se trata de definir as especificações de qualidade para o óleo diesel, o Número de Cetano é uma importante variável associada ao desempenho do veículo; ele mede a qualidade de ignição do combustível para máquina diesel e tem influência direta na partida do motor e no seu funcionamento sob carga. Fisicamente é um parâmetro que se relaciona diretamente com o atraso de ignição no motor, de modo que quanto maior o Número de Cetano menor será o atraso de ignição e a quantidade de combustível residual na câmara de combustão, quando ocorrer a ignição. A natureza química do combustível é um fator determinante na redução desse atraso.

Combustíveis com alto teor de parafinas apresentam alto teor de cetano, enquanto produtos ricos em hidrocarbonetos aromáticos apresentam baixo número de cetano. Devido a isso, na determinação dessa característica o desempenho do diesel é comparado com dois padrões de referência de comportamentos distintos na câmara de combustão: o hexadecano, produto parafínico comercializado como cetano, com excelente qualidade de ignição (mínimo atraso) e ao qual é atribuído um número de cetano 100 (cem); e o alfa-metil-naftaleno, um produto aromático de menor qualidade de ignição, com número de cetano 0 (zero).

A determinação do número de cetano requer o uso de um motor de teste padrão (motor CFR) operando sob condições também padronizadas. Devido às dificuldades inerentes ao uso deste método de determinação (alto custo, longa duração, mão-de-obra especializada, etc) algumas correlações, como o ÍNDICE DE CETANO, vêm sendo propostas para previsão deste número.

O Índice de Cetano é determinado pelas refinarias como substituto do número de cetano, pela sua praticidade. Baixos valores desse índice acarretam dificuldades de partida a frio, depósito nos pistões e mau funcionamento do motor. Por outro lado, valores altos influenciam positivamente na partida a frio do motor, permitindo ainda um aquecimento mais rápido; reduz a possibilidade de erosão dos pistões; impede a ocorrência de pós-ignição; possibilita funcionamento do motor com baixo nível de ruído, além de minimizar a emissão de odores e de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado [2].

A correlação para determinação de Índice de Cetano que consta na atual especificação é o método ASTM D 4737-96a, que consiste de uma equação de quatro variáveis, baseadas nas medidas da densidade do óleo diesel a 15 °C e nas temperaturas (°C) dos 10, 50 e 90% de evaporados obtidos do seu processo de destilação [4].

Com base no modelo matemático proposto pela norma foi desenvolvido um programa para determinação do Índice Cetano, utilizando Plataforma Java.

### ALGORITMO

<i>Especificação do problema</i>
Determinação do Índice de Cetano para Óleo Diesel Automotivo Comercial
<i>Definição das variáveis</i>
CCI, D, T <sub>10</sub> , T <sub>50</sub> , T <sub>90</sub> , D <sub>N</sub> , T <sub>10N</sub> , T <sub>50N</sub> , T <sub>90N</sub> , B
Dados de saída: CCI = Índice de Cetano
Dados de entrada: D = Densidade do óleo diesel a 15°C T10 = Temperatura referente a 10% de evaporados do processo de destilação T50 = Temperatura referente a 50% de evaporados do processo de destilação T90 = Temperatura referente a 90% de evaporados do processo de destilação
<i>Processamento</i>
Leia (D, T <sub>10</sub> , T <sub>50</sub> , T <sub>90</sub> );
Faça
(Modelo proposto pela Norma ASTM 4737-96a)
Escreva (CCI);

### FERRAMENTA COMPUTACIONAL

O programa **AFFRO** foi desenvolvido para estimar o Índice de Cetano, tendo sido modelado a partir dos recursos de tecnologia Java, na versão 1.2.2.

A plataforma Java é uma nova forma de computação, baseada no poder das redes e na idéia de que o mesmo software deve rodar em computadores de diferentes tipos ou portes, aparelhos de consumo e dispositivos diversos. Ela permite utilizar a mesma aplicação a partir de qualquer equipamento, seja ele um PC, um Macintosh, um computador em rede, ou aparelhos de consumo de última geração [1].

Componentes de softwares e programas baseados em tecnologia Java operam em qualquer lugar, desde os maiores dispositivos aos supercomputadores e a independência de plataforma possibilita a seleção do hardware e sistema operacionais mais apropriados para as necessidades dos clientes [1].

A seguir é feita uma apresentação do programa (Figura 1), descrevendo-se suas ferramentas disponíveis, em seus principais aspectos teóricos, bem como suas características computacionais.

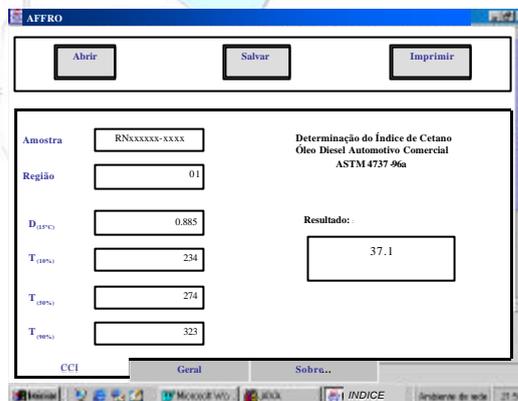


Figura 1 – Tela principal do programa para determinação do Índice de Cetano

O **AFFRO**, um programa original e dotado de ambiente com interface gráfica amigável, permite a abertura e escrita de arquivos nos formatos TXT e DOC (com ou sem compressão) e disponibiliza ferramentas úteis, como salvamento e impressão de dados, possuindo uma capacidade de armazenamento para até 100 resultados de análises, associados às informações de registro e região das respectivas amostras de óleo diesel analisadas; bem como permite executar operações elementares entre textos (recortar, copiar, colar, etc).

Quando o programa é iniciado a pasta de trabalho mostrada apresenta 01 (uma) planilha "CCI" ativada e outras 02 (duas) planilhas em segundo plano. Uma vez digitalizados os dados de entrada, o valor relativo ao Índice de Cetano da amostra de diesel analisada é apresentado automaticamente na célula "resultado", constante na tela do programa.

As pastas de trabalho se constituem em arquivos básicos, contendo documentos que apresentam informações sobre o trabalho científico, descrição do programa e referências sobre os alunos, pesquisadores, empresas, órgãos e instituições envolvidas no projeto de pesquisa.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

O uso desta ferramenta computacional tem viabilizado a obtenção mais rápida de resultados e auxiliado no trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis da UFRN. Seu processamento é utilizado com a finalidade principal de determinação do Índice de Cetano, uma importante variável relacionada à qualidade de ignição do óleo diesel e, por conseguinte, ao desempenho global dos motores que seguem o ciclo diesel.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. DEZ ANOS, liderança consolidada em uma trajetória de ousadia e inovação. *SUN NETWORK*, São Paulo: Sun Microsystems do Brasil, ano IX, n. 33, p. 20, agosto, 2001.
- [2] <http://www.cenetro.unicamp.br/petroleo/gasolina.html>
- [3] <http://www.petrobras.com.br/comp/gasolina.html>
- [4] *Relatório Mensal de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis*. Laboratório de Combustíveis - Departamento de Química/UFRN, Março, 2001.

Agradecimentos – ANP/PRH14 /99

**ANEXO V****INDICADORES DE FLUXO PROFISSIONAL**

Contatos externos com empresas relacionadas à área de especialização:

- ✓ 23/03/2001: visita técnica às Companhias Politeo Industria e Comércio S/A, e EMCA - Empresa Carioca de Produtos Químicos. Pólo Petroquímico de Camaçari/BA
- ✓ 14/08/2001: visita técnica a Lubnor – Fábrica de Lubrificantes e Resíduos de Petróleo do Nordeste. Fortaleza/CE.

O objetivo proposto foi o de viabilizar o acesso a novas tecnologias e recursos utilizados por empresas que atuam nos diversos ramos da cadeia de petróleo e petroquímica, e na área de bens e serviços, contribuindo para que os estudantes tenham a garantia de um conhecimento atualizado e adaptado às realidades do mercado nacional no setor de petróleo e gás.

Contatos externos com Instituições de ensino e pesquisa relacionadas à área de especialização

- ✓ 20/10/2000: visita ao CENPES – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo M. de Mello. Rio de Janeiro/RJ.

A visita contribuiu para o aprimoramento dos conhecimentos sobre as experiências brasileiras de exploração e produção de petróleo, possibilitando o acesso a tecnologias utilizadas, além de uma melhor visão sobre as áreas de engenharia básica e pesquisa industrial, em especial, relacionadas com atividades de processamento de petróleo e derivados, química analítica e avaliações de petróleo.

Contatos virtuais com profissionais ligados à área de especialização (participação ativa em redes, grupos de discussão (chat), listas especializadas na internet). Nomear:

- <http://www.periodicos.capes.gov.br>;
- <http://www.prossiga.cnpq.br/dep-fem-unicamp/petroleo/> (Biblioteca virtual de Eng. do Petróleo)
- <http://www.mecanicaonline.com.br>

**ANEXO VI**

**HISTÓRICO ESCOLAR**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
DAE - DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACAO ESCOLAR

PAG 001

HISTORICO ESCOLAR

Emitido em 21AG001-

! Aluno: 9516794 ENIO GOMES DE AZEVEDO ROCHA  
! Curso: 0309 ENGENHARIA QUIMICA  
! 309A ENGENHARIA QUIMICA

! Data de Nascimento: 05/06/75  
! Filiacao: FRANCISCO ROCHA BONDIN  
! ROSILDA GOMES DE AZEVEDO ROCHA  
! Estado Civil: SOLT  
! Naturalidade: NATAL RN BRASIL  
! Nacionalidade: BRASILEIRA  
! Carteira de Identidade: RG 1000572 CPF RN  
! Endereco Residencial:  
! AV ODILON GOMES DE LIMA, 1716  
! 59078-400 CIDADE JARDIM  
! NATAL RN  
! Telefone: 217-0370

! Curso: 0309 ENGENHARIA QUIMICA  
! 309A ENGENHARIA QUIMICA  
! Nivel: GRADUACAO Período: INTEGRAL  
! Setor: CENTRO DE TECNOLOGIA  
! Reconhecimento: DECRETO FEDERAL N° 82.170 DE 24/03/78 - S.O.U. 25/03/78  
! Ingresso em 99.1 por REDPCAO IRA: 0,8192  
! Curriculo: 003 Status Atual: ATIVO Semestre atual: 05  
! Perfil no inicio do curso: +00 semestres

Disciplinas e Creditos

! Sem! Disciplina	! Tur!	Status	! Freq!	! Nota	! Resultado	! Cred	! Aut!	! Láb	! Est!
! 99.1! 0301 METODOLOGIA CIENTIFICA	!	CUMPRIU	! 100	! 10,0	! APROVADO	! 4	60	0	0!
! ! 0303 EXPRESSAO GRAFICA	! 03	CURSADO	! 96	! 9,7	! APROVADO	! 4	60	0	0!
! ! CIV302 MECANICA TECNICA	! 02	CURSADO	! 100	! 9,4	! APROVADO	! 4	60	0	0!
! ! DEF001 EDUCACAO FISICA I	!	CUMPRIU	! 83	! 8,0	! APROVADO	! 0	0	30	0!
! ! DEF002 EDUCACAO FISICA II	!	CUMPRIU	! 96	! 9,2	! APROVADO	! 0	0	30	0!
! ! 0101001 INTRODUCAO A CIENCIA DA COMPUTACAO	!	CUMPRIU	! 100	! 9,5	! APROVADO	! 6	45	45	0!
! ! DIR320 ALGORITMO E PROGRAMACAO DE COMPUTADORES	!	CUMPRIU	! 100	! 9,0	! APROVADO	! 4	60	0	0!
! ! DIR321 LINGUAGENS DE PROGRAMACAO	!	CUMPRIU	! 100	! 9,9	! APROVADO	! 4	45	15	0!
! ! ECO311 ECONOMIA PARA ENGENHARIA	! 03	CURSADO	! 90	! 9,0	! APROVADO	! 4	60	0	0!
! ! ELE302 LABORATORIO DE UTILIZACAO DE MICROCOMPUTADORES	!	CUMPRIU	! 100	! 9,7	! APROVADO	! 2	0	30	0!
! ! ELE390 ELETROTECNICA BASICA	! 04	CURSADO	! 96	! 7,1	! APROVADO	! 4	45	15	0!
! ! EST313 ESTATISTICA APLICADA A ENGENHARIA QUIMICA	!	CUMPRIU	! 100	! 7,3	! APROVADO	! 5	75	0	0!
! ! F15001 FISICA I	!	CUMPRIU	! 93	! 8,3	! APROVADO	! 4	30	30	0!
! ! F15002 FISICA II	!	CUMPRIU	! 97	! 8,3	! APROVADO	! 5	60	30	0!
! ! F15003 FISICA III	!	CUMPRIU	! 100	! 7,9	! APROVADO	! 6	60	30	0!
! ! FIS311 MECANICA CLASSICA	!	CUMPRIU	! 100	! 8,3	! APROVADO	! 6	90	0	0!
! ! FIS313 ONDAS E FISICA MODERNA	! 04	CURSADO	! 83	! 6,4	! APROVADO	! 4	60	0	0!

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
DAE - DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACAO ESCOLAR

PAG 002

HISTORICO ESCOLAR

Emitido em 03JAN02-10:50

! Aluno: 9516794 ENIO GOMES DE AZEVEDO ROCHA !  
! Curso: 0309 ENGENHARIA QUIMICA !  
! 309A ENGENHARIA QUIMICA !

Disciplinas e Creditos

! Sem!	! Disciplina	! Tur!	! Status	! Freq!	! Nota	! Resultado	! Cred	! Aula	! Lab	! Est!
! 99.1!	! #LET029 LINGUA INGLESA IX	!	! CUMPRIU	! 100	! 7,7	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! #MAT009 ALGEBRA I	!	! CUMPRIU	! 100	! 9,1	! APROVADO	! 6	! 60	! 30	! 0!
!	! #MAT057 CALCULO I	!	! CUMPRIU	! 100	! 7,1	! APROVADO	! 6	! 60	! 30	! 0!
!	! #MAT058 CALCULO II	!	! CUMPRIU	! 100	! 8,3	! APROVADO	! 6	! 60	! 30	! 0!
!	! #MAT059 CALCULO III	!	! CUMPRIU	! 80	! 6,7	! APROVADO	! 4	! 45	! 15	! 0!
!	! MAT311 MATEMATICA PARA ENGENHARIA I	!	! CUMPRIU	! 100	! 7,7	! APROVADO	! 6	! 90	! 0	! 0!
!	! MAT312 MATEMATICA PARA ENGENHARIA II	! 05	! CURSADO	! 100	! 7,8	! APROVADO	! 6	! 90	! 0	! 0!
!	! QUI310 QUIMICA GERAL	!	! CUMPRIU	! 100	! 8,1	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! QUI312 QUIMICA EXPERIMENTAL	!	! CUMPRIU	! 100	! 8,1	! APROVADO	! 3	! 0	! 45	! 0!
!	! QUI320 ESTRUTURA ATOMICA E LIGACAO QUIMICA	! 01	! CURSADO	! 100	! 7,5	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! QUI350 QUIMICA ANALITICA I	! 01	! CURSADO	! 93	! 7,5	! APROVADO	! 4	! 30	! 30	! 0!
! 99.2!	! CIV306 RESISTENCIA DOS MATERIAIS I	! 01	! CURSADO	! 96	! 7,0	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! CIV348 LEGISLACAO E SEGURANCA DO TRABALHO	! 02	! CURSADO	! 96	! 10,0	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ302 FENOMENOS DE TRANSPORTE I	! 01	! CURSADO	! 93	! 7,5	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ307 TERMODINAMICA FUNDAMENTAL	! 01	! CURSADO	! 90	! 8,6	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! MAT314 MATEMATICA PARA ENGENHARIA III	! 03	! CURSADO	! 100	! 7,8	! APROVADO	! 6	! 90	! 0	! 0!
!	! QUI321 QUIMICA INORGANICA	! 01	! CURSADO	! 100	! 9,2	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! QUI340 ORGANICA I	! 01	! CURSADO	! 100	! 7,0	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! QUI341 ORGANICA EXPERIMENTAL I	! 01	! CURSADO	! 100	! 9,0	! APROVADO	! 2	! 0	! 30	! 0!
! 100.1!	! DEQ303 FENOMENOS DE TRANSPORTE II	! 01	! CURSADO	! 93	! 8,1	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ317 PRINCIPIOS DOS PROCESSOS QUIMICOS	! 01	! CURSADO	! 83	! 9,1	! APROVADO	! 4	! 45	! 15	! 0!
!	! DPT208 GESTAO DE MATERIAIS	! 02	! CURSADO	! 100	! 8,5	! APROVADO	! 3	! 45	! 0	! 0!
!	! DPT209 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUCAO	! 01	! CURSADO	! 80	! 7,4	! APROVADO	! 3	! 45	! 0	! 0!
!	! ELE304 METODOS COMPUTACIONAIS EM ENGENHARIA	! 03	! TRANCADO	! 0	!	!	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! #QUI233 QUIMICA ORGANICA EXPERIMENTAL II	! 01	! CURSADO	! 100	! 8,8	! APROVADO	! 2	! 0	! 30	! 0!
!	! QUI322 QUIMICA INORGANICA EXPERIMENTAL	! 01	! CURSADO	! 100	! 7,8	! APROVADO	! 2	! 0	! 30	! 0!
!	! QUI323 QUIMICA DOS ELEMENTOS	! 01	! CURSADO	! 100	! 8,5	! APROVADO	! 2	! 30	! 0	! 0!
!	! QUI330 FUNDAMENTOS DE FISICO-QUIMICA	! 01	! CURSADO	! 93	! 7,5	! APROVADO	! 6	! 0	! 90	! 0!
! 100.2!	! DEQ304 FENOMENOS DE TRANSPORTE III	! 01	! CURSADO	! 86	! 5,6	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ308 TERMODINAMICA DO EQUILIBRIO	! 01	! CURSADO	! 90	! 9,2	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ310 TERMODINAMICA EXPERIMENTAL	! 01	! CURSADO	! 100	! 8,2	! APROVADO	! 4	! 0	! 60	! 0!
!	! DEQ312 OPERACOES UNITARIAS II	! 01	! CURSADO	! 96	! 7,0	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! #DEQ376 INTRODUCAO A ENGENHARIA DE PETROLEO	! 01	! CURSADO	! 98	! 9,7	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! ELE304 METODOS COMPUTACIONAIS EM ENGENHARIA	! 03	! CURSADO	! 100	! 6,7	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! #QUI232 QUIMICA ORGANICA II	! 04	! CURSADO	! 100	! 10,0	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! QUI331 CINETICA QUIMICA	! 01	! CURSADO	! 100	! 6,6	! APROVADO	! 6	! 90	! 0	! 0!
!	! QUI351 QUIMICA ANALITICA II	! 01	! CURSADO	! 98	! 8,1	! APROVADO	! 4	! 30	! 30	! 0!
! 101.1!	! DEQ309 TERMODINAMICA DE PROCESSOS	! 01	! CURSADO	! 100	! 9,0	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ311 OPERACOES UNITARIAS I	! 02	! CURSADO	! 86	! 9,1	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
!	! DEQ313 OPERACOES UNITARIAS III	! 01	! CURSADO	! 90	! 8,6	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
DAE - DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO ESCOLAR

PAG 003

HISTORICO ESCOLAR

Emitido em 03JAN02-10:50

! Aluno: 9516794 ENIO GOMES DE AZEVEDO ROCHA !  
! Curso: 0309 ENGENHARIA QUIMICA !  
! 309A ENGENHARIA QUIMICA !

Disciplinas e Creditos

! Sem!	! Disciplina	! Tur!	! Status	! Free!	! Nota	! Resultado	! Cred	! Aula	! Lab	! Est!
! 01.1!	! DEQ315 CALCULO DE REATORES I	! 01!	! CURSADO	! 100!	! 7,7!	! APROVADO	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ318 MODELAGEM E SIMULACAO DE PROCESSOS QUIMICOS	! 01!	! CURSADO	! 83!	! 7,0!	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
! !	! DEQ322 PLANEJAMENTO E PROJETO DE INDUSTRIAS QUIMICAS	! 01!	! CURSADO	! 91!	! 9,7!	! APROVADO	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ326 ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE	! 01!	! CURSADO	! 100!	! 7,2!	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
! !	! DEQ327 MICROBIOLOGIA E ENZIMOLOGIA INDUSTRIAL	! 01!	! CURSADO	! 86!	! 7,0!	! APROVADO	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ370 REFINO DE PETROLEO E PETROQUIMICA	! 01!	! CURSADO	! 93!	! 8,5!	! APROVADO	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ375 SEMINARIOS DE PETROLEO E GAS NATURAL	! 02!	! CURSADO	! 100!	! 9,9!	! APROVADO	! 4	! 60	! 0	! 0!
! 01.2!	! DEQ300 TRABALHO FINAL DE CURSO	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 8	! 0	! 0	! 360!
! !	! DEQ305 FENOMENOS DE TRANSPORTE EXPERIMENTAL	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 15	! 45	! 0!
! !	! DEQ314 OPERACOES UNITARIAS - EXPERIMENTAL	! 02!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 15	! 45	! 0!
! !	! DEQ316 CALCULO DE REATORES II	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ319 INSTRUMENTACAO E CONTROLE DE PROCESSOS	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 60	! 0	! 0!
! !	! DEQ323 PROJETO DE PROCESSOS NA INDUSTRIA QUIMICA	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ324 CIENCIA DOS MATERIAIS	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ328 ENGENHARIA BIOQUIMICA	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! DEQ377 SISTEMAS DE COMBUSTAO A GAS NATURAL	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 45	! 15	! 0!
! !	! QUI332 FISICO-QUIMICA EXPERIMENTAL	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 4	! 0	! 60	! 0!
! !	! QUI344 POLIMEROS	! 01!	! MATRICULADO	! 100!	!	!	! 3	! 45	! 0	! 0!
! !	! TOTAL INTEGRALIZADO						260	3120	780	0!

! Posicao do Programa

	Cred	Horas:	Aula	Lab	Est	Tot
! Acumulado	260		3120	780		3900
! Pendente	14				360	450
! Exigido no curriculo	274		2925	765	360	4350

! Curriculo 003

	Max	Min	Ideal
! Prazo de Conclusao em Semestres	18	9	10
! Creditos por Semestre	99	1	98
! Horas Aula por Semestre	0	0	0
! Horas Laboratorio por Semestre	0	0	0
! Horas Estudo por Semestre	0	0	0
! Total de Horas por Semestre	0	0	0

! Disciplinas Obrigatorias Pendentes:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
DAE - DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACAO ESCOLAR

PAG 004

HISTORICO ESCOLAR

Emitido em 03JAN02-10:50

! Aluno: 9516794 ENIO GOMES DE AZEVEDO ROCHA !  
! Curso: 0309 ENGENHARIA QUIMICA !  
! 309A ENGENHARIA QUIMICA !

! QUI332 FISICO-QUIMICA EXPERIMENTAL	04 Creditos	!
! DEQ305 FENOMENOS DE TRANSPORTE EXPERIMENTAL	04 Creditos	!
! DEQ314 OPERACOES UNITARIAS - EXPERIMENTAL	04 Creditos	!
! DEQ316 CALCULO DE REATORES II	04 Creditos	!
! DEQ319 INSTRUMENTACAO E CONTROLE DE PROCESSOS	04 Creditos	!
! DEQ324 CIENCIA DOS MATERIAIS	04 Creditos	!
! DEQ328 ENGENHARIA BIOQUIMICA	04 Creditos	!
! QUI344 POLIMEROS	03 Creditos	!
! DEQ323 PROJETO DE PROCESSOS NA INDUSTRIA QUIMICA	04 Creditos	!
! DEQ330 ESTAGIO SUPERVISIONADO	08 Creditos	!

! Nao ha conjuntos obrigatorios penderes !

! Programa ATIVO !

! Semestre limite para conclusao: 07.2 !

! Aluno candidato a formatura (FORMANDO) !

