

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**ADULTERAÇÃO DE GASOLINA POR ADIÇÃO DE SOLVENTES:
ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA
DO CENTRO TECNOLÓGICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA QUÍMICA.**

ELAINE VOSNIAK TAKESHITA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO AUGUSTO ULSON DE SOUZA
CO-ORIENTADORA: PROF^a DR^a SELENE MARIA ARRUDA GUELLI ULSON DE SOUZA

FLORIANÓPOLIS-SC

MARÇO DE 2006

ADULTERAÇÃO DE GASOLINA POR ADIÇÃO DE SOLVENTES: ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Por

Elaine Vosniak Takeshita

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Química**, área de concentração **Processo Químicos e Biotecnológicos** e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Antônio Augusto Ulson de Souza

Orientador

Prof^ª Dr^ª Selene M. A. Guelli Ulson de Souza.

Co-Orientadora

Prof. Dr. Agenor Furigo Júnior
Coordenador do CPGENQ

Banca Examinadora

Prof. Dr. Antônio Augusto Ulson de Souza

Prof^ª Dr^ª Selene M. A. Guelli Ulson de Souza.

Prof. Dr. Pedro Henrique Hermes de Araújo

Prof. Dr. Clovis Raimundo Maliska

Florianópolis, 08 de Março de 2006.

“Aplicar-se em grandes invenções, iniciando pelos mínimos detalhes, não é uma tarefa para mentes comuns; descobrir que maravilhas se escondem em coisas triviais e infantis é um trabalho para talentos super-humanos”.

Galileo Galilei

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir realizar tudo que meu coração anseia.

A Agência Nacional do Petróleo-ANP que através do Programa de Recursos Humanos da ANP para ao setor de Petróleo e Gás PRH09-ANP-MME/MCT viabilizou financeiramente este trabalho.

Aos professores Antônio Augusto Ulson de Souza e Selene Maria Arruda Guelli Ulson de Souza, meus orientadores, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Srº Edmilson Raldenes, coordenador do CEPAT/Brasília, por ser o único que me permitiu usar o laboratório de análise de combustíveis sem cobrar nada em troca.

Ao pessoal do CEPAT pela acolhida, amizade e auxílio, em especial ao Júnior pela enorme paciência em esclarecer as infinitas dúvidas.

A Tebras/Brasília pelas amostras de gasolina e álcool anidro.

Ao Alessandro da Indústria Química de Brasília por ceder as amostras de solventes.

Aos colegas do Labsin/Labmassa pelo apoio emocional nos momentos mais difíceis.

Aos Professores do INE/UFSC Dalton Andrade e Barbeta pela simpatia e pela boa vontade em me ajudar.

Ao professor Madureira da Química /UFSC pela ajuda no começo do trabalho.

Ao doutor Juarez pelo imenso apoio dado no início do trabalho e por estar sempre disposto a ouvir e discutir um assunto na busca de respostas.

A minha mãe, Natalia, pelo apoio incondicional e pelo incentivo para estudar.

Ao meu marido Ricardo pela paciência, amor, compreensão, carinho, companheirismo e pelo apoio técnico e artístico na elaboração desta dissertação.

Ao secretário Edevilson do CPGENQ por ser uma pessoa prestativa e simpática, sempre recebendo com um sorriso quem bate em sua porta e, a dona Eiza pelas conversas de fim de tarde.

Agradeço a todos aqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram a realizar esta dissertação.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
II.1. GASOLINA	4
II.1.1. <i>Composição Química da Gasolina</i>	5
II.1.2. <i>Octanagem</i>	6
II.1.3. <i>Tipos de Gasolina</i>	7
II.1.4. <i>Adulteração da Gasolina</i>	9
II.1.5. <i>Especificações da Gasolina Automotiva</i>	12
II.2. ÁLCOOL ETÍLICO COMBUSTÍVEL	14
II.3. SOLVENTES	15
II.4. DIESEL	17
II.5. CURVAS DE DESTILAÇÃO	17
II.6. PRESSÃO DE VAPOR	20
II.7. MASSA ESPECÍFICA	22
II.8. MÉTODOS DE ANÁLISE DA GASOLINA	23
II.8.1. <i>Espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear</i>	23
II.8.2. <i>Cromatografia Gasosa (CG)</i>	23
II.8.3. <i>Cromatografia Gasosa Headspace</i>	24
II.8.4. <i>Espectrometria de Massa</i>	24
II.8.5. <i>Absorção por Fluorescência</i>	24
II.8.6. <i>Espectroscopia de Infravermelho</i>	25
III. MATERIAL E MÉTODOS	26
III.1. GASOLINA TIPO A	26
III.2. SOLVENTES	26
III.3. EQUIPAMENTOS	27
III.4. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	28
III.5. PREPARO E EXECUÇÃO DOS ENSAIOS	32
IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
IV.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLVENTES	33
IV.2. ENSAIOS DE DESTILAÇÃO	38
IV.2.1. <i>Análise das Curvas de Destilação</i>	39
IV.2.2. <i>Análise das Frações Destiladas</i>	42
IV.2.3. <i>Análise dos Pontos de Inflexão</i>	49
IV.3. PRESSÃO DE VAPOR	53
IV.4. MASSA ESPECÍFICA	57
IV.5. OCTANAGEM	58
IV.6. TEOR DE AEAC	59
IV.7. TEOR DE HIDROCARBONETOS	62
IV.7.1. <i>Benzeno</i>	62
IV.7.2. <i>Olefinas</i>	63
IV.7.3. <i>Saturados</i>	64
IV.7.4. <i>Aromáticos Totais</i>	65
IV.7.5. <i>Xilenos Totais</i>	66
IV.7.6. <i>Tolueno</i>	66
V. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	68
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
VII. APÊNDICE A	75
VIII. APÊNDICE B	91
IX. APÊNDICE C	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1: Equilíbrio líquido-vapor para sistemas binários de etanol e n-heptano a 1 atm (FRENCH e MALONE, 2005).	19
Figura II.2: Diagrama de fase de uma substância pura.	21
Figura II.3: Diagrama de fase de uma mistura de gás natural e gasolina natural (McCAIN, 1990).	21
Figura II.4: Variação na massa específica em amostras da gasolina brasileira durante o ano de 2001 (CÔCCO <i>et al.</i> , 2005).	22
Figura II.5: Variação na massa específica em amostras da gasolina brasileira durante o período de Maio a Julho de 2002 (CÔCCO <i>et al.</i> , 2005).	22
Figura IV.1: Curvas de destilação da gasolina A, álcool etílico anidro, aguarrás, diesel e AB9.	38
Figura IV.2: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina A com AEAC.	41
Figura IV.3: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com aguarrás, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%.	41
Figura IV.4: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com aguarrás, com um teor de AEAC variável.	41
Figura IV.5: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com AB9, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%.	42
Figura IV.6: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com diesel, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%.	42
Figura IV.7: Curvas de destilação da gasolina A com AEAC - Temperatura x Teor de AEAC.	43
Figura IV.8: Curvas de destilação da gasolina C com aguarrás, mantendo AEAC fixo em 25% – Temperatura x Teor de aguarrás.	43
Figura IV.9: Curvas de destilação da gasolina C com aguarrás, com um teor de AEAC decrescente em função da adição de contaminante – Temperatura x Teor de aguarrás.	44
Figura IV.10: Curvas de destilação da gasolina C com AB9, mantendo AEAC fixo em 25% – Temperatura x Teor de AB9.	44
Figura IV.11: Curvas de destilação da gasolina C com diesel, mantendo AEAC fixo em 25% – Temperatura x Teor de diesel.	45
Figura IV.12: Perfil do ponto de inflexão com o teor e tipo de solvente.	52
Figura IV.13: Pressão de vapor da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.	54
Figura IV.14: Pressão de vapor da gasolina C considerando apenas o excesso de etanol na mistura AEAC.	55
Figura IV.15: Comparativo da variação de pressão de vapor Reid (kPa) da gasolina em função do teor de AEAC.	56
Figura IV.16: Massa específica a 20°C da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.	57
Figura IV.17: Octanagem MON da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.	58
Figura IV.18: Octanagem IAD da gasolina em função do tipo de solvente.	59
Figura IV.19: Desvio de leitura do equipamento de infravermelho na determinação do teor de AEAC na gasolina.	60
Figura IV.20: Teor de benzeno na gasolina em função do tipo de solvente.	63
Figura IV.21: Teor de olefinas na gasolina em função do tipo de solvente.	64
Figura IV.22: Teor de compostos saturados na gasolina em função do tipo de solvente.	65
Figura IV.23: Teor de aromáticos totais na gasolina em função do tipo de solvente.	65
Figura IV.24: Teor de xilenos totais na gasolina em função do tipo de solvente.	66
Figura IV.25: Teor de tolueno na gasolina em função do tipo de solvente.	67
Figura B.1: 0% AEAC.	91
Figura B.2: 5% AEAC.	91
Figura B.3: 10% AEAC.	91
Figura B.4: 15% AEAC.	91
Figura B.5: 20% AEAC.	92

Figura B.6: 25% AEAC.....	92
Figura B.7: 30 % AEAC.....	92
Figura B.8: 35% AEAC.....	92
Figura B.9: 40% AEAC.....	92
Figura B.10: 45% AEAC.....	92
Figura B.11: 50% AEAC.....	92
Figura B.12: 60% AEAC.....	92
Figura B.13: 70% AEAC.....	93
Figura B.14: 80% AEAC.....	93
Figura B.15: 90% AEAC.....	93
Figura B.16: 0% aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	93
Figura B.17: 5% aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	93
Figura B.18: 10% Aguarrás, AEAC fixo em 25%.	93
Figura B.19: 15 aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	93
Figura B.20: 20 aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	94
Figura B.21: 25% aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	94
Figura B.22: 30% aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	94
Figura B.23: 40% aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	94
Figura B.24: 50% aguarrás, AEAC fixo em 25%.....	94
Figura B.25: 0% aguarrás, AEAC não fixo.....	94
Figura B.26: 10% aguarrás, AEAC não fixo.....	94
Figura B.27: 15% aguarrás, AEAC não fixo.....	95
Figura B.28: 20% aguarrás, AEAC não fixo.....	95
Figura B.29: 25% aguarrás, AEAC não fixo.....	95
Figura B.30: 30% aguarrás, AEAC não fixo.....	95
Figura B.31: 40% aguarrás, AEAC não fixo.....	95
Figura B.32: 50% aguarrás, AEAC não fixo.....	95
Figura B.33: 0% AB9, AEAC fixo em 25%.	95
Figura B.34: 5 % AB9, AEAC fixo em 25%.	95
Figura B.35: 10% AB9, AEAC fixo em 25%.	96
Figura B.36: 15% AB9, AEAC fixo em 25%.	96
Figura B.37: 20% AB9, AEAC fixo em 25%.	96
Figura B.38: 25% AB9, AEAC fixo em 25%.	96
Figura B.39: 30% AB9, AEAC fixo em 25%.	96
Figura B.40: 40% AB9, AEAC fixo em 25%.	96
Figura B.41: 50% AB9, AEAC fixo em 25%.	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II.1: Composição da gasolina, segundo o processo de obtenção (PETROBRAS, 03/2005).	6
Tabela II.2: Especificações da gasolina comum Tipo C. Portaria ANP nº 309.	13
Tabela II.3: Ensaio de destilação da gasolina com diferentes quantidades de tolueno (SANTOS et al., 2003).	19
Tabela III.1: Especificações técnicas do GS1000 da Petrospec.	27
Tabela III.2: Especificações técnicas do densímetro da Anton Paar.	28
Tabela III.3: Especificações técnicas do Minivap CCA-VPS da Grabner Instruments.	28
Tabela III.4: Porcentagens volumétricas de adição de AEAC à gasolina A.	29
Tabela III.5: Porcentagens volumétricas de adição de aguarrás a mistura de gasolina C com um teor fixo de 25% de álcool etílico.	30
Tabela III.6: Porcentagens volumétricas de adição de aguarrás a mistura de gasolina C com a relação álcool / gasolina constante.	30
Tabela III.7: Porcentagens volumétricas de adição de AB9 a mistura de gasolina C com um teor fixo de 25% de álcool etílico.	31
Tabela III.8: Porcentagens volumétricas de adição de diesel a mistura de gasolina C com um teor fixo de 25% de álcool etílico.	31
Tabela IV.1: Dados da curva de destilação da gasolina A.	34
Tabela IV.2: Parâmetros físico-químicos da gasolina A.	34
Tabela IV.3: Parâmetros físico-químicos do AEAC.	35
Tabela IV.4: Curva de destilação da aguarrás.	35
Tabela IV.5: Parâmetros físico-químicos da aguarrás.	36
Tabela IV.6: Curva de destilação do alquil-benzeno AB9.	36
Tabela IV.7: Parâmetros físico-químicos do AB9.	36
Tabela IV.8: Curva de destilação do diesel.	37
Tabela IV.9: Parâmetros físico-químicos do diesel.	37
Tabela IV.10: Pontos da curva de destilação controlados pela ANP.	45
Tabela IV.11: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de AEAC.	50
Tabela IV.12: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de aguarrás, com teor de AEAC fixo em 25%.	50
Tabela IV.13: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de aguarrás, com teor de AEAC não fixo.	51
Tabela IV.14: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de AB9.	51
Tabela IV.15: Comparação entre o teor de AEAC adicionado na mistura e o lido pelo equipamento, para cada tipo de mistura.	61
Tabela A.1: Dados da destilação da gasolina A pura.	75
Tabela A.2: Dados da destilação da gasolina A com 5% de AEAC.	75
Tabela A.3: Dados da destilação da gasolina A com 10% de AEAC.	75
Tabela A.4: Dados da destilação da gasolina A com 15% de AEAC.	76
Tabela A.5: Dados da destilação da gasolina A com 20% de AEAC.	76
Tabela A.6: Dados da destilação da gasolina A com 25% de AEAC.	76
Tabela A.7: Dados da destilação da gasolina A com 30% de AEAC.	77
Tabela A.8: Dados da destilação da gasolina A com 35% de AEAC.	77
Tabela A.9: Dados da destilação da gasolina A com 40% de AEAC.	77
Tabela A.10: Dados da destilação da gasolina A com 45% de AEAC.	78
Tabela A.11: Dados da destilação da gasolina A com 50% de AEAC.	78
Tabela A.12: Dados da destilação da gasolina A com 60% de AEAC.	78
Tabela A.13: Dados da destilação da gasolina A com 70% de AEAC.	79

Tabela A.14: Dados da destilação da gasolina A com 80% de AEAC.....	79
Tabela A.15: Dados da destilação da gasolina A com 90% de AEAC.....	79
Tabela A.16: Dados da destilação da gasolina C com 5% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	80
Tabela A.17: Dados da destilação da gasolina C com 10% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	80
Tabela A.18: Dados da destilação da gasolina C com 15% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	80
Tabela A.19: Dados da destilação da gasolina C com 20% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	81
Tabela A.20: Dados da destilação da gasolina C com 25% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	81
Tabela A.21: Dados da destilação da gasolina C com 30% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	81
Tabela A.22: Dados da destilação da gasolina C com 40% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	82
Tabela A.23: Dados da destilação da gasolina C com 50% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.	82
Tabela A.24: Dados da destilação da gasolina C com 10% de aguarrás, AEAC não fixo.....	82
Tabela A.25: Dados da destilação da gasolina C com 15% de aguarrás, AEAC não fixo.....	83
Tabela A.26: Dados da destilação da gasolina C com 20 % de aguarrás, AEAC não fixo.....	83
Tabela A.27: Dados da destilação da gasolina C com 25 % de aguarrás, AEAC não fixo.....	83
Tabela A.28: Dados da destilação da gasolina C com 30 % de aguarrás, AEAC não fixo.....	84
Tabela A.29: Dados da destilação da gasolina C com 40 % de aguarrás, AEAC não fixo.....	84
Tabela A.30: Dados da destilação da gasolina C com 50% de aguarrás, AEAC não fixo.....	84
Tabela A.31: Dados da destilação da gasolina C com 5% de AB9, AEAC fixo em 25%.	85
Tabela A.32: Dados da destilação da gasolina C com 10% de AB9, AEAC fixo em 25%.	85
Tabela A.33: Dados da destilação da gasolina C com 15% de AB9, AEAC fixo em 25%.	85
Tabela A.34: Dados da destilação da gasolina C com 20% de AB9, AEAC fixo em 25%.	86
Tabela A.35: Dados da destilação da gasolina C com 25% de AB9, AEAC fixo em 25%.	86
Tabela A.36: Dados da destilação da gasolina C com 30% de AB9, AEAC fixo em 25%.	86
Tabela A.37: Dados da destilação da gasolina C com 40% de AB9, AEAC fixo em 25%.	87
Tabela A.38: Dados da destilação da gasolina C com 50% de AB9, AEAC fixo em 25%.	87
Tabela A.39: Dados da destilação da gasolina C com 1% de diesel, AEAC fixo em 25%.	87
Tabela A.40: Dados da destilação da gasolina C com 2% de diesel, AEAC fixo em 25%.	88
Tabela A.41: Dados da destilação da gasolina C com 3% de diesel, AEAC fixo em 25%.	88
Tabela A.42: Dados da destilação da gasolina C com 4% de diesel, AEAC fixo em 25%.	88
Tabela A.43: Dados da destilação da gasolina C com 5% de diesel, AEAC fixo em 25%.	89
Tabela A.44: Dados da destilação da gasolina C com 6% de diesel, AEAC fixo em 25%.	89
Tabela A.45: Dados da destilação da gasolina C com 7% de diesel, AEAC fixo em 25%.	89
Tabela A.46: Dados da destilação da gasolina C com 8% de diesel, AEAC fixo em 25%.	90
Tabela A.47: Dados da destilação da gasolina C com 9% de diesel, AEAC fixo em 25%.	90
Tabela A.48: Dados da destilação da gasolina C com 10% de diesel, AEAC fixo em 25%.	90
Tabela C.1: Pressão de vapor da gasolina em função do tipo e teor de solvente.	97
Tabela C.2: Massa Específica da gasolina (g/cm ³) em função do tipo e teor de solvente.....	98
Tabela C.3: Octanagem MON da gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	99
Tabela C.4: Octanagem IAD da gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	99
Tabela C.5: Teor de benzeno da gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	100
Tabela C.6: Teor de olefinas na gasolina em função do tipo e teor de solvente.	100
Tabela C.7: Teor de compostos saturados na gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	101
Tabela C.8: Teor de aromáticos totais na gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	101
Tabela C.9: Teor de xilenos totais na gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	102
Tabela C.10: Teor de tolueno na gasolina em função do tipo e teor de solvente.....	102

RESUMO

Realizou-se um estudo da influência dos solventes: álcool etílico anidro, aguarrás, alquilbenzeno AB9 e diesel sobre os parâmetros físico químicos da gasolina, segundo as especificações da Agência Nacional do Petróleo (Portaria ANP 309). Os parâmetros testados foram: curvas de destilação, massa específica, pressão de vapor Reid, octanagem e teor de hidrocarbonetos. De um modo geral, os limites estabelecidos para as curvas de destilação, octanagem, pressão de vapor, benzeno, aromáticos e olefínicos são elevados para permitir a identificação da adulteração da gasolina com pequenas quantidades de solventes, principalmente se a gasolina original for leve e de boa qualidade. Os solventes testados afetaram a curva de destilação da gasolina de maneira diferenciada uns dos outros, principalmente quanto à formação de misturas azeotrópicas de etanol e hidrocarbonetos. Verificou-se ser significativa a influência da formação da mistura azeotrópica sobre a temperatura dos volumes destilados da gasolina. Este fenômeno mostrou-se promissor para o controle e identificação de adulterações, necessitando para isso de um estudo mais aprofundado. Os limites de temperatura da curva de destilação dados pelas especificações da ANP mostraram-se ineficazes na identificação de adulterações com pequenas adições dos solventes etanol, aguarrás e AB9, sendo que, o menor valor de adição detectado por este método foi a adição de 30% de aguarrás, ou AB9 pela superação da temperatura máxima de 80°C dos 50 % de volume destilado. A adição de diesel afetou de modo significativo apenas o FBP da gasolina, ultrapassando o limite de 220°C para uma adição de apenas 2% v/v. Sugere-se a inclusão de limites de temperatura para 95, 85, 80, 70, 60 e 40 por cento de volume destilado da curva de destilação da gasolina, pois estes se mostraram úteis na identificação de adulteração. Sugere-se que seja adotado um valor máximo para a massa específica da gasolina, o que possibilitaria a identificação da adulteração por solventes pesados como o AB9, que não é facilmente detectado na destilação.

ABSTRACT

The influence of several solvents, anhydrous ethanol, turpentine, alkylbenzene AB9 and diesel on physicochemical parameters of gasoline was studied, according to the Brazilian National Oil Regulatory Agency (ANP, Decree 309). The parameters tested were distillation curves, density, Reid vapor pressure, octane rating and percentage of hydrocarbon. In general, required limits for distillation curves, octane rating, vapor pressure, aromatics and olefins were too high to allow the identification of adulteration of gasoline when low amounts of solvents are present, particularly if the original gasoline is light and of good quality. The tested solvents affected the distillation curve of the gasoline in different ways, particularly with respect to the formation of azeotropic mixtures of ethanol and hydrocarbon. A significant influence of azeotrope formation on the temperature of the distilled volumes of gasoline was verified. That influence may be promising with regard to the control and identification of adulterations, though it requires further study. The limits of distillation curve temperatures given by specifications of the ANP were shown to be ineffective for the identification of adulterations when small amounts of ethanol, turpentine and AB9, are present, and the lowest detected values by that method was 30% turpentine or AB9, due to the raising of temperature, above 80°C, for 50% distilled volume. Diesel addition affected significantly the FBP of gasoline, exceeding the limit of 220 °C for an addition of only 2% v/v. It is suggested that new temperature limits for the percentage of gasoline distilled volume of 95, 85, 80, 70, 60 and 40 would be more appropriate, since it has been shown that those would be useful in the identification of adulteration. It is also suggested the adoption of a maximum value for the density of gasoline, which would permit the identification of adulteration by high molecular weight solvents such as AB9, otherwise not easily detected by the distillation method.

I. INTRODUÇÃO

A adulteração de combustíveis é um caso preocupante e de grande ocorrência em todo o território nacional, levando a Agência Nacional do Petróleo - ANP - a intensificar esforços no sentido de coibir essa ação ilícita.

O uso de gasolina adulterada traz diversas conseqüências, sendo que a primeira a ser notada pelos consumidores são os danos provocados no veículo. Uma gasolina com excesso de álcool anidro provoca a desregulagem do motor e o aumento do consumo de combustível. Além disso, com o tempo, o álcool provoca corrosão das partes metálicas que entram em contato com o combustível, sendo necessária à abertura do motor para limpeza e substituição de peças danificadas. A adição de solventes como o tolueno provoca a deterioração de tubos e mangueiras de borracha. Os resíduos tendem a depositar-se no diafragma da bomba de gasolina. Um diafragma sujo tem seu poder de sucção diminuído, o que será sentido pelo veículo caso este necessite vencer obstáculos como rampas e ladeiras.

Além da ação sobre o veículo, o uso de combustíveis adulterados afeta o meio ambiente, uma vez que a combustão torna-se irregular e a emissão de compostos como NOx e SOx, causadores de chuva ácida, e CO que é altamente asfíxiante, aumenta.

Por último, cita-se o grande prejuízo na arrecadação de impostos pela União e na concorrência desleal entre os distribuidores de combustíveis.

Dentre os motivos que favorecem a prática de adulteração temos a abertura de mercado, após quase meio século de monopólio, o que foi agravado pela redução do subsídio ao álcool hidratado e anidro e pela liberação da importação de solventes, tornando os custos destes bastante inferiores aos da gasolina. Além disso, a elevada incidência de impostos que recaem sobre a gasolina representada pelos tributos ICMS, CIDE, PIS e COFINS contribuem para a alta ocorrência deste tipo de fraude.

Na tentativa de coibir fraudes, a ANP realiza periodicamente coletas de amostras de combustíveis em todo o país, e sobre estas amostras são realizados diversos ensaios a fim de verificar a conformidade ou não com as especificações.

Entretanto, as especificações existentes foram adotadas, em sua maioria, com base em um bom funcionamento do motor, e não visando identificar uma adição criminosa de solvente. Mesmo sendo capaz de indiretamente identificar combustíveis adulterados, as especificações não

são capazes de detectar uma fraude com quaisquer solventes e em todas as proporções de adição, o que pode levar a uma gasolina adulterada a passar como conforme pelos ensaios.

Com base nestas informações, propôs-se aqui realizar um estudo da eficácia destas análises de qualidade de combustíveis em detectar a presença de solventes adicionados propositalmente à gasolina comercial brasileira Tipo C.

Desta forma, no presente trabalho foi realizado um estudo dos parâmetros físico-químicos da gasolina C com diferentes solventes adicionados e, usando os limites dados pela especificação da ANP para qualidade da gasolina como referência (Portaria ANP nº 309 de 27/12/2001), buscou-se por padrões de comportamento para cada tipo de adulteração, visando auxiliar o trabalho diário dos profissionais da ANP no controle e identificação das não conformidades.

Os parâmetros físico-químicos estudados foram: curvas de destilação, massa específica e pressão de vapor, além da análise do teor de hidrocarbonetos e octanagem fornecidos pelo método do infravermelho.

Foram estudadas misturas de gasolina A com teores de álcool etílico anidro de 0 a 100%. Também se preparou misturas de gasolina C, com um teor de álcool fixo em 25%, e com adições de aguarrás, diesel e AB9, sendo que nestes casos, simulou-se uma situação de adulteração em que o teor de álcool era posteriormente corrigido pelo fraudador, após a adição do solvente, para evitar ser descoberto pelo simples método da proveta.

Outra situação estudada consistiu de adições de aguarrás em uma mistura de gasolina C, originalmente com 25% de álcool, mas sem a posterior correção deste teor como feito nos casos anteriores, visando estudar o efeito da diluição do teor de etanol sobre os parâmetros físico-químicos da gasolina.

Importantes observações são feitas quanto às curvas de destilação e que podem auxiliar na identificação da adulteração da gasolina C. Algumas sugestões quanto aos métodos de análise e limites de especificação são feitos na tentativa de coibir ainda mais esta prática ilegal.

O presente trabalho está dividido da seguinte forma:

Capítulo II – Revisão Bibliográfica

Neste capítulo será feita uma revisão sobre os assuntos de maior importância para a compreensão deste trabalho, bem como uma revisão sobre os principais trabalhos publicados nesta área de pesquisa.

Capítulo III – Material e Métodos

Este capítulo trata dos materiais e métodos utilizados no preparo das amostras e execução dos ensaios. Tratar-se-á da descrição e caracterização dos solventes empregados, equipamentos utilizados e composição das misturas de gasolina com solventes que foram feitas.

Capítulo IV – Resultados e Discussões

Os vários resultados obtidos e suas respectivas discussões são apresentados neste capítulo.

Capítulo V – Conclusões e Sugestões

Com base nos resultados são aqui apresentadas algumas conclusões. São feitas algumas sugestões para trabalhos futuros e para o aperfeiçoamento dos métodos de ensaio e das especificações empregadas no controle da qualidade da gasolina.

Capítulo VI – Referências Bibliográficas

As principais referências bibliográficas usadas nesta dissertação são apresentadas neste capítulo.

Apêndices

Nos Apêndices A, B e C são fornecidas tabelas e figuras dos diversos dados obtidos nos ensaios experimentais realizados.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1. Gasolina

Originalmente, a gasolina era um produto secundário e indesejado da indústria de refino de petróleo, que estava interessada, principalmente, no querosene. Com o advento dos motores de combustão interna, a gasolina foi eleita como a melhor opção para combustível devido as suas características de alta energia de combustão, alta volatilidade e compressibilidade.

Até 1912, toda a gasolina era obtida por processos de separação dos compostos presentes naturalmente no petróleo cru, ou por condensação de hidrocarbonetos do gás natural. Esta gasolina foi chamada de “straight-run” (SPEIGHT, 1999).

Neste mesmo ano, William M. Burton descobriu que se porções pesadas do óleo cru, como o gasóleo, fossem aquecidas sob pressão as grandes moléculas seriam “quebradas”, ou craqueadas, em pequenas moléculas no range adequado para a fabricação da gasolina. Desta forma, a gasolina passou ser produzida, e não mais apenas separada.

A primeira gasolina craqueada termicamente foi vista como um produto inferior devido a sua relativa instabilidade de estocagem, até que se descobriu que esta possuía um índice antidetonante maior que a de “straight-run”.

Em 1930, foi introduzida uma mudança no craqueamento térmico, chamada de reforma térmica, processo que utilizava porções mais pesadas da gasolina “straight-run” e porções mais leves do querosene para melhorar a octanagem e a volatilidade da gasolina.

Em 1937, foi implantado comercialmente o craqueamento catalítico, processo que proporciona um maior rendimento em gasolina de alta octanagem. Este processo recebeu grandes investimentos durante a II Guerra Mundial, pois foi o processo usado para produzir gasolina de aviação.

Em 1949, a primeira planta de reforma catalítica foi posta em operação, produzindo uma gasolina de maior octanagem.

Sempre buscando produzir uma gasolina de alta octanagem, processos antigos foram melhorados e outros foram desenvolvidos, como a polimerização e a alquilação.

Polimerização consiste na ligação de pequenas moléculas de hidrocarbonetos olefínicos, como propeno ou buteno, vindos do processo de craqueamento para produzir moléculas maiores,

formando gasolina polimerizada. A alquilação difere da polimerização por combinar olefinas e isoparafinas, normalmente o isobutano.

A gasolina distribuída por todo o país provém, em sua quase totalidade, das refinarias da Petrobras. O restante é fornecido por duas outras refinarias privadas: a de Manguinhos, no Rio de Janeiro, e a da Ipiranga, no Rio Grande do Sul.

II.1.1. Composição Química da Gasolina

A gasolina é uma mistura complexa de hidrocarbonetos voláteis, cuja composição relativa e características dependem da natureza do petróleo que a gerou, dos processos de refino e da finalidade para a qual foi produzida. Obtida do refino do petróleo, é constituída basicamente por hidrocarbonetos entre 4 a 12 átomos de carbono, cuja faixa de destilação varia de 30 a 220°C sob pressão atmosférica. Possui também contaminantes naturais em baixas concentrações, formadas por compostos contendo enxofre, oxigênio, metais e nitrogênio.

De acordo com a estrutura molecular, os hidrocarbonetos presentes na gasolina são divididos em quatro classes:

- Parafinas Normais e Ramificadas: hidrocarbonetos saturados de cadeia linear;
- Cicloparafinas ou Naftênicos: hidrocarbonetos saturados de cadeia cíclica;
- Olefinas: hidrocarbonetos com dupla ligação carbono-carbono. Altos teores de olefinas são responsáveis pela instabilidade química da gasolina, pois apresentam a tendência de reagirem entre si e com outros hidrocarbonetos na presença de oxigênio, luz ou calor, gerando polímeros (goma) (SOUZA, 2004).
- Aromáticos: substâncias que possuem o anel benzênico em sua estrutura molecular. Os compostos aromáticos conferem à gasolina uma boa resistência à detonação. Por outro lado, os aromáticos possuem a tendência de gerar mais fumaça e depósitos de carbono durante a queima no motor, comparativamente ao verificado para compostos saturados e olefinicos.

A formulação da gasolina automotiva pode demandar a utilização de diversas correntes nobres do processamento do petróleo. A Tabela II.1 mostra as principais correntes formadoras da gasolina, bem como suas propriedades e processos de obtenção (BR-DISTRIBUIDORA, 03/2005) Além destas correntes, a gasolina Tipo C recebe a adição de álcool etílico anidro combustível (AEAC), um composto antidetonante, podendo também incluir outros aditivos.

Tabela II.1: Composição da gasolina, segundo o processo de obtenção (PETROBRAS, 03/2005).

Constituintes	Processo de Obtenção	Faixa de Ebulição (°C)	Índice de Octano (Motor)
Butano	Destilação e processos de transformação.	zero	101
Isopentano	Destilação, processos de transformação, isomerização.	27	75
Nafta Alquilada	Alquilação: processo que combina olefinas e parafinas.	40 - 150	90 - 100
Nafta Leve de Destilação	Destilação	30 - 120	50 - 65
Nafta Pesada de Destilação	Destilação	90 - 220	40 - 50
Nafta Hidrocraqueada	Hidrocraqueamento: processo que produz compostos saturados e reduz o teor de enxofre e nitrogênio.	40 - 220	80 - 85
Nafta Craqueada Cataliticamente	Craqueamento catalítico: produz uma gasolina com melhores características antidetonantes do que a nafta leve.	40 - 220	78 - 80
Nafta Polímera	Polimerização de olefinas gasosas em moléculas maiores.	60 - 220	80 - 100
Nafta Craqueada Termicamente	Craqueamento térmico	30 - 150	70 - 76
Nafta Reformada	Reforma catalítica, processo usado para melhorar as propriedades antidetonantes das gasolinas obtidas do craqueamento e da destilação direta através da formação de hidrocarbonetos aromáticos.	40 - 220	80 - 85

II.1.2. Octanagem

Octanagem é uma propriedade do combustível que representa sua capacidade de resistir à compressão sem entrar em auto-ignição. Um combustível com maior octanagem possui melhor poder de combustão e resiste a altas pressões no interior dos cilindros sem sofrer detonação. Os projetistas de motores levam em conta a octanagem do combustível utilizado para determinar a taxa de compressão, curvas de avanço de ignição (representação gráfica do avanço da ignição ao longo da faixa de operação do motor) e tempo de injeção (BR-DISTRIBUIDORA, 03/2005).

Um combustível com elevada octanagem:

- Deve ser empregado em motores que operam com maiores razões de compressão. Isso favorece o rendimento térmico através do maior aproveitamento do calor liberado na combustão;
- Possibilita uma combustão não detonante, ou seja, a queima espontânea da mistura ar-combustível conhecida como “batida de pino”, evitando, assim, danos ao motor;

- Permite o aumento de torque, potência e economia devido ao crescimento do rendimento térmico.

A octanagem da gasolina é determinada pelos métodos MON, RON e IAD (ANP, 07/2005).

O método MON (Motor Octane Number) avalia a resistência à detonação da gasolina na situação em que o motor está em plena carga e em alta rotação. O Método RON (Research Octane Number) avalia a resistência à detonação da gasolina na situação em que o motor está carregado e em baixa rotação (até 3000 rpm). IAD (índice Antidetonante) é a média aritmética dos anteriores.

Convencionou-se atribuir índice de octanas zero ao n-heptano que é uma substância pouco resistente à compressão e índice 100 ao iso-octano. Logo, misturas de n-heptano e iso-octano servem como um sistema de referência para a gasolina, fornecendo uma escala antidetonante. Um combustível que apresente índice de octanas igual a 91 queima como se fosse constituído por uma mistura de 9% de n-heptano e 91% de iso-octanos (2,2,4-trimetil pentano).

Parafinas em geral apresentam baixa octanagem. Parafinas normais têm as piores propriedades antidetonantes, piorando à medida que o peso molecular aumenta. As isoparafinas têm uma octanagem um pouco maior que as normais, aumentando à medida que o grau de ramificação aumenta. As olefinas têm maior octanagem do que as parafinas. Aromáticos, normalmente, possuem os maiores índices antidetonantes.

No Brasil, ao falarmos de octanagem, estamos nos referindo a octanagem MON. Alguns países utilizam a octanagem RON, e outros o Índice Anti Detonante $IAD = (MON+RON)/2$. Para uma mesma gasolina, o RON tem um valor típico superior ao MON de até 10 octanas. Portanto, ao se comparar gasolinas de diferentes países é importante especificar a base (MON, RON ou Índice Antidetonante). Além da octanagem, outros fatores devem ser considerados para a produção de uma gasolina de qualidade elevada, como, por exemplo, a sua volatilidade, estabilidade e a sua corrosividade, de forma a garantir o funcionamento adequado dos motores.

II.1.3. Tipos de Gasolina

Os tipos de gasolina são oferecidos aos consumidores de acordo com as principais características de projeto dos motores, em função da taxa de compressão do motor e de outras

variáveis que afetam a temperatura e pressão dentro do motor, além do tipo de sistema de injeção de combustível.

Gasolina Tipo A - gasolina pura isenta da adição de álcool etílico anidro combustível (AEAC). Não é vendida nos postos. A mistura da gasolina A com AEAC é efetuada nas distribuidoras antes de chegar aos postos combustíveis. O AEAC é usado na gasolina como aditivo antidetonante.

Gasolina Tipo C Comum - obtida da mistura da gasolina A com o álcool anidro, é o Tipo C mais simples, de coloração amarela, não possui nenhum tipo de aditivo ou corante. Pode ser utilizada em qualquer veículo movido à gasolina que não requeira propriedades superiores como dispersão de depósitos ou alta octanagem.

Gasolina Tipo C Aditivada - É obtida pela adição de um aditivo do tipo "detergente dispersante" na gasolina C comum. Os aditivos dispersantes têm a função de manter limpo todo o sistema de alimentação de combustível (tanque, bomba de combustível, tubulações, bicos injetores e válvulas do motor). Possui a mesma octanagem da gasolina comum tipo C. Recebe um corante (verde ou vermelho) para diferenciá-la da gasolina comum. Pode ser utilizada em qualquer veículo movido à gasolina que não requeira propriedades de alta octanagem. É especialmente recomendada para carros à injeção eletrônica (BR-DISTRIBUIDORA, 03/2005).

Gasolina Tipo C de Alta Octanagem - Ela possui octanagem maior que a gasolina comum e com um teor de enxofre menor, o que reduz as emissões de poluentes no meio ambiente. Pode ser utilizada em qualquer veículo movido à gasolina, mas o melhor desempenho do motor oferecido pela alta octanagem só será percebido por veículos cujos motores sejam adequados a este tipo de combustível. Geralmente são veículos importados e sofisticados, equipados com alta taxa de compressão (maior que 10:1). Exemplos de gasolinas de alta octanagem: Premium e Podium.

Gasolinas Especiais - São utilizadas, em sua maioria, por montadoras e laboratórios para desenvolvimento de motores, em testes de performance, testes de emissões e também como a primeira gasolina a ser inserida no automóvel quando finalizada sua montagem, sendo:

1. *Gasolina padrão* - possui especificação determinada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) e se destina à homologação de veículos nos ensaios de emissões;
2. *Gasolinas para testes de desempenho* - feitas sob medida, de acordo com a especificação definida pelo cliente;
3. *Gasolina de 1º enchimento* - com alta estabilidade, é desenvolvida com especificações diversas para atender às montadoras;
4. *Gasolinas para competições automotivas* - gasolina para carros de corrida.

II.1.4. Adulteração da Gasolina

A adulteração da gasolina envolve a modificação de sua composição original através da adição de:

- Álcool etílico anidro em porcentagens superiores ao estabelecido pela ANP;
- Solventes diversos, como refinados petroquímicos e diesel.

A prática de adulteração da gasolina iniciou-se com a abertura de mercado do setor de combustíveis, após quase meio século de monopólio, o que foi agravado pela redução do subsídio ao álcool hidratado e anidro e pela liberação da importação de solventes, tornando os custos destes bastante inferiores aos da gasolina (SANTOS *et al.*, 2003). Esse processo de abertura teve como principal objetivo desenvolver um mercado competitivo no setor de combustíveis através da atuação de outras empresas que viriam a produzir ou importar derivados de petróleo, dando ao consumidor a oportunidade de escolher o fornecedor de combustíveis e estimulando a concorrência (OLIM E HADDAD, 2003).

A adição de solventes seja de um novo composto, seja pelo excesso de outro já presente naturalmente, provoca mudanças nas propriedades físico-químicas da gasolina; entre elas, a curva de destilação, a pressão de vapor, e a taxa de equilíbrio vapor-líquido estão diretamente relacionadas à composição e às características químicas da mistura. Estas propriedades têm uma grande influência no controle da ignição, no aquecimento e aceleração do motor e no consumo de combustível.

Alguns dos “sintomas” apresentados pelo carro se este for abastecido com gasolina adulterada são (WIEDMANN, 2003):

- O consumo de combustível aumenta de repente e sem motivos aparentes;
- A performance do motor piora, principalmente em subidas;
- Fica difícil dar a partida pela manhã;
- O carro morre em pequenas paradas, como semáforos;
- A combustão acontece antes do devido, o carro “bate pino”.

A adição de etanol causa intensas mudanças nas propriedades físico-químicas do combustível, levando a um aumento do número de octanagem, variação na massa específica e pressão de vapor, além de transformações da curva de destilação (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Dentre os solventes mais usados na adulteração da gasolina estão o óleo diesel, querosene, e refinados petroquímicos (TEIXEIRA *et al.*, 2001), além do solvente de borracha (DAGOSTIN, 2003) e o excesso de álcool anidro (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Os compostos refinados têm um baixíssimo valor de mercado, pois são freqüentemente obtidos como resíduos de um processo petroquímico, o que faz com que sejam muito usados para adulteração de gasolina.

Podemos citar como fatores motivadores da grande expansão da atividade ilícita de adulteração de combustíveis:

- A grande diferença de preço entre solventes e gasolina;
- Os solventes podem ser adquiridos facilmente no mercado, não possuindo nenhuma restrição quanto à sua venda;
- Os solventes são solúveis na gasolina, tornando difícil a detecção por simples inspeção visual;
- A alta incidência de impostos sobre a gasolina, levando a uma pequena margem de lucro sobre a venda do produto.

A Superintendência de Qualidade de Produtos - SQP da ANP, visando o controle de qualidade, mantém contratos com instituições - Universidades e Centros de Pesquisa, atuando em 18 estados além do Distrito Federal. Nos postos visitados é coletada ao menos uma amostra de gasolina C comum, e em um universo menor escolhido ao acaso, são coletadas amostras de gasolina C aditivada, gasolina C Premium, óleo diesel comum e aditivado e álcool etílico hidratado comum e aditivado.

As amostras coletadas são analisadas no laboratório da Instituição contratada sendo consideradas “**conformes**” quando atendem a todas as características definidas nas especificações da ANP (ANP, 12/2005). No estado de Santa Catarina, todas as análises são realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT da FURB de Blumenau.

Para a gasolina a maioria dos casos de não conformidades, registrados no país, deve-se à curva de destilação fora das especificações, ao teor inadequado de álcool anidro, estando a octanagem em terceiro lugar. Os estados considerados críticos, tanto pelo porte econômico quanto pelos índices de não conformidade sistematicamente encontrados em todos os combustíveis, são os Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. (ANP, 12/2005).

Tanto o querosene quanto o diesel têm temperaturas de ebulição maiores que da gasolina, ou seja, são mais pesados. A inclusão destes compostos na gasolina aumenta o consumo de combustível e reduz o desempenho do motor devido a uma atomização ineficiente, além de

causar uma corrosão prematura do tanque de combustível e de componentes internos do motor devido ao acúmulo de sujeira.

Além da ação sobre o veículo, existem outras conseqüências mais graves, relacionadas ao aumento das emissões de gases de combustão nocivos, como derivados de NO_x e SO_x, causadores de chuva ácida, e monóxido de carbono CO, que é altamente asfíxiante, devido à queima irregular da gasolina no motor. A exposição de seres humanos, que trabalham diretamente com combustíveis, a compostos prejudiciais à saúde, como o benzeno, também é um fator preocupante.

Há também o efeito de cossolvência exibido pelo álcool em relação a substâncias presentes naturalmente na gasolina, como os compostos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etil-Benzeno e Xilenos), efeito este que aumenta à medida que o teor de álcool etílico na gasolina cresce. O álcool atua como um promovedor do aumento da solubilidade destes compostos nocivos na água. No caso de um acidente, ou vazamento de tanques de combustível encontrados no postos de distribuição, teríamos um agravamento da contaminação dos lençóis freáticos da região.

Outro tipo de adulteração surgiu com a regulamentação do exercício da atividade de formulação e venda no mercado interno da gasolina A, comum e Premium, e do óleo diesel a partir de misturas de correntes petroquímicas, adquiridas nos mercados interno ou externo (PANP-316, 2001).

Esta regulamentação abre uma brecha para misturas ilegais de solventes comerciais para a formulação de uma gasolina automotiva mantendo-a dentro das especificações, como mostrado em Almeida (ALMEIDA *et al.*, 2003). Os autores usaram uma mistura de álcool etílico anidro, thinner, aguarrás, n-pentano, n-hexano, xileno e ciclo-hexano para formular uma gasolina e mostrou que com essa composição a mistura de solventes enquadra-se em todos os parâmetros físico-químicos da especificação da gasolina.

Esse tipo de fraude encontra um obstáculo apenas com o programa de marcação de solventes da Agência Nacional do Petróleo (ANP), onde todo solvente vendido no país deve receber a adição de uma substância química, cuja composição é conhecida apenas pela ANP. Entretanto, pode-se afirmar que se trata de um isótopo não radioativo adicionado aos solventes em concentrações de 400 ppb (CIÊNCIA-HOJE, 2000).

A presença deste marcador na gasolina somente pode ser notada através de uma corrida cromatográfica e somente se houver um padrão para comparação. Se o marcador for encontrado em uma amostra de gasolina, esta recebeu a adição de pelo menos um solvente.

O número de postos de gasolina que existem no país para serem fiscalizados é bastante grande, e mesmo com o programa de marcação de solventes, as adulterações continuam a acontecer, já que fiscalizar todos os postos e recolher amostras diariamente seria impossível.

II.1.5. Especificações da Gasolina Automotiva

No Brasil, as propriedades para controle da qualidade da gasolina automotiva, tipo C, são especificadas através da Portaria ANP nº 309 de 27/12/2001 através do Regulamento Técnico nº 5/ 2001, dadas na Tabela II.2.

O percentual de álcool atualmente adicionado à gasolina é definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento através da Portaria MAPA nº 554, de 27/05/2003, que entrou em vigor a partir de 01/06/2003, e que dispõe sobre a adição de álcool etílico anidro combustível (AEAC) à gasolina, fixando em 25% com variação de 1% o percentual obrigatório de adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina.

Este valor pode oscilar entre 20 a 25%, segundo a disponibilidade de matéria-prima para a sua produção e oscilações do preço do álcool nos mercados interno e externo.

Tabela II.2: Especificações da gasolina comum Tipo C. Portaria ANP nº 309.

Característica	Especificação	Importância do Controle	Normas
Cor e Aspecto (se isento de corantes)	De incolor a amarelada, límpido e isento de impurezas.	Indica presença de contaminantes ou à oxidação de compostos instáveis. Materiais em suspensão reduzem a vida útil dos filtros de combustível e prejudicam o funcionamento do motor.	NBR 7148, ASTM D1298
% AEAC (% Vol.)	25%, ± 1%	A adição de álcool altera a octanagem da gasolina e a emissão de poluentes.	NBR 13992
Massa específica (kg/m ³ , 20°C)	Anotar Faixa típica- 740 e 776	Indica possíveis adulterações, com produtos mais leves ou mais pesados.	NBR 7148, NBR 14065, D1298, D4052
Destilação (°C)		Mede as características de volatilidade da gasolina, como descrito na seção Curvas de Destilação.	NBR 9619, D86
10% evaporado, máx.	65,0		
50% evaporado, máx.	80,0		
90% evaporado	190,0-145,0		
PFE, máx.	220,0		
Resíduo, % vol máx.	2,0		
MON, mín.	82,0	Indica a capacidade do combustível resistir à detonação.	MB 457, D2700
IAD	87,0	Mede o desempenho real da gasolina, pois é a média entre o MON (octanagem em condições severas) e o RON (condições suaves).	MB 457, D2700, D2699
Pressão de Vapor ¹ a 37,8 °C, kPa máx	69,0.	Avalia a tendência da gasolina de evaporar-se. Deve ser adequada para garantir a partida fácil do motor e não interromper a passagem do combustível ao sistema de alimentação.	NBR 4149, NBR14156, D4953, D519, D5191, D5482
Goma, mg / 100 ml máx.	5	Indica a formação de goma em função da reação natural entre olefinas, ar e calor. Pode provocar depósitos e obstruções.	NBR 14525, D381
Período de Indução a 100°C, minutos	360	Indica o período de vida útil da gasolina durante a estocagem	NBR 14478, D525
Corrosividade ao Cobre a 50°C, 3h, máx.	1	Verifica a tendência à corrosão nas partes metálicas do motor.	NBR14359, D130
Enxofre, % massa máx.	0,10	Ação corrosiva no motor, deterioração do óleo lubrificante, formação e emissão de gases tóxicos.	NBR 6563, NBR14533, D1266, D54, D4294, D3120, D2622
Benzeno, %vol máx.	1,0	Composto cancerígeno.	D3606, D6277, D5443, D3237
Chumbo, g/L máx.	0,005	Possui elevada toxidez e é um envenenador dos catalisadores utilizados nos conversores catalíticos.	—
Hidrocarbonetos, %vol:		Controlar emissões atmosféricas e inibir adição de solventes.	MB 424, D1319
Aromáticos, máx.	45		
Olefinicos, máx.	30		

¹ 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 7,0 kPa ao valor máximo especificado para a Pressão de Vapor.

II.2. Álcool Etílico Combustível

O etanol é produzido em grande escala, no Brasil, a partir da fermentação da cana-de-açúcar em diversas destilarias espalhadas pelo país. O etanol é higroscópico, misturando-se com água em qualquer proporção, ocorrendo emissão de calor, diminuição de volume e aumento da temperatura de ebulição. Já a mistura de etanol com gasolina é endotérmica apresentando aumento de volume durante a mistura. Sua temperatura de ebulição é constante e igual a 78,4°C (PERRY, 1999).

O objetivo da adição deste composto à gasolina é elevar a octanagem, propriedade fundamental para o bom desempenho do motor, e diminuir as emissões de monóxido de carbono devido a uma combustão mais completa. Seu uso na gasolina foi favorecido pela qualidade de volatilidade e por apresentar ponto de ebulição dentro da faixa de destilação da gasolina.

O álcool etílico usado como combustível pode ser de duas formas:

1. Álcool etílico anidro combustível (AEAC) - usado na mistura com a gasolina A para formar a gasolina C, sendo solúvel nesta em quaisquer proporções;
2. Álcool etílico hidratado carburante (AEHC) - não deve ser usado na gasolina por ser a mistura de etanol com gasolina pouco tolerante a presença de água, sendo indicado para utilização como combustível em motores de combustão interna de ignição por centelha.

A utilização de etanol como combustível decorreu da necessidade estratégica de reduzir a dependência do Brasil da importação de petróleo, o que foi concretizado após a primeira crise do petróleo, com a criação do Programa PROALCOOL em 1975. Sendo produzido a partir de biomassa vegetal, é um combustível renovável, ao contrário do petróleo; o que torna o país mais independente das oscilações do mercado externo.

A porcentagem de adição de álcool à gasolina variou ao longo dos anos devido às alterações promovidas nas diretrizes políticas energéticas, em função dos preços do açúcar e do álcool no mercado externo, e também levando em conta a expectativa de produção de álcool ou a disponibilidade do produto, tendo em vista a estabilidade do preço (MARJOTTA-MAISTRO, 2002).

Inicialmente esta mistura era utilizada apenas quando os preços dos mercados de açúcar (externo), de melão e de aguardente (internos) encontravam-se abaixo do esperado pelos produtores. Com isto, o uso do álcool combustível acabava funcionando como um regulador do mercado externo (SANTOS *et al.*, 2000).

O uso do etanol em substituição ao metil-terc-butil éter (MTBE) é vantajoso, pois apresenta as mesmas características antidetonantes, mas com uma toxicidade menor. Além disso,

a mistura de etanol com gasolina tem uma menor emissão de monóxido de carbono na atmosfera do que a mistura com MTBE. Entretanto, a presença do etanol na gasolina tem a desvantagem de aumentar a solubilidade de hidrocarbonetos mono-aromáticos denominados BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzenos, xilenos), atuando como co-solvente desses compostos nos casos de contaminação de águas subterrâneas por derrame de gasolina (FERNANDES, 1997).

II.3. Solventes

São considerados solventes os produtos líquidos derivados de frações resultantes do processamento de petróleo, frações de refinaria e de indústria petroquímica, bem como frações resultantes do processamento de carvão, utilizados como dissolventes de substâncias sólidas e líquidas sem que ocorra reação química que altere a constituição molecular dessas substâncias, resultando em solução dispersa e uniforme ou solução verdadeira (PANP-41, 2001).

Os solventes mais utilizados para o propósito da adulteração provêm de refinarias e pólos petroquímicos, com exceção do álcool - anidro que é produzido em destilarias. O solvente mais antigo que se conhece é a aguarrás mineral ou essência de terebintina.

Os solventes derivados do processamento do petróleo podem ser alifáticos ou aromáticos, diferindo pelo tipo de hidrocarboneto que os constituem e pelo método usado para a sua manufatura (PETROBRAS, 03/2005). Exemplos de solventes alifáticos: hexano, querosene, aguarrás e solvente de borracha. Exemplos de solventes aromáticos: benzeno, tolueno e xilenos. Os principais segmentos consumidores de solventes no país são: tintas e vernizes, limpeza, extração de óleos, borracha, resinas e adesivos (ANP, 1999).

Segue abaixo a descrição de alguns dos principais solventes utilizados na adulteração de combustíveis.

Aguarrás Mineral - Mistura de hidrocarbonetos alifáticos C8-C16. É um líquido incolor de odor similar ao querosene, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos como benzeno e tolueno (BRASKEM, 08/2003). Usado no processo de lavagem a seco de roupas, formulação de tintas e diluente para resinas e vernizes, fabricação de ceras para assoalhos, formulação de produtos de limpeza, desgordurante de couros e na limpeza industrial de máquinas, peças metálicas e ferramentas (BR-DISTRIBUIDORA, 03/2005).

Solvente para Borracha - É uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, naftênicos e aromáticos. É um produto incolor, não corrosivo, quimicamente estável, que possui evaporação

inicial relativamente rápida e de secagem lenta. Por evaporar sem deixar resíduos oleosos, é usado para dissolver borracha, extrair óleos, gorduras e essências para perfumes. É utilizado como produto de limpeza na indústria relojoeira e em máquinas industriais, onde não haja contato com peças de borracha. Utilizado pela indústria de tintas em formulações ou como diluente para resinas e vernizes. Na produção de adesivos à base de borracha, principalmente para a indústria de calçados (BR-DISTRIBUIDORA, 03/2005).

Rafinado Petroquímico - Composição: parafinas C6 = 43,5%, naftênicos com 7 ou mais átomos de carbono (C7+) = 1,8%, parafinas C7 = 34,5%, olefinicos = 2,7%, parafinas C8 = 6,3%, aromáticos = 0,4%, naftênicos C6 = 4,0%. Insolúvel em água e solúvel em etanol (BRASKEM, 08/2003). Usado em colas e adesivos; de origem petroquímico, também conhecido como corrente C6-C8.

Alquilbenzenos AB9 - De origem petroquímica. Composição: 1, 2, 4-trimetilbenzeno = 35%, 1, 3, 5-trimetilbenzeno = 15%, 1, 2, 3-trimetilbenzeno = 4%, Etil tolueno = 30%, Benzeno \leq 0,1%, Tolueno \leq 0,1%. Solúvel em solventes orgânicos (PQU, 05/2005). O AB9 é usado em tintas, adesivos, colas, borracha, resinas, lacas, massa rápida, primer.

Alquilbenzenos AB10 - Composição: o-diisopropilbenzeno 15,06%, m-diisopropilbenzeno 14,14%, p-diisopropilbenzeno 13,15%, isobutilbenzeno 2,78%, t-butilbenzeno 2,78%, 1,2,4,5-tetrametilbenzeno 1,14% em massa (PQU, 05/2005). Solvente aromático, incolor, usado em tintas automotivas, borracha, thinner, resinas e lacas.

Hexano - Solvente alifático, líquido incolor com odor característico, insolúvel em água, composto alifático. Uma das características principais deste produto é possuir alto poder extrativo e rápida evaporação. A maior aplicação do produto está na extração de óleos e gorduras vegetais. É usado também na indústria de adesivos, quando se necessita de elevada taxa de evaporação, e na indústria de borrachas leves (REFAP, 03/2005).

Xilenos Mistos - Mistura rica em solventes orgânicos aromáticos. Composição: etilbenzeno 50,8%, xilenos 48,3% e outros 0,9% em massa. Insolúvel em água, solúvel em etanol (BRASKEM, 08/2003). Usado como solvente para resinas acrílicas, como diluente pelos fabricantes de thinner e redutores. Formulações de tintas de impressão, pigmentos têxteis e pesticidas.

II.4. Diesel

Combustível derivado do petróleo é um produto inflamável, medianamente tóxico, volátil e com odor forte e característico. Constituído basicamente por hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos e aromáticos e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais e oxigênio. Formado por moléculas com 8 a 40 átomos de carbono, sendo, portanto mais pesado do que a gasolina. O óleo diesel é formulado através da mistura de diversas correntes como gasóleos, nafta pesada, diesel leve e diesel pesado, provenientes das diversas etapas de processamento do petróleo bruto (REFAP, 03/2005).

O óleo diesel é utilizado em motores de combustão interna e ignição por compressão (motores do ciclo diesel) empregados nas mais diversas aplicações, tais como: automóveis, ônibus, caminhões, pequenas embarcações marítimas, máquinas de grande porte, locomotivas, navios e aplicações estacionárias, geradores elétricos, por exemplo (BR-DISTRIBUIDORA, 03/2005).

II.5. Curvas de Destilação

A volatilidade de um combustível é a sua tendência em evaporar e está associada a sua pressão de vapor. As moléculas da fase líquida que tentam escapar para a fase vapor exercem uma certa pressão, esta pressão aumenta junto com a temperatura até um ponto em que esta pressão é suficiente para superar a pressão atmosférica e o líquido entra em ebulição. Logo, o ponto de ebulição de um líquido é a temperatura na qual a pressão de vapor torna-se igual à pressão atmosférica. Durante este processo, não ocorre mudança de temperatura até que toda a massa líquida tenha se transformado em vapor. Assim, cada composto tem pontos de ebulição definidos para cada pressão.

Nos casos de combustíveis automotivos, e de aviação, a volatilidade afeta a partida, o aquecimento do motor e seu rendimento em altas temperaturas ou alta pressão, ou ambas. A presença de componentes de alto ponto de ebulição pode causar a deposição de compostos sólidos.

A gasolina é uma mistura de muitos compostos e, portanto, não tem um ponto de ebulição fixo para uma dada pressão. Surge então o conceito de curva de destilação.

Dos padrões de ensaio para destilação, dois são aceitos e reconhecidos no Brasil: as normas ASTM (American Society for Testing and Materials) e ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Estas normas, dadas as suas diferenças, consistem basicamente em realizar uma destilação atmosférica em batelada de uma amostra de 100 ml, com observações sistemáticas de temperatura e de volume destilado; com estes dados, os resultados do teste são transformados em uma curva de destilação. É o método mais utilizado por ser mais simples, mais barato, que requer menor quantidade de amostra, e menor tempo de execução, além de ser totalmente padronizado (API, 1976).

A norma ASTM que rege a destilação de gasolinas automotivas é a ASTM D 86 e a norma brasileira é a NBR 13992. Dentro destas normas, são adotadas as seguintes definições:

IBP -Ponto Inicial de Ebulição: temperatura observada no instante que a primeira gota de condensado cai da extremidade inferior do tubo do condensador;

FBP -Ponto Final de Ebulição: maior temperatura observada durante a destilação, caracterizada pelo aparecimento de fumos brancos no gargalo do balão que caracterizam o início do craqueamento. O FBP não pode ser associado à destilação de 100% do volume original, pois normalmente ocorrem perdas e resíduos que permanecem no fundo do balão.

Como critério de controle de qualidade, a ANP estabelece máximas temperaturas de destilação correspondentes às frações volumétricas de 10%, 50%, 90% e FBP. Estes pontos especificados da curva de destilação são referentes a performance do motor (D'ÁVILA, 2003), segundo a descrição abaixo:

- O teor de 10% de gasolina destilada esta relacionada à quantidade mínima que deve evaporar para dar a partida no veículo e aquecer o motor. Se a gasolina for muito volátil, a temperatura para destilar os 10% estará abaixo da especificação, podendo ocorrer formação de bolhas de vapor no combustível líquido em dias quentes, interrompendo o fluxo de combustível líquido, levando a uma parada do motor. Se o combustível for mais pesado, extrapolando os limites, haverá dificuldades em dar a partida do veículo em dias frios.
- O teor de 50% destilado está relacionado com o aquecimento e desempenho do motor, permitindo condições uniformes;
- A limitação da temperatura dos 90% evaporados visa minimizar a formação de depósitos na câmara de combustão e nas velas de ignição;
- O FBP -limita a quantidade de produtos de alto ponto de ebulição que podem não queimar por completo na câmara de combustão;
- O resíduo mostra a quantidade de produtos pesados existentes, um alto valor de resíduos pode provocar a formação de depósitos no motor.

Misturas de hidrocarbonetos com etanol são altamente não idéias, formando misturas azeotrópicas, como mostrado na Figura II.1.

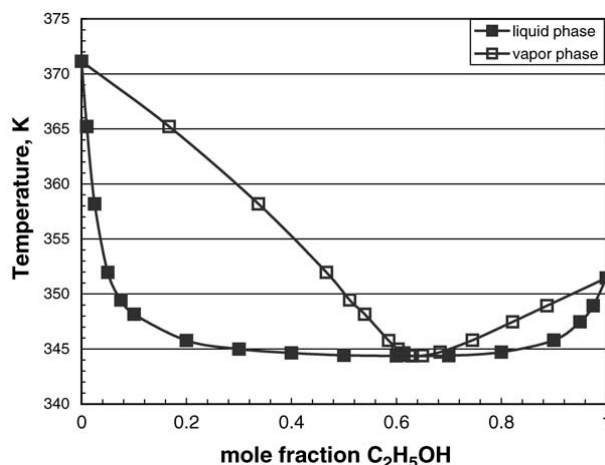


Figura II.1: Equilíbrio líquido-vapor para sistemas binários de etanol e n-heptano a 1 atm (FRENCH e MALONE, 2005).

Durante a destilação de uma mistura de gasolina (hidrocarbonetos) e etanol, a mistura ferve e destila constantemente até que a composição e temperatura azeotrópicas são alcançadas, a qual é função da composição química da mistura. Neste ponto, a temperatura permanece constante até que toda a mistura azeotrópica seja destilada, quando a partir de então, a mistura de hidrocarbonetos restantes livres do etanol “ferve” em seus respectivos pontos de ebulição individuais e continuamente. Este tipo de fenômeno cria uma região de transição entre a mistura azeotrópica e a mistura de hidrocarbonetos restante, facilmente identificada por um súbito aumento na temperatura durante a destilação (FRENCH e MALONE, 2005).

SANTOS *et al.* (2003) verificaram que a adição de solventes altera o perfil da curva de destilação da gasolina. Os autores destilaram gasolina C, com 25% de AEAC fixo, com diferentes quantidades de tolueno comercial, e verificaram que a adição de até 20% de tolueno não torna a gasolina não conforme em relação às especificações da ANP, como mostrado na Tabela II.3.

Tabela II.3: Ensaio de destilação da gasolina com diferentes quantidades de tolueno (SANTOS *et al.*, 2003).

Amostra	%v/v Tolueno	10% Evaporado (°C)	50% Evaporado (°C)	90% Evaporado (°C)	FBP Evaporado (°C)
Original	0	60,7	72,5	178,3	215,1
1	10	63,6	75,2	173,6	212,3
2	15	64,2	75,9	170,6	210,8
3	20	64,7	75,6	165,2	211,0
4	25	65,5	76,1	157,8	210,7
5	30	66,7	76,7	149,0	208,2
6	40	69,5	77,7	134,2	203,6
7	50	73,3	86,5	124,0	199,8
Especificações ANP		65,0 máx	80,0 máx	145 a 190	220,0 máx

A quantidade de pontos que são especificados é pequena quando comparada a uma curva de destilação completa. Esta não especificação de pontos adicionais pode dar margens à inclusão de compostos adulterantes sem que sejam detectados, como mostrado por TEIXEIRA *et al.* (2001). Os autores mostram que é possível adicionar uma substância não permitida na gasolina, mantendo-a conforme com as especificações de destilação e octanagem.

Em seu artigo TEIXEIRA *et al.* (2001) apresenta e discute a influência da adição de diferentes proporções de um refinado com 60% de n-hexano, querosene e óleo diesel nos perfis de destilação e octanagem da gasolina automotiva com 21% de álcool etílico anidro.

Outro trabalho que trata da importância das curvas de destilação é reportado por OLIVEIRA *et al.* (2004). Neste trabalho, dados obtidos a partir de curvas de destilação de gasolinas brasileiras foram usados para identificar amostras adulteradas através da aplicação do método quimiométrico de classificação multivariada SIMCA (Soft Independent Modelling of Class Analogy), o qual permite classificar uma amostra dentro de uma classe definida. A conclusão a que chegam os autores diz respeito à importância estatística de cada fração destilada. A porcentagem de 60% evaporada foi o parâmetro de uma curva de destilação que apresentou maior influência sobre o controle de qualidade, mas não é parâmetro de referência adotado pela ANP para a caracterizar e quantificar o adulterante.

II.6. Pressão de Vapor

A pressão de vapor é a pressão na qual a fase vapor de uma substância está em equilíbrio termodinâmico com sua fase líquida, para uma temperatura e pressão específicas.

O termo é mais corretamente usado para substâncias puras, onde a pressão do ponto de bolha coincide com a pressão do ponto de orvalho, e a esta pressão denomina-se pressão de vapor. Para misturas, quando falamos de pressão e vapor, além da pressão e temperatura, deve-se especificar a composição das fases vapor e líquido, ou seja, qual é a porcentagem volumétrica de líquido em relação à de gás, no equilíbrio de fases.

FRENCH e MALONE (2005) fazem uma revisão do efeito da adição de etanol na pressão de vapor Reid da gasolina, com teores de adição de até 30% em volume e verificam que a adição deste eleva, inicialmente, a pressão de vapor da gasolina até um valor máximo referente a 5% de etanol na mistura, quando a partir de então, adições posteriores diminuem a pressão de vapor.

As Figuras II.2 e II.3 exemplificam o diagrama de fase $P \times T$ para substâncias puras e para uma mistura de gás natural e gasolina natural, respectivamente.

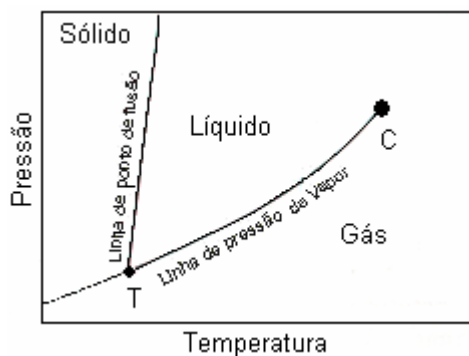


Figura II.2: Diagrama de fase de uma substância pura.

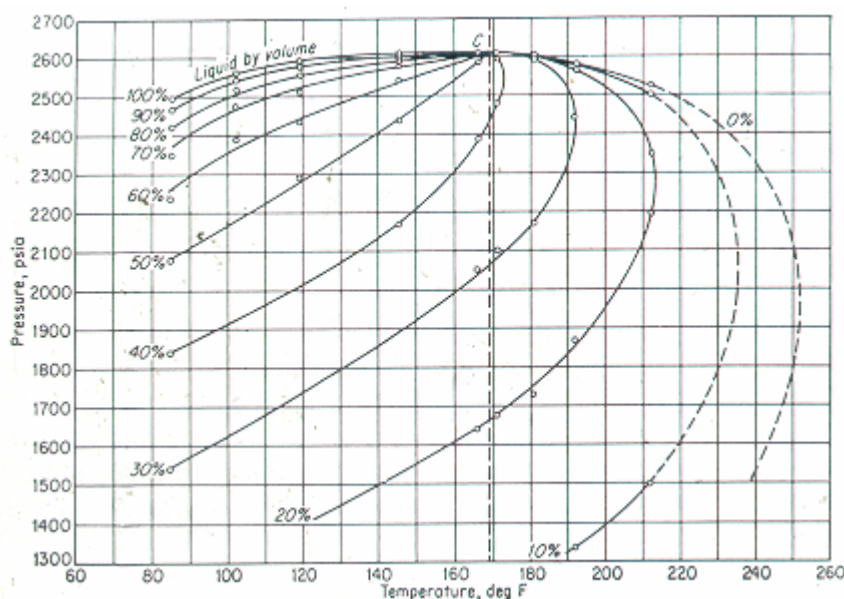


Figura II.3: Diagrama de fase de uma mistura de gás natural e gasolina natural (McCain, 1990).

A pressão de vapor Reid (RVP) é a pressão absoluta exercida por uma mistura a 100°F (37.8°C) e com uma taxa de volume de vapor / líquido de 4/1. O parâmetro RVP é usado freqüentemente para caracterizar a volatilidade de gasolinas e óleos crus.

A definição de limites para a pressão de vapor de hidrocarbonetos tem importância na segurança e desempenho de solventes e combustíveis, sendo uma medida da tendência em formar vapores explosivos. Sua limitação também tem por objetivo evitar problemas de tamponamento, que consiste na formação de vapores nas linhas de transporte de combustível, na bomba e no carburador, interrompendo o escoamento.

PUMPHREY *et al.* (2000) mediram a pressão de vapor de misturas de gasolina com quatro álcoois diferentes (metanol-gasolina, etanol-gasolina, iso-propanol e gasolina e t-butanol-gasolina) a uma temperatura de 37,8 °C como uma função da composição de cada mistura, de 0 a 100% de gasolina. Os sistemas gasolina-álcool foram tratados como *pseudobinários não-ideais* e os valores de pressão de vapor foram plotados em relação à fração molar de álcool. A partir da inclinação das isothermas pressão-composição nas regiões de compostos puros (100% de álcool e

100% de gasolina), os coeficientes de atividade a diluição infinita foram encontrados e, com eles, os parâmetros da equação de Wilson para energia livre de Gibbs em excesso determinados. Por fim, uma correlação para pressão de vapor da mistura foi proposta. A comparação das medidas experimentais com os dados preditos mostrou um desvio médio de 1,8% para misturas com metanol, 0,8% para misturas com etanol e 4,4% para o iso-propanol.

II.7. Massa Específica

A massa específica é definida como a massa de uma substância contida em uma unidade de volume, para uma dada temperatura.

A massa específica é um forte indício sobre a qualidade de um combustível. Enquanto que a gasolina comum tem uma massa específica entre 0,72 e 0,78 g/cm³, a gasolina adulterada apresenta, em geral, uma massa específica menor, devido à adição de compostos orgânicos menos densos. Segundo a legislação brasileira a gasolina deve ser totalmente isenta de água, mas, algumas vezes, recebe a adição de álcool não anidro e a presença de água pode ser detectada pela determinação da massa específica.

CÔCCO *et al.* (2005) fornecem uma coletânea de dados de massa específica de amostras de gasolina, obtidos no laboratório credenciado pela ANP da Universidade Federal do Paraná, por todo o período do ano de 2001 e parte do ano de 2002, como mostrado nas Figuras II.4 e II.5, respectivamente. Destas figuras pode-se notar que a maior parte dos dados de massa específica encontra-se numa faixa de 0,74-0,78 g/cm³.

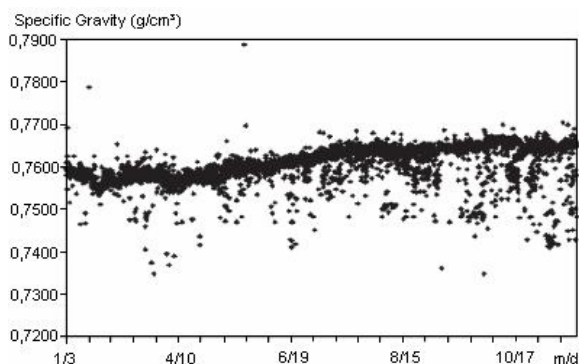


Figura II.4: Variação na massa específica em amostras da gasolina brasileira durante o ano de 2001 (CÔCCO *et al.*, 2005).

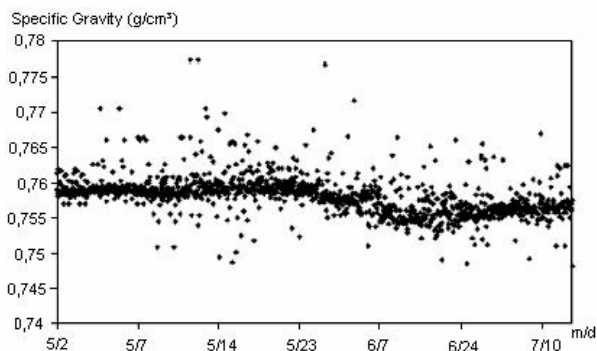


Figura II.5: Variação na massa específica em amostras da gasolina brasileira durante o período de Maio a Julho de 2002 (CÔCCO *et al.*, 2005).

II.8. Métodos de Análise da Gasolina

II.8.1. Espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear

A espectroscopia é o estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria. A ressonância magnética nuclear (NMR) consiste em submeter uma substância a um campo magnético forte aliado a um sinal de radio frequência (RF). BURRI *et al.* (2004) desenvolveram um método baseado neste ensaio para medir concentrações de aromáticos, olefinicos e alifáticos em amostras de gasolina. Por estar o método fundamentado na composição molecular, ele pode ser aplicado a qualquer tipo de gasolina. Este método, segundo os autores, é indicado para laboratórios que realizam uma grande quantidade de ensaios, pois o tempo de análise é curto, quando comparado com a análise cromatográfica.

II.8.2. Cromatografia Gasosa (CG)

A cromatografia é um método físico de separação, no qual os componentes a serem separados são distribuídos entre duas fases: a fase estacionária e a fase móvel. A amostra é vaporizada e transportada, por uma corrente de gás inerte, normalmente hidrogênio, hélio, nitrogênio ou argônio, através de uma coluna empacotada com a fase estacionária.

Pela cromatografia gasosa é possível detectar a adulteração de combustíveis, sendo os vários componentes da amostra separados e os resultados da análise expressos por um cromatograma. Cada componente na mistura aparece como um pico no cromatograma, e a altura e área deste pico são proporcionais à concentração do componente na mistura. Como a maior causa de adulteração da gasolina ocorre pelo excesso de álcool anidro, normalmente, nenhum pico novo é percebido, ocorrendo somente um aumento da área do pico correspondente.

Apesar de muito eficiente para constatar a adição criminosa em excesso de compostos já presentes naturalmente em um combustível, a análise por cromatografia gasosa necessita da comparação com o cromatograma de uma amostra de gasolina padrão. Só assim, pode-se saber, por este método, se houve a adição de algum composto estranho à gasolina. Caso isto não seja possível, faz necessário o uso de outros métodos capazes de identificar quimicamente um composto estranho, como um espectrômetro de massa.

A composição de uma gasolina comercial determinada por cromatografia gasosa foi usada por BURRI *et al.* (2004) para estabelecer relações matemáticas entre a massa específica e o peso molecular médio de aromáticos, olefinas e alifáticos. A composição da gasolina determinada por

RMN foi comparada com os resultados obtidos por método padrões de análise, como cromatografia, infravermelho e indicador de absorção por infravermelho. A concordância dos resultados do RMN com os obtidos por cromatografia e infravermelho foi muito boa para o benzeno, obtendo um coeficiente de correlação de 0,98.

II.8.3. Cromatografia Gasosa Headspace

A técnica consiste em colocar uma amostra em um frasco de vidro, selar o conjunto e aguardar até que o equilíbrio termodinâmico entre as fases seja alcançado, o que normalmente é alcançado através de um banho termostatizado. Em seguida, com a ajuda de uma seringa, uma alíquota da fase gasosa é retirada do frasco e injetada no cromatógrafo gasoso.

A Cromatografia Gasosa por Headspace (CGH) é usada para análise de compostos orgânicos voláteis em amostras sólidas, líquidas e gasosas.

Esta técnica é altamente eficiente para a análise de compostos de elevada volatilidade; compostos com alta temperatura de ebulição não são detectados devido à baixa concentração do componente na fase gasosa.

Outra aplicação muito importante da CGH para as Indústrias do Petróleo e Gás é a determinação da pressão de vapor de hidrocarbonetos, um parâmetro de controle de qualidade e detecção de adulteração.

WOODROW e SEIBER (1988) usaram a CGH para medir a pressão de vapor de n-alcanos, diesel, gasolina e óleo cru e compararam seus resultados com os obtidos pelo método de Pressão de Vapor Reid para os dois últimos, e apesar das correlações usadas serem aplicáveis apenas para gases ideais, os resultados mostraram razoável concordância.

II.8.4. Espectrometria de Massa

Consiste em bombardear a amostra com um feixe de elétrons, promovendo a ionização e fragmentação das moléculas. Estes íons são contados e computados em função de sua massa atômica, o que possibilita a identificação da substância.

II.8.5. Absorção por Fluorescência

Uma parte importante do controle da qualidade da gasolina envolve a análise quantitativa de alguns hidrocarbonetos. O método de indicador de absorção por fluorescência é usado para determinar a concentração de aromáticos, olefinicos e alifáticos na gasolina.

Apesar de barato e simples, o método fornece informações limitadas quanto à composição, além de uma pouca reprodutibilidade e precisão. Também é comum a constatação de que gasolinas com grandes quantidades de di-olefinas produzirem contornos mal definidos na coluna de absorção, o que torna a reprodutibilidade ainda pior.

Com a ajuda de um cromatógrafo gasoso, os componentes podem ser separados em parafinas, isoparafinas, olefinas, naftênicos e aromáticos (PIONA), assim como quantificar compostos oxigenados e benzeno.

II.8.6. Espectroscopia de Infravermelho.

Os compostos orgânicos também absorvem radiações na região do infravermelho (IV) do espectro. A radiação infravermelha não tem energia suficiente para excitar os elétrons e provocar transições eletrônicas, mas é capaz de fazer os átomos vibrarem com maior rapidez e com maior amplitude em torno das ligações covalentes que os unem.

Estas vibrações são quantizadas e, quando ocorrem, os compostos absorvem energia na faixa do infravermelho em certas regiões do espectro. Quando a ligação absorve energia, ela sofre alterações e, ao retornar ao estado original, libera essa energia, que então é detectada pelo espectrômetro.

Logo, através da comparação dos valores de energia da radiação infravermelha para os quais ocorre absorção, pode-se identificar as moléculas ou os tipos de moléculas presentes nas amostras. O teor de benzeno também é freqüentemente especificado pelo método de espectroscopia de infravermelho.

No presente trabalho, com exceção do método de infravermelho utilizado pelo equipamento GS1000 da Petrospec para determinar octanagem e teor de hidrocarbonetos, serão utilizados métodos analíticos tradicionais, baseados nas especificações da ANP, visando caracterizar a adulteração da gasolina e permitir a reprodução destes ensaios com pouca infraestrutura laboratorial.

III. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção são apresentados os materiais e métodos utilizados.

Todo o trabalho experimental integrante desta dissertação foi realizado no Laboratório de Referência para Qualidade de Combustíveis - CEPAT - da AGÊNCIA Nacional do Petróleo – ANP, localizado em Brasília-DF. O CEPAT disponibilizou o acesso a todos os seus equipamentos e vidraria necessários para a realização dos ensaios com gasolina *C* aqui, propositalmente adulterada com diversos solventes.

III.1. Gasolina Tipo A

A gasolina tipo *A* foi fornecida gratuitamente pela TEBRAS, central de distribuição de gasolina da Petrobrás da região Centro Oeste, localizado em Brasília / DF. Esta amostra de gasolina foi usada como um padrão para a análise da influência dos solventes sobre suas propriedades físico-químicas. Para a caracterização deste padrão foram determinados: curva de destilação, octanagem, pressão de vapor, massa específica e teor de hidrocarbonetos. A caracterização da gasolina *A* é apresentada no Capítulo IV – Resultados.

III.2. Solventes

A escolha dos solventes para este estudo foi feita com base nos seguintes critérios:

1. No universo de solventes comerciais disponíveis no mercado, buscou-se pelos de mais baixo preço.
2. Devido à limitação de tempo escolheu-se apenas um representante de cada grupo de hidrocarbonetos, assim divididos:
 - Grupo dos Solventes Alifáticos Leves (SAL): aguarrás;
 - Grupo dos Solventes Alifáticos Pesados (SAP): diesel;
 - Grupo dos Solventes Aromáticos (SA): Alquilbenzenos AB-9;
 - Grupo dos Solventes Oxigenados (SO): álcool etílico anidro combustível.

O álcool etílico anidro e o diesel foram fornecidos pela TEBRAS e a aguarrás e o alquilbenzeno AB9 foram fornecidos pela IQB, Indústria Química de Brasília, localizada em Sobradinho / DF. A caracterização dos solventes é apresentada no Capítulo IV – Resultados.

III.3. Equipamentos

Os equipamentos utilizados neste trabalho foram:

1. Destilador atmosférico automático fabricado pela Walter Herzog GmbH. Permite obter curvas de destilação do produto destilado, além do acompanhamento das taxas de destilação. A destilação automática melhora a precisão do ensaio por eliminar o erro humano associado ao controle manual da taxa de aquecimento e da medição da temperatura, do tempo e do volume destilado. A detecção do volume destilado é feita por um feixe de infravermelho que oferece resolução de 0,1 ml. A repetibilidade e reprodutibilidade do equipamento, principalmente quanto às medições de temperatura, seguem as especificações das normas ASTM D86 e NBR9619 e não serão aqui relatadas.
2. Analisador portátil de combustível GS1000 da Petrospec que funciona pela técnica da espectroscopia do infravermelho médio. Fornece a composição de componentes olefinicos, parafinicos, aromáticos (método ASTM D-1319) e oxigenados através da determinação da quantidade de luz absorvida por cada componente. A determinação da octanagem MON e RON é feita por um modelo matemático que compara os espectros obtidos com os contidos na memória do equipamento. As especificações técnicas do equipamento, conforme manual do fabricante, são mostradas na Tabela III.1.

Tabela III.1: Especificações técnicas do GS1000 da Petrospec.

Medida	Repetibilidade	Reprodutibilidade	Faixa de calibração
Octanagem –RON	$0,0022*(X+2,0)$	$0,013*(X+2)$	90-101
Octanagem – MON	0,11	0,64	80-90
$(RON+MON)/2$	0,17	0,81	Calculado
Aromáticos Totais	$0,17*X^{0,25}$	$0,97*X^{0,25}$	0-60vol%
Olefinas Totais	$0,019*(X+11,43)$	$0,076*(X+14,89)$	0-35vol%
Saturados	0,67	2,8	Calculado
Benzeno (vol %)	$0,021+0,027*X$	$0,121+0,012*X$	0-5vol%
Etanol (vol%)	0,13	0,59	0-25 vol%

Onde X é o valor da medida obtida.

3. Densímetro digital DMA 4500 fabricado pela Anton Paar, fornece densidade relativa 20/4 e massa específica a 20°C (ASTM D4052). Consiste de um tubo oscilante em forma de U, um sistema de excitação eletrônica, medidor de frequência. Determina a massa específica através da frequência de oscilação da amostra dentro do tubo. As especificações técnicas do densímetro são apresentadas na Tabela III.2.

Tabela III.2: Especificações técnicas do densímetro da Anton Paar.

Medida	Repetibilidade	Faixa de calibração
Massa Específica	1×10^{-5} g/cm ³	0-3 g/cm ³
Temperatura	0,01 °C	0-90°C

4. Aparelho automático para determinação de pressão de vapor modelo Minivap CCA-VPS fabricado pela Grabner Instruments. Fornece a pressão de vapor absoluta (ASTM D6378) e correlaciona para a Reid (ASTM D5191). Este ensaio fornece a pressão de vapor total exercida no vácuo por produtos líquidos de petróleo saturados com ar, voláteis, para uma temperatura de 37,8°C e a uma razão vapor / líquido de 4:1. Um volume de 1 ml de amostra resfriada a 0°C é introduzida em uma câmara de ensaio controlada termostaticamente, cujo volume final é igual a cinco vezes o volume total da alíquota colocada na câmara. Deixa-se a alíquota atingir o equilíbrio térmico na temperatura de ensaio de 37,8°C (100°F). O aumento de pressão resultante na câmara é medido usando-se um sensor transdutor e indicador de pressão. A acurácia da leitura de temperatura é de 0,1°C. As especificações técnicas do Minivap são apresentadas na Tabela III.3.

Tabela III.3: Especificações técnicas do Minivap CCA-VPS da Grabner Instruments.

Medida	Repetibilidade	Reprodutibilidade	Faixa de calibração
Pressão	0,00807*(pressão+124kPa)	0,0161*(pressão+124kPa)	0-300kPa

III.4. Caracterização das Amostras

A realização dos ensaios foi feita de acordo com a descrição abaixo:

1. Caracterização de uma gasolina padrão tipo A

Compreendeu a realização dos seguintes ensaios:

- Construção da curva de destilação – Método ASTM D86;
- Determinação da pressão de vapor – Método ASTM D5191;
- Determinação da massa específica da amostra - Método ASTM D4052;
- Verificação da octanagem MON, RON e IAD - Método ASTM D2700;
- Determinação do teor de hidrocarbonetos aromáticos, olefinicos e parafínicos - Método ASTM D-1319.

2. Caracterização dos solventes

Algumas informações foram obtidas junto aos fornecedores, outras vieram da realização dos ensaios:

- Curva de destilação - Método ASTM D86;
- Ensaio de pressão de vapor – Método ASTM D5191;
- Determinação da massa específica - Método ASTM D4052.

3. Avaliação da influência da adição de solvente à gasolina padrão.

Para este estudo, foram preparadas diversas misturas, cujas composições são descritas a seguir. Considerou-se como um fator limitante para a adulteração da gasolina C a adição máxima de 50% em volume de solventes na mistura.

a) Adição de álcool etílico anidro combustível (AEAC) a gasolina A.

A composição das misturas é dada na Tabela III.4. O terceiro maior número de casos de não conformidades está ligado a irregularidades no teor de etanol (ANP, 12/2005).

Tabela III.4: Porcentagens volumétricas de adição de AEAC à gasolina A.

Mistura	% vol. AEAC	% vol. gasolina A
1	5%	95%
2	10%	90%
3	15%	85%
4	20%	80%
5	25%	75%
6	30%	70%
7	35%	65%
8	40%	60%
9	45%	55%
10	50%	50%
11	60%	40%
12	70%	30%
13	80%	20%
14	90%	10%

b) Adição de aguarrás (SAL) a gasolina C

Este item compreendeu o preparo de misturas para o estudo de 2 casos particulares. No primeiro tipo, manteve-se a quantidade de álcool na mistura final constante e igual a 25% em

volume. Este caso simula uma situação de adulteração em que o fraudatário teve cuidado suficiente para manter o volume final de álcool na mistura igual ao valor exigido pela legislação corrente, ou seja, houve uma adição de aguarrás com a posterior correção de álcool; evita-se assim a descoberta da fraude pelo simples método da proveta.

No segundo, o teor de AEAC não foi mantido fixo, mas a relação volumétrica entre álcool e gasolina será constante e igual a 0,33 a qual é obtida pela divisão do teor de álcool pelo teor de gasolina original (0,25/0,75). Esta situação corresponde a uma simples diluição da gasolina C com aguarrás.

Estes experimentos visam estudar, também, as diferenças dos resultados obtidos por cada tipo de mistura, já que os trabalhos da literatura tratam apenas do caso em que o teor de álcool é fixo SANTOS *et al.* (2003). As composições das misturas com teor fixo de álcool são mostradas na Tabela III.5 enquanto a Tabela III.6 apresenta as misturas em que manteve-se constante a relação álcool / gasolina.

Tabela III.5: Porcentagens volumétricas de adição de aguarrás a mistura de gasolina C com um teor fixo de 25% de álcool etílico.

Mistura	% vol. SAL	% vol. AEAC	% vol. gas. A	% vol. gas. C	relação álcool/gasolina
1	5%	25%	70%	95%	0,36
2	10%	25%	65%	90%	0,38
3	15%	25%	60%	85%	0,42
4	20%	25%	55%	80%	0,45
5	25%	25%	50%	75%	0,50
6	30%	25%	45%	70%	0,56
7	40%	25%	35%	60%	0,71
8	50%	25%	25%	50%	1,00

Tabela III.6: Porcentagens volumétricas de adição de aguarrás a mistura de gasolina C com a relação álcool / gasolina constante.

Mistura	% vol. SAL	% vol. AEAC	% vol. gas. A	% vol. gas. C	relação álcool/gasolina
1	10%	22,50%	67,50%	90%	0,33
2	15%	21,25%	63,75%	85%	0,33
3	20%	20,00%	60,00%	80%	0,33
4	25%	18,75%	56,25%	75%	0,33
5	30%	17,50%	52,50%	70%	0,33
6	40%	15,00%	45,00%	60%	0,33
7	50%	12,50%	37,50%	50%	0,33

- c) Adição de AB9 a gasolina C. Na Tabela III.7 é fornecida a composição das misturas, sendo o volume final de álcool fixo em 25% v/v.

Tabela III.7: Porcentagens volumétricas de adição de AB9 a mistura de gasolina C com um teor fixo de 25% de álcool etílico.

Mistura	% vol. SA	% vol. AEAC	% vol. gas. A	% vol. gas. C	relação álcool/gasolina
1	5%	25%	70%	95%	0,36
2	10%	25%	65%	90%	0,38
3	15%	25%	60%	85%	0,42
4	20%	25%	55%	80%	0,45
5	25%	25%	50%	75%	0,50
6	30 %	25%	45%	70%	0,56
7	40%	25%	35%	60%	0,71
8	50%	25%	25%	50%	1,00

- d) Estudo da influência da adição de diesel a gasolina C. Na Tabela III.8 é fornecida a composição das misturas, sendo o volume final de álcool fixo em 25%.

Tabela III.8: Porcentagens volumétricas de adição de diesel a mistura de gasolina C com um teor fixo de 25% de álcool etílico.

Mistura	% vol. SAP	% vol. álcool	% vol. gas. A	% vol. gas. C	relação álcool/gasolina
1	1%	25%	74%	99%	0,34
2	2%	25%	73%	98%	0,34
3	3%	25%	72%	97%	0,35
4	4%	25%	71%	96%	0,35
5	5%	25%	70%	95%	0,36
6	6%	25%	69%	94%	0,36
7	7%	25%	68%	93%	0,37
8	8%	25%	67%	92%	0,37
9	9%	25%	66%	91%	0,38
10	10%	25%	65%	90%	0,38
11	15%	25%	60%	85%	0,42
12	20%	25%	55%	80%	0,45
13	25%	25%	50%	75%	0,50
14	30 %	25%	45%	70%	0,56
15	40%	25%	35%	60%	0,71
16	50%	25%	25%	50%	1,00

III.5. Preparo e Execução dos Ensaios

O preparo das misturas apresentadas no item III.4 foi feito de maneira a evitar perdas por evaporação, erros de dosagem e conseqüentes erros nas medidas.

Na gasolina A, o álcool e os demais solventes foram previamente resfriados e mantidos no refrigerador, a uma temperatura de 0°C, pelo período mínimo de 24 horas.

Os frascos das amostras eram retirados brevemente da refrigeração, um frasco por vez, apenas para a dosagem da mistura a ser preparada, voltando à refrigeração o mais rápido possível.

Em um balão de 500 ml, imerso em um béquer de 2L contendo água e gelo a 0 °C, foram adicionadas as frações volumétricas de cada componente com o auxílio de pipetas volumétricas de várias graduações, perfazendo 270 ml, volume suficiente para a realização consecutiva de todos os ensaios nos equipamentos descritos na seção III.4. A opção por preparar todo o volume de uma amostra de uma única vez permite uma comparação mais confiável entre as repetições dos ensaios, associando as diferenças entre estas apenas ao erro instrumental e não ao humano pelo preparo de diferentes dosagens.

O balão era mantido tampado e resfriado durante a dosagem e aberto rapidamente apenas para as adições.

Após o preparo da mistura, o balão tampado e imerso na mistura de água e gelo a 0°C era levado rapidamente para a medição da pressão de vapor, a qual foi realizada em triplicata para todas as misturas. Em seguida, a mistura era levada ao destilador atmosférico. Este ensaio foi realizado em duplicata. Após a realização das destilações, a amostra era levada ao analisador portátil de combustível GS1000 da Petrospec, onde os ensaios foram realizados em triplicata. Por último, determinou-se a massa específica, em triplicata.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões referentes aos ensaios realizados com gasolina tipo A acrescida de álcool etílico anidro combustível (AEAC), aguarrás, AB9 e diesel, conforme metodologia descrita na seção anterior.

Através da análise dos resultados procurar-se-á encontrar um padrão de comportamento para cada tipo de adulteração da gasolina, visando contribuir com os profissionais da ANP no controle e identificação das não conformidades.

Os resultados são apresentados na seguinte ordem:

IV.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLVENTES

IV.2 - ENSAIOS DE DESTILAÇÃO

IV.2.1 - Análise das Curvas de Destilação

IV.2.2 - Análise das Frações Destiladas

IV.2.3 - Análise dos Pontos de Inflexão

IV.3 - PRESSÃO DE VAPOR

IV.4 - MASSA ESPECÍFICA

IV.5 - OCTANAGEM

IV.6 - TEOR DE AEAC

IV.7 - TEOR DE HIDROCARBONETOS

IV.1. Caracterização dos Solventes

Nesta seção são caracterizados os solventes: gasolina A, álcool etílico anidro combustível, aguarrás, diesel e AB9, conforme procedimentos descritos na metodologia apresentada. São fornecidos dados referentes às curvas de destilação, massa específica, pressão de vapor, octanagem e teor de hidrocarbonetos para a gasolina A. As curvas de destilação dos cinco solventes estão reunidas na Figura IV.1 ao final desta seção.

- **Gasolina Padrão Tipo A**

Na Tabela IV.1 é fornecida a curva de destilação da gasolina padrão tipo A, com seu respectivo desvio padrão, a qual foi realizada em duplicata. A análise dos dados revela uma gasolina leve, com uma temperatura inicial de destilação bem baixa, começando a destilar em 35,8°C e terminando em 191,4°C. O valor do resíduo de 1,0 ml esta dentro do esperado, segundo

a experiência dos operadores do CEPAT, apesar das perdas de 1,6 ml serem consideradas um pouco altas, talvez pela inexperiência na operação do equipamento. Em contrapartida, a análise dos desvios padrões mostra que a repetição dos dados é muito boa, apresentando pouca dispersão em torno da média. Os piores resultados em termos de dispersão estão presentes no IPB e no FBP, o que pode ter sido ocasionado por perdas por evaporação durante o manuseio da amostra entre as corridas.

Tabela IV.1: Dados da curva de destilação da gasolina A.

Volume destilado (%)	Temperatura (°C)	Desvio Padrão (°C)
IBP	35,8	0,99
5%	43,6	0,28
10%	50,1	0,14
15%	54,3	0,49
20%	58,1	0,49
30%	65,8	0,57
40%	75,0	0,57
50%	86,3	0,49
60%	99,2	0,35
70%	114,3	0,57
80%	132,6	0,28
85%	143,0	0,49
90%	154,5	0,85
95%	170,4	0,49
FBP	191,4	1,06
Resíduo (ml)	1,0	0,07
Recuperado (%Vol)	97,4	0,0028
Perdas (ml)	1,6	0,21

Os demais ensaios de caracterização realizados com a gasolina A são mostrados na Tabela IV.2, sendo que o teor de hidrocarbonetos fornece uma composição resumida desta.

Tabela IV.2: Parâmetros físico-químicos da gasolina A.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão
Pressão de Vapor (kPa)	61.7	1.0E-01
Massa específica (g/cm ³ , 20°C)	0,7261	5,7735E-05
% Vol. Benzeno	0.89	1,00E-02
% Vol. Olefinas	21.3	1,00E-01
% Vol. Saturados	57.7	1,00E-01
% Vol. Aromáticos Totais	19.2	5,80E-02
% Vol. Xilenos Totais	4.6	5,80E-02
% Vol. Tolueno	3.0	5,80E-02
(RON+MON)/2	87.0	5.8E-02
RON	92.9	0.0
MON	81.0	5.8E-02

A análise dos desvios padrão da Tabela IV.2 revela uma boa confiabilidade nos resultados.

- **Álcool Etílico Anidro Combustível**

De acordo com (PERRY, 1999) a temperatura de destilação do álcool etílico anidro é de 78,4°C. Os ensaios de massa específica e pressão de vapor são mostrados na Tabela IV.3.

Tabela IV.3: Parâmetros físico-químicos do AEAC.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão
Pressão de Vapor (kPa)	14,2	1,2E-01
Massa específica (g/cm ³ , 20°C)	0,7931	1,7321E-05
Concentração de etanol (%peso, 20°C)	99,23	5,77E-03

- **Aguarrás**

A Tabela IV.4 fornece os dados da curva de destilação da aguarrás. O ensaio de destilação da aguarrás e do AB9 foi realizado uma única vez. Estes dados são ilustrados na Figura IV.1. Os demais ensaios de caracterização realizados com a aguarrás são mostrados na Tabela IV.5.

Tabela IV.4: Curva de destilação da aguarrás.

Volume destilado (%)	Temperatura (°C)
IBP	151,7
5%	162,6
10%	164,5
15%	165,4
20%	166,2
30%	168,3
40%	170,7
50%	173,1
60%	175,7
70%	179,1
80%	183,8
85%	187,0
90%	190,9
95%	197,4
FBP	211,5
Resíduo (ml)	1,1
Recuperado (%Vol)	97,7
Perdas (ml)	1,2

Os resíduos da destilação da aguarrás estão dentro da faixa esperada, não sendo, portanto, este um ensaio possível para se verificar um indicativo de adulteração de gasolina pela adição desta substância.

Tabela IV.5: Parâmetros físico-químicos da aguarrás.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão
Pressão de Vapor (kPa)	3,9	4,0E-01
Massa específica (g/cm ³ , 20°C)	0,7910	0,0000E-00

A aguarrás tem uma pressão de vapor muito baixa e uma massa específica superior a da gasolina A.

- **Alquil-Benzeno AB9**

A Tabela IV.6 fornece os dados da curva de destilação da AB9. Estes dados são ilustrados na Figura IV.1. Os demais ensaios de caracterização realizados com o AB9 são mostrados na Tabela IV.7.

Tabela IV.6: Curva de destilação do alquil-benzeno AB9.

Volume destilado (%)	Temperatura (°C)
IBP	155,1
5%	160,4
10%	160,9
15%	161,2
20%	161,4
30%	161,8
40%	162,2
50%	162,8
60%	163,4
70%	164,0
80%	164,9
85%	165,5
90%	166,5
95%	168,6
FBP	174,4
Resíduo (ml)	1,5
Recuperado (%Vol.)	97,5
Perdas (ml)	1,0

Tabela IV.7: Parâmetros físico-químicos do AB9.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão
Pressão de Vapor (kPa)	0,4	0,0E+00
Massa específica (g/cm ³ , 20°C)	0,8732	5,7735E-05

- **Diesel**

A Tabela IV.8 fornece os dados da curva de destilação do diesel realizada em duplicata, junto com o desvio padrão de cada medida. Estes dados são ilustrados na Figura IV.1. Os demais ensaios são mostrados na Tabela IV.9.

Tabela IV.8: Curva de destilação do diesel.

Volume destilado (%)	Temperatura (°C)	Desvio Padrão (°C)
IBP	127,5	2,8E+00
1%	147,7	4,0E+00
2%	155,4	3,8E+00
3%	163,3	1,7E+00
4%	168,4	1,4E+00
5%	173,5	1,1E+00
10%	195,5	7,8E-01
15%	213,1	2,8E-01
20%	227,3	0,0E+00
25%	240,4	1,4E-01
30%	251,5	9,9E-01
35%	261,0	9,9E-01
40%	269,6	1,5E+00
45%	277,9	1,8E+00
50%	287,0	1,1E+00
55%	296,0	7,1E-01
60%	305,6	1,6E+00
65%	315,3	1,2E+00
70%	326,0	1,4E+00
75%	337,5	1,9E+00
80%	349,5	2,0E+00
85%	363,7	1,8E+00
Stop Point 90%	381,2	2,7E+00
% Vol. Recuperado	92,1	0,0E+00
% Vol. Resíduo	7,9	0,0E+00

Tabela IV.9: Parâmetros físico-químicos do diesel.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão
Massa específica (g/cm ³ , 20°C)	0,8598	1,0000E-04
Índice de Cetano	44,4	1,4E-01

A Figura IV.1 sintetiza o comportamento de destilação de cada um dos solventes puros usados no trabalho.

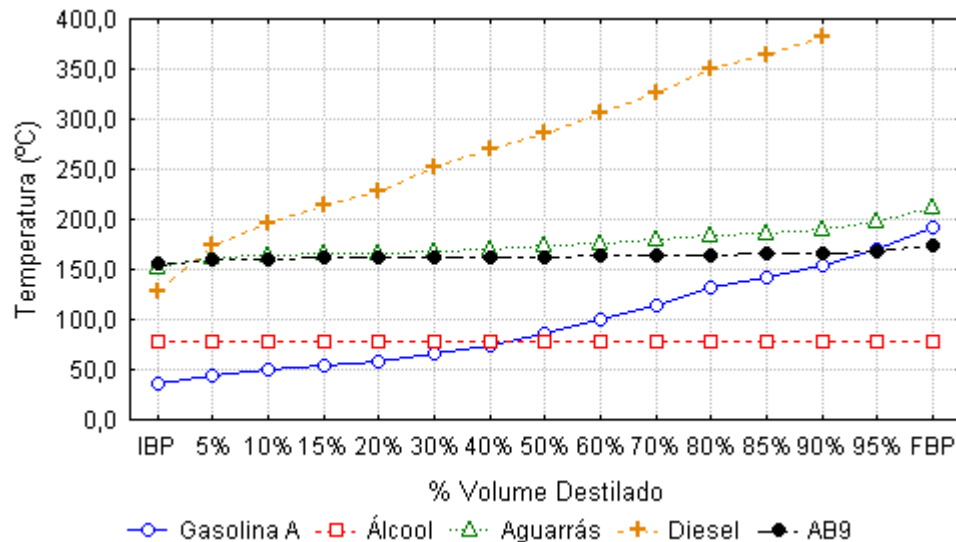


Figura IV.1: Curvas de destilação da gasolina A, álcool etílico anidro, aguarrás, diesel e AB9.

Nenhuma das curvas da Figura IV.1 apresenta inflexão, mostrando uma continuidade na temperatura de destilação. O álcool, por se tratar de um composto puro apresenta um único ponto de destilação, ao contrário dos outros compostos que são misturas de hidrocarbonetos. A temperatura de destilação da gasolina A é inferior a todos os outros compostos até a marca de 40% do volume destilado, quando ultrapassa a temperatura de destilação do AEAC. A aguarrás e o AB9 têm a faixa de destilação bem mais estreita que a gasolina A e apresentam um FBP bem próximo ao desta.

Etanol e AB9 tem FBP inferiores ao da gasolina A, ao contrário da aguarrás. O diesel tem uma faixa de temperatura bem superior ao dos outros compostos.

IV.2. Ensaios de Destilação

Esta seção trata das diferenças provocadas na curva de destilação da gasolina A com a adição de AEAC, e gasolina C com a adição de aguarrás, AB9 e diesel.

Para avaliar a influência da adição destes solventes foram preparadas diversas misturas, cujas composições são mostradas nas Tabelas III.4 até a III.8. Os resultados destas corridas experimentais serão mostrados a seguir, sendo as tabelas geradas constantes no Apêndice A.

IV.2.1. Análise das Curvas de Destilação

Os gráficos da Figura IV.2 até a Figura IV.6 fornecem a temperatura de destilação, em °C, em função da porcentagem destilada, em volume, e em função do teor de adulterante, em %v/v.

Na Figura IV.2 tem-se os gráficos de superfície e de contorno gerados pelas curvas de destilação da gasolina A com teores de AEAC de 0 a 100% em v/v, sendo que neste caso, 0% corresponde a gasolina A pura e 100% ao AEAC puro.

A Figura IV.3 trata das curvas de destilação da gasolina C, com um teor fixo de 25% de AEAC, com teores de aguarrás de 0 a 50% em v/v, enquanto que na Figura IV.4 são apresentadas as superfícies geradas pelas curvas de destilação da gasolina C com aguarrás, mas com um teor de AEAC não mais constante e sim, variável em função da diluição da gasolina C com o adulterante, apesar da relação álcool/gasolina (25%/75%) permanecer constante na mistura.

Os mesmos gráficos são feitos para o AB9 e diesel, com teores variando de 0 a 50% e de 0 a 10%, respectivamente. Nestes últimos casos, o teor de AEAC também é mantido fixo em 25% v/v, como no caso com aguarrás mostrado pela Figura IV.3.

Para os gráficos gerados pelas curvas de destilação da aguarrás, Figura IV.3. e Figura IV.4, AB9, Figura IV.5, e diesel, Figura IV.6, o teor de 0% de adulterante mostra dados de destilação da gasolina C comum, com 25% de AEAC e serve como base para a observação dos desvios provocados por cada composto sobre esta gasolina.

A adição consecutiva de AEAC faz com que a temperatura de destilação das frações iniciais destiladas aumente, enquanto que a temperatura dos percentos destilados finais diminua, todos convergindo para o ponto de destilação do AEAC puro.

Como pode ser visto na Figura IV.2, a região de maior temperatura encontra-se localizada perto dos volumes porcentos finais, e à medida que o teor de AEAC aumenta, esta região torna-se mais estreita, onde a transição entre as temperaturas ocorre no patamar da isoterma de 80°C.

Esta quebra torna-se cada vez mais próxima do FBP à medida que o teor de álcool aumenta, e em 90% de álcool esta quebra não mais existe, como mostrado pelo estreitamento da transição entre os tons verde e vermelho na Figura IV.2.

Com o aumento de AEAC a isoterma de 80°C tende a subir para os percentuais destilados finais, mostrando que a temperatura de destilação da mistura como um todo está diminuindo, o que já era esperado, pois o ponto de destilação do álcool é de 78,4°C.

Já para os casos com aguarrás e AB9, Figura IV.3, Figura IV.4 e Figura IV.5 a isoterma 80°C tende a cair para as porcentagens destiladas finais com o aumento da fração de solvente, mostrando que a temperatura de destilação da mistura esta aumentando.

Para a gasolina A com AEAC nota-se um perfil “convexo” nas isotermas de temperatura de 50, 60 e 70°C cujo ápice acontece próximo a 15% de AEAC. Isto mostra que para as porcentagens de destilados de 30, 40 e 50% a temperatura de destilação destas frações tem uma diminuição, seguida por um acréscimo consecutivo com o aumento de AEAC para teores deste até 15%, como pode ser observado na Figura IV.2. Já para a adição de aguarrás, Figura IV.3 e Figura IV.4, e AB9, Figura IV.5, as isotermas de 50, 60 e 70°C estão constantemente caindo para as porcentagens de destilados iniciais com o acréscimo de solvente.

Na Figura IV.3, gasolina C com aguarrás com um teor de AEAC fixo em 25%, o espaçamento entre as isotermas de 70 e 80°C é aproximadamente constante. Já na Figura IV.4, em que o teor de AEAC diminui com o aumento de aguarrás, este espaçamento torna-se cada vez mais estreito com a adição de aguarrás, mostrando de forma indireta a diminuição do teor de AEAC na mistura. Outra situação interessante é mostrada na Figura IV.2, onde este espaçamento entre as isotermas de 70 e 80°C aumenta à medida que o teor de AEAC aumenta.

A adição de AB9 parece não afetar o FBP da gasolina C, pois a isoterma de 170°C é quase constante com o teor de solvente. Na Figura IV.5, a região entre as isotermas de 150 e 170°C tende a prevalecer sobre a maior parte da curva de destilação à medida que o teor de AB9 aumenta, uma vez que a faixa de destilação deste composto está entre 155,1 e 174,4°C.

A adição de diesel a gasolina C mostrou-se ser um caso único. Foram preparadas misturas de gasolina C com teores de diesel de até 50%, mas só foi possível realizar a destilação completa para amostras com até 10%. Para teores a partir de 15% de diesel a temperatura do FBP era tão alta que a destilação era interrompida pelo destilador automático por razões de segurança e por estar esta temperatura muito fora do setup para gasolina.

A análise da Figura IV.6 revela que o diesel não afeta significativamente a temperatura de destilação de até 80% volume destilado, mostrado pela constância das isotermas de 50, 75 e 125°C. A maior influência do diesel sobre a gasolina C é revelada pela temperatura do FBP, alcançando o valor de 329,9°C para apenas 7% de contaminante.

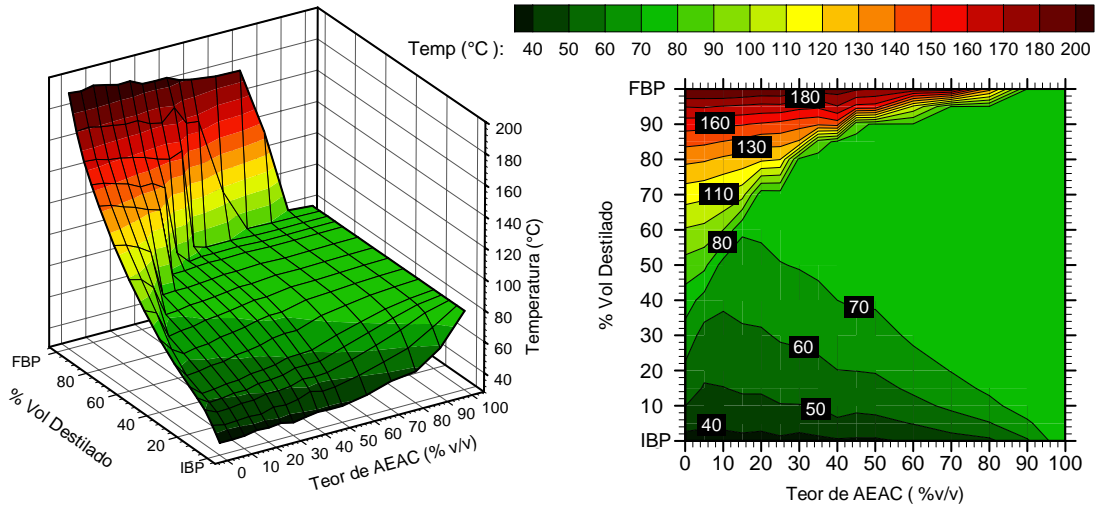


Figura IV.2: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina A com AEAC.

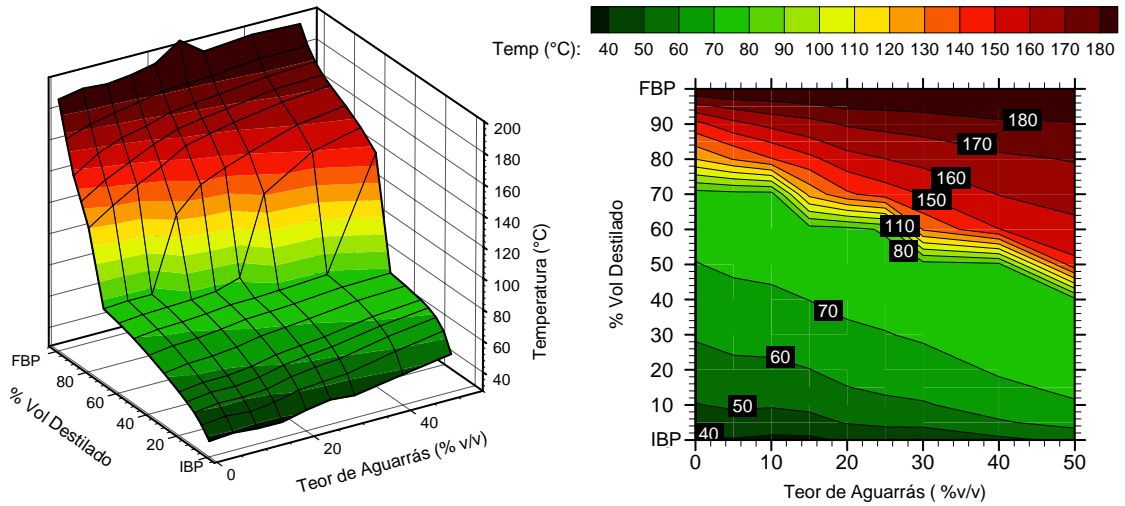


Figura IV.3: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com agarrás, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%.

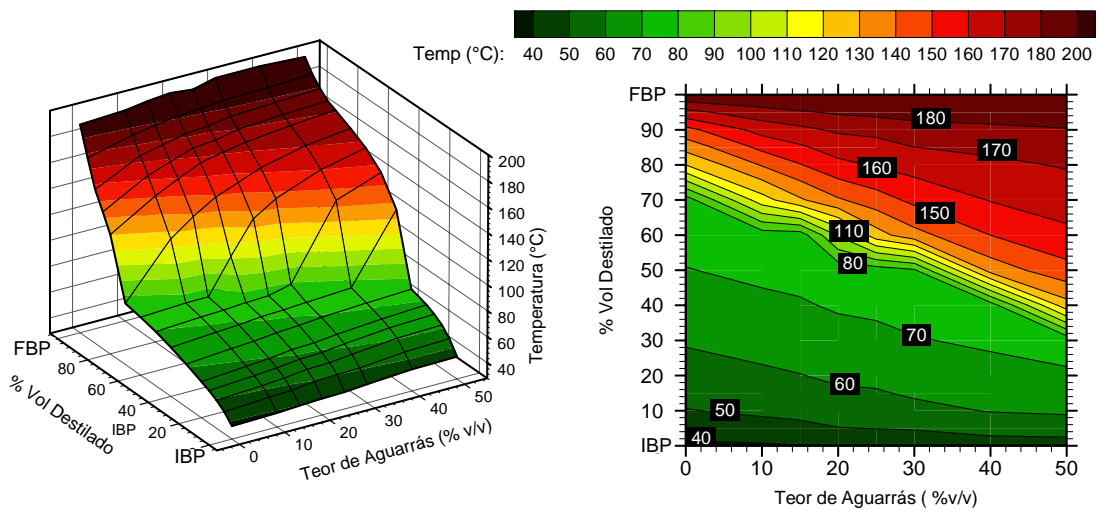


Figura IV.4: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com agarrás, com um teor de AEAC variável.

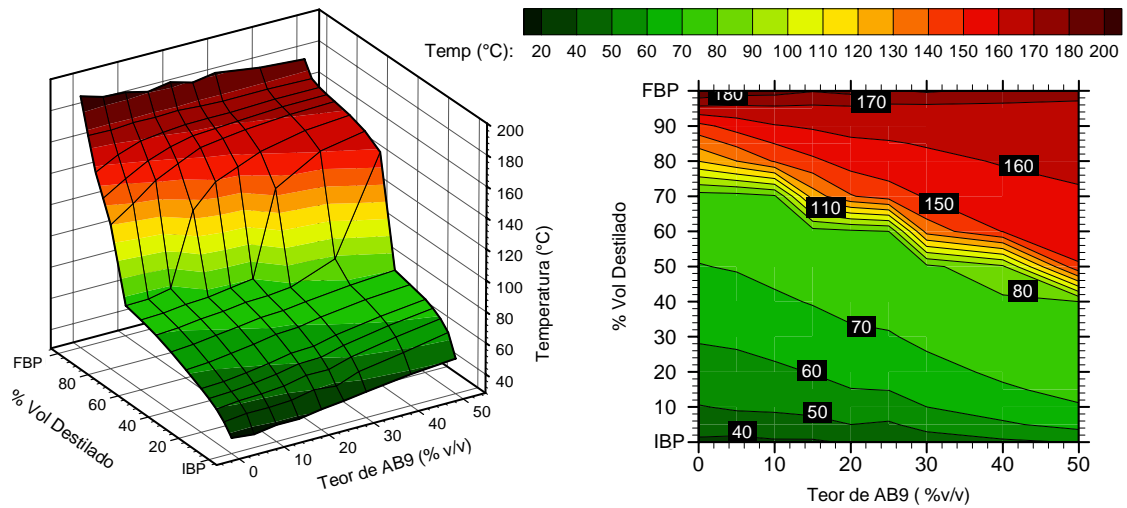


Figura IV.5: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com AB9, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%.

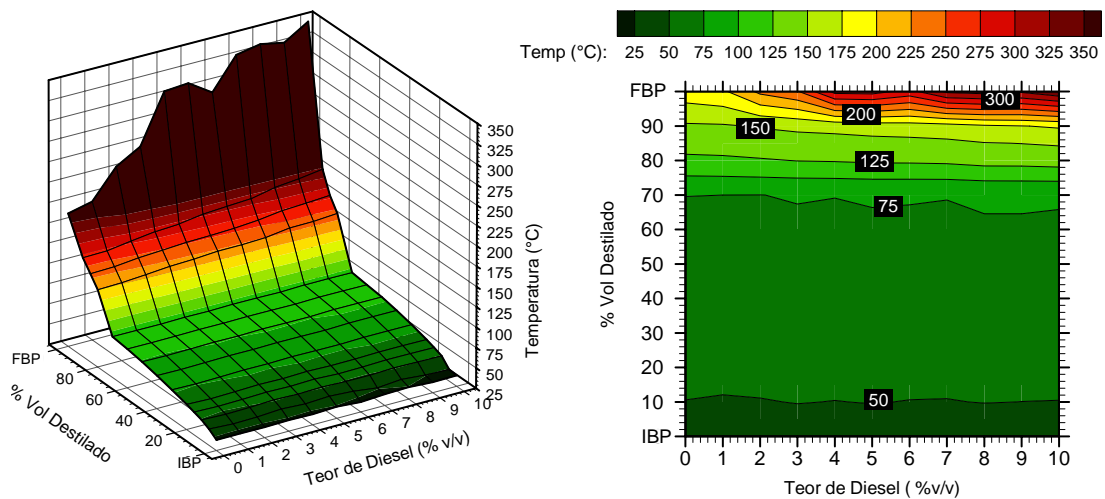


Figura IV.6: Superfícies geradas pelas curva de destilação da gasolina C com diesel, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%.

IV.2.2. Análise das Frações Destiladas

As Figuras IV.7 a IV.11 mostram a temperatura de destilação de cada porcentagem em volume destilado em função do teor de adulterante. Estas figuras correspondem às Figuras IV.2 a IV.6, respectivamente, mas com enfoque maior dado a análise da temperatura de cada porcentagem destilada em função do teor de solvente.

Nestas figuras, vale lembrar que cada corrida experimental corresponde à sucessão de pontos verticais a partir de um valor constante da abscissa.

Para a Figura IV.7, o teor de 0% e 100% de AEAC correspondem a gasolina A pura e ao AEAC puro. Para as Figuras IV.8 até a IV.11 o teor de 0% de contaminante representa a gasolina C, com 25 % em v/v de AEAC.

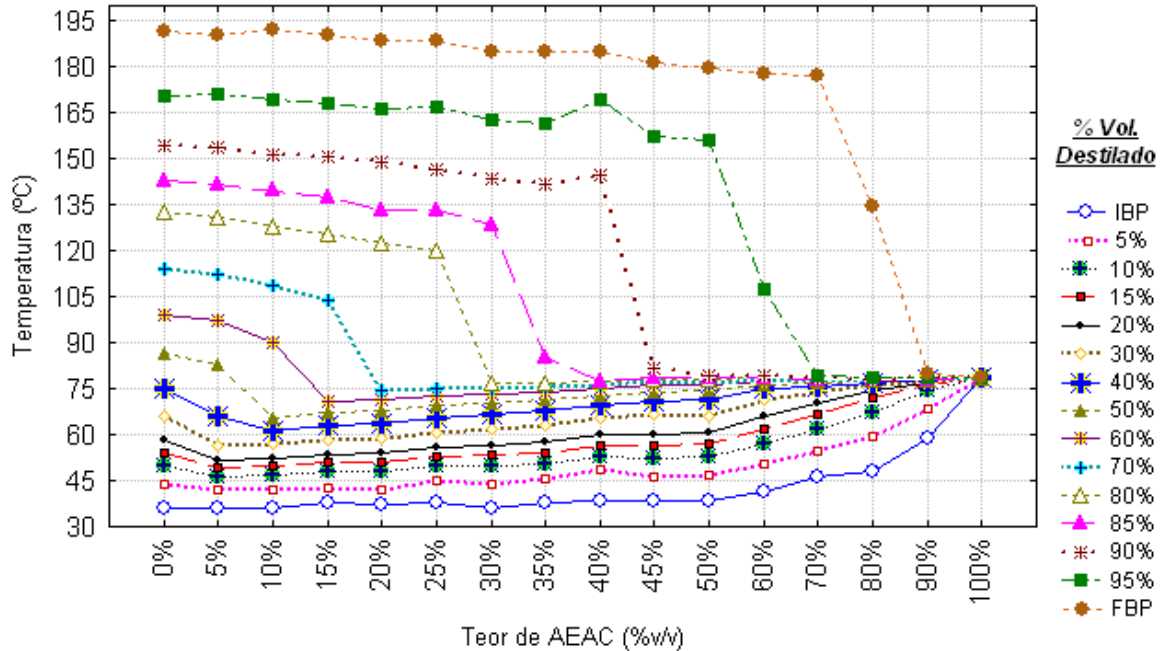


Figura IV.7: Curvas de destilação da gasolina A com AEAC – Temperatura x Teor de AEAC.

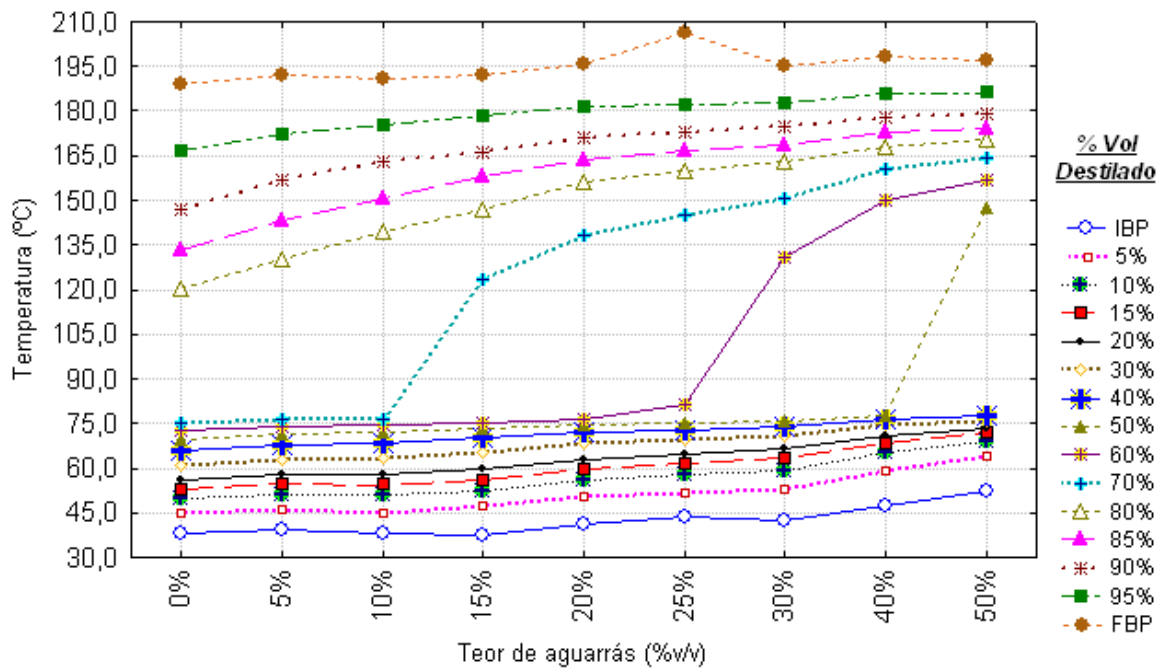


Figura IV.8: Curvas de destilação da gasolina C com aguarrás, mantendo AEAC fixo em 25% – Temperatura x Teor de aguarrás.

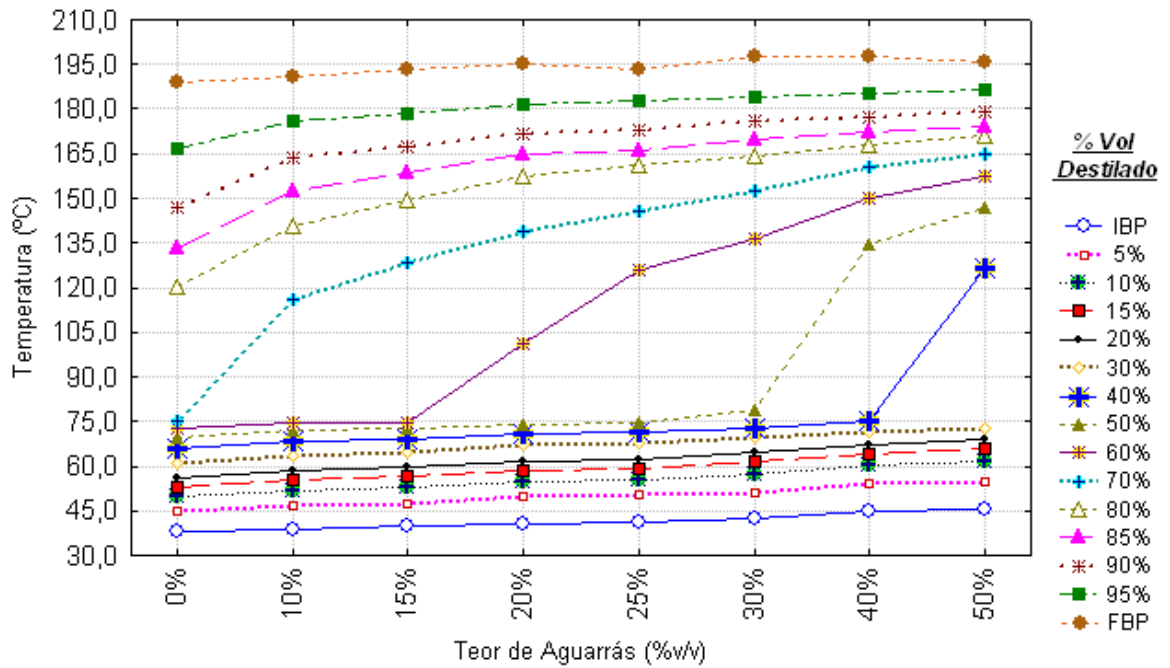


Figura IV.9: Curvas de destilação da gasolina C com aguarrás, com um teor de AEAC decrescente em função da adição de contaminante – Temperatura x Teor de aguarrás.

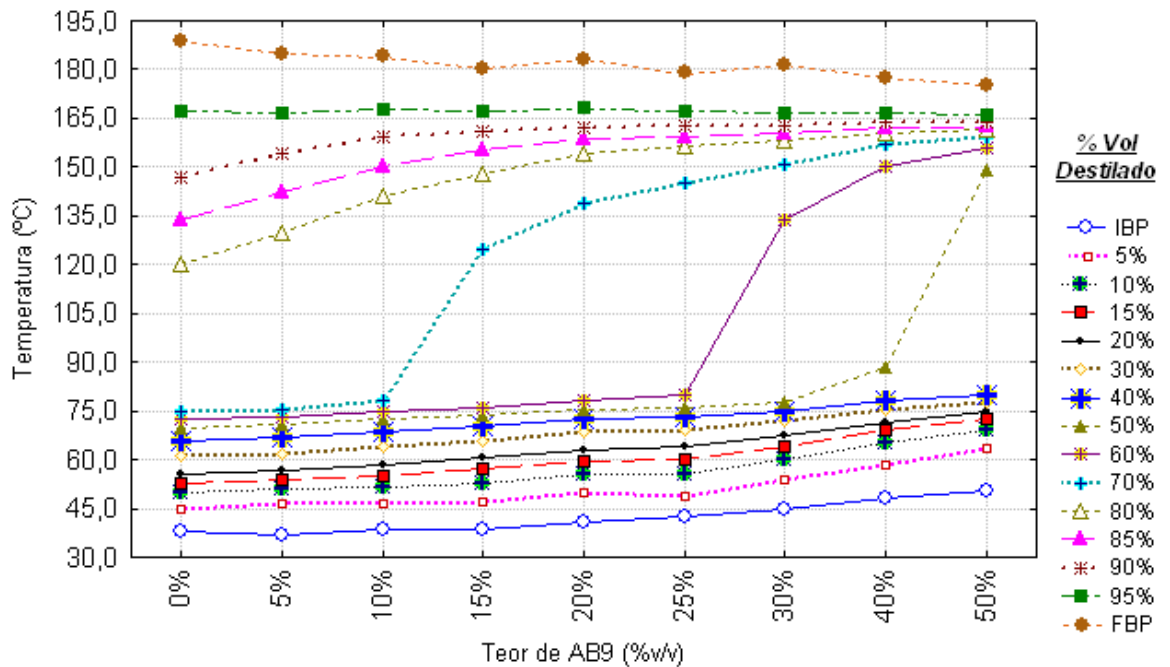


Figura IV.10: Curvas de destilação da gasolina C com AB9, mantendo AEAC fixo em 25% – Temperatura x Teor de AB9.

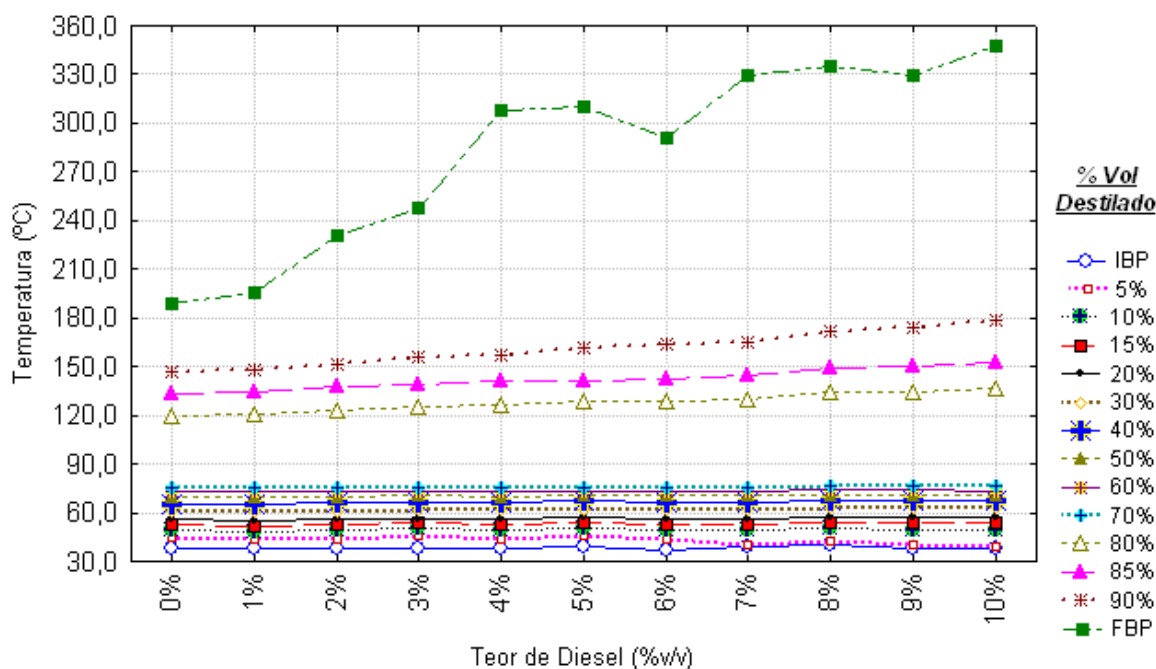


Figura IV.11: Curvas de destilação da gasolina C com diesel, mantendo AEAC fixo em 25% – Temperatura x Teor de diesel.

Com respeito às Figuras IV.7 a IV.11 são feitas análises referentes aos quatro pontos da curva de destilação da gasolina C que são controlados pela ANP, como critério de verificação da qualidade do combustível. Estes pontos são mostrados na Tabela II.2 e Tabela IV.10 abaixo.

Tabela IV.10: Pontos da curva de destilação controlados pela ANP

% Vol Destilado	10%	50%	90%		FBP
Limite de Temperatura	Máx	Máx	Máx	Mín	Máx
Temperatura (°C)	65	80	190	145	220

Com relação ao limite máximo de 65°C para os 10% destilados:

- É ultrapassado para adulterações com AEAC para teores deste maiores ou iguais a 80%, Figura IV.7, um valor de adulteração muito alto para ser praticado;
- A adição de aguarrás, mantendo o teor de AEAC fixo em 25%, ultrapassa este limite para teores maiores que 40%, Figura IV.8;
- Já a adição de aguarrás com AEAC variável, Figura IV.9, não superou este limite para adições de até 50%, mas conhecendo a faixa de destilação da aguarrás pura, espera-se que este valor seja ultrapassado para algum teor superior a 50%. Neste caso, à medida que se adiciona aguarrás a gasolina C, o teor de AEAC diminui e, portanto, a influência deste solvente em elevar a temperatura de destilação desta fração também diminui, por isso, as porcentagens de destilados iniciais têm maior temperatura, no caso em que o teor de AEAC é fixo, como observado na curva IBP da Figura IV.8 e Figura IV.9.

- Semelhantemente ao caso de aguarrás com AEAC fixo, para teores de AB9 maiores que 40%, este limite é ultrapassado, Figura IV.10;
- A adição de diesel, Figura IV.11, para os volumes estudados de 1 a 10%, não mostrou tendência em alterar a temperatura de destilação dos 10% destilados da gasolina C com 25% de AEAC.

Com relação à temperatura máxima de 80°C para os 50% destilados:

- Apenas os dois primeiros pontos da curva dos 50% destilados, Figura IV.7, equivalentes à gasolina pura e gasolina com 5% de álcool, são superiores ao máximo permitido de 80°C, não caracterizando nenhuma adulteração já que, nos casos mencionados os teores de AEAC são inferiores a 25%;
- Este limite é visivelmente ultrapassado para um teor entre 40 e 50% de aguarrás, mantendo o teor de AEAC fixo, onde a temperatura passa de 77,8°C com 40% de aguarrás para 147,7°C com 50% de aguarrás;
- Para a situação em que o teor de AEAC não é fixo na mistura com aguarrás, esta superação acontece antes, o limite é ultrapassado para um teor entre 30 e 40% de aguarrás, onde a temperatura passa de 78,7°C para 134,3 °C;
- Com a adição de AB9 entre 30 e 40%, a temperatura passa de 77,5°C para 88,3°C;
- A adição de diesel, para os volumes estudados de 1 a 10% de diesel, não mostrou tendência em alterar a temperatura de destilação dos 50% destilados da gasolina C com 25% de AEAC.

Com relação à temperatura máxima de 190°C para 90% destilado:

- Para quaisquer teores de etanol em uma mistura com gasolina a temperatura máxima de 190°C não é alcançada, já que o AEAC é um composto mais leve que a gasolina e sua adição faz com que a temperatura dos destilados percentuais finais diminua para o ponto de destilação do AEAC puro.
- Para aguarrás, nos casos que o teor de AEAC é fixo em 25% e no caso em que este teor é variável, o limite máximo não é superado para os volumes testados de adulterante, e comparando-se com a curva de destilação deste composto puro, não se espera que este limite seja ultrapassado para teores maiores que 50%;
- As adições de AB9 não superaram este limite para os teores testados;
- Para os valores testados de adição de diesel, este limite não foi ultrapassado, embora a análise dos dados revele uma tendência de crescimento da temperatura com a adição de diesel.

Com relação à temperatura mínima de 145°C para 90% destilado:

- Para teores entre 25% e 40% de AEAC, Figura IV.7, a temperatura de destilação dos 90% destilado oscila em torno do limite mínimo de 145°C, dando margem para que possíveis fraudes não sejam detectadas pela análise deste indicador para teores de adulteração tão altos quanto 40% de AEAC. Entretanto, quando a adulteração passa do teor de 40 para 45% de AEAC, é nítida a mudança da taxa de variação da temperatura em função do teor de AEAC, sendo este um forte indício de fraude com a adição de 45% de AEAC;
- Este valor mínimo nunca será ultrapassado pela adição de aguarrás a gasolina C, com o teor fixo de AEAC ou variável, pois com o aumento da aguarrás, a tendência é que a temperatura de destilação dos 90% de volume destilado aumente;
- O mesmo acontece com a adição de AB9 à gasolina C, embora o aumento da temperatura dos 90% seja um pouco menor do que o provocado pela adição de aguarrás;
- A adição de diesel a gasolina C tende a elevar a temperatura desta fração percentual de destilado, não ultrapassando o limite mínimo.

Com relação à temperatura máxima de 220°C para o FBP:

- A temperatura máxima de 220°C para o FBP jamais será alcançada para adulterações de gasolina C com a adição de AEAC, pois, a temperatura de destilação desta porcentagem de volume diminui com o acréscimo de AEAC até o limite dado pela temperatura de destilação do AEAC puro, Figura IV.7;
- A adição de aguarrás à gasolina, seja fixo ou não o teor de AEAC na mistura, eleva lenta e gradualmente a temperatura do FBP, mas esta elevação nunca ultrapassará o limite, já que o FBP da aguarrás é de 211,5°C;
- Nunca será ultrapassada pela adição de AB9 à gasolina C, já que a temperatura do FBP diminui com o acréscimo de AB9, convergindo para o seu FBP de 174,4°C, a temperatura do ponto final de destilação do AB9 puro;
- Na adulteração com diesel este é o único aspecto de relevância, pois uma pequena adição de apenas 2% é capaz de fazer o FBP ultrapassar o limite máximo, atingindo o valor de 230,95°C. A partir deste ponto até 10% diesel, a temperatura só tende a aumentar. Para teores de diesel maiores que este, não foi possível executar a destilação até o final pelas razões já mencionadas neste capítulo.

Além do que foi observado na análise dos quatro pontos controlados pela ANP, há ainda outras características importantes sobre outras percentagens de destilados da Figura IV.7 até a Figura IV.10 que não foram comentadas. Com base nestas observações adicionais, foram feitas

as seguintes constatações sobre os resultados obtidos referentes às porcentagens de destilados e como elas podem indicar a presença de adulterantes na gasolina C.

95 % volume destilado

- Indica a presença de **60%** ou mais de **AEAC** na gasolina C, Figura IV.7, indicado pela diminuição brusca da temperatura da faixa entre **170-180°C** para **107,3°C** ou menos. Para a aguarrás e AB9, a adição de contaminante até 50% provoca uma elevação contínua de temperatura, não sendo possível identificar a presença destes compostos na gasolina C pela análise desta porcentagem destilada.

85% volume destilado

- Indica a presença de **35%** ou mais de **AEAC** na gasolina C, Figura IV.7, devido a diminuição brusca de temperatura desta percentual de destilado da faixa de **140-130°C** para **85,1°C** ou menos.

80% volume destilado

- Indica a presença de **30%** ou mais de **AEAC**, Figura IV.7, demonstrado pela diminuição da temperatura de destilação da gasolina C com 25% de AEAC de **120,1°C** para **76,8°C**, uma queda para valores entre 70 e 80°C.

70% volume destilado

Pode indicar 3 situações distintas:

- Presença de **15%** ou mais de **aguarrás, com um teor de AEAC fixo em 25%**, Figura IV.8, indicado pela elevação da temperatura de um patamar de 76,2°C para 123,2°C ou mais;
- Presença de **10%** ou mais de **aguarrás, com um teor AEAC não fixo**, Figura IV.9, indicado pela elevação da temperatura de um patamar de 75,1°C para 115,7°C ou mais;
- Presença de **15%** ou mais de **AB9**, Figura IV.10, indicado pela elevação da temperatura de um patamar de 78,5°C para 124,9°C ou mais.

A análise deste volume destilado indica a presença de um adulterante, mas como os patamares de temperatura são muito parecidos, a identificação do adulterante é difícil apenas com base neste ponto da curva de destilação.

60% volume destilado

Pode indicar 3 situações distintas:

- Presença de **30%** ou mais de **aguarrás com um teor fixo de AEAC**, Figura IV.8, identificado pela mudança brusca de temperatura de uma faixa entre 70-80° para 131°C ou mais.
- Presença de **20%** ou mais de **aguarrás, com um teor de AEAC não fixo**, Figura IV.9, mostrado pela transição de temperatura de um patamar de 74,6°C para 101,1°C ou mais.
- **30%** ou mais de **AB9**, Figura IV.10, mostrado pela transição de temperatura de um patamar de 80°C para 134,1°C ou mais.

Novamente, a análise única desta % destilada pode indicar um adulterante, mas não identificá-lo entre aguarrás, com AEAC fixo ou não, e AB9.

40% volume destilado

- A análise desta % destilada indica a presença de 40% ou mais de aguarrás, com o teor de AEAC não fixo, pela mudança de temperatura de um patamar de 75,1°C para 126,3°C. A mudança brusca de temperatura para esta % destilada, para os teores estudados, não ocorre para adições de aguarrás com um teor de AEAC fixo e para o AB9, servindo como meio de diferenciação entre os tipos de adulteração.

IV.2.3. Análise dos Pontos de Inflexão

Durante a análise das curvas de destilação, notou-se a existência de duas regiões distintas para cada curva, com diferentes ângulos de inclinação, ou taxas de variação da temperatura em função do volume destilado, a partir de um ponto de inflexão onde há um aumento brusco de temperatura. Como descrito na Revisão Bibliográfica, este ponto de inflexão ocorre devido à formação de uma mistura azeotrópica entre o etanol e os hidrocarbonetos presentes na gasolina. No caso da adição de outros solventes além do etanol, esta adição também irá influenciar na formação de diferentes misturas azeotrópicas. Na maioria dos casos, este ponto de inflexão coincide com uma mudança repentina na taxa de destilação, como pode ser observado nas curvas de destilação do Apêndice B, das Figuras B.1 a B.41.

Este tipo de análise não foi realizado com amostras de gasolina com diesel, pois, conforme Tabelas A.39 a A.48 do Apêndice A, adições de diesel para teores de até 10% não provocaram

alterações na localização do ponto de inflexão. Para a curva de destilação da gasolina A pura o ponto de inflexão não existe, já que este é consequência da formação de azeótropos de hidrocarbonetos da gasolina com etanol, e por isso esse ponto não foi incluído nas análises.

Foram observados os pontos de inflexão em função do teor e do tipo de solvente e em função dos percentuais destilados em que ele ocorre, resultando nas Tabelas IV.11, IV.12, IV.13 e IV.14.

Tabela IV.11: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de AEAC.

% AEAC	% Destilada	Faixa de transição de temperatura, °C.
5%	40%	66,2-82,7
10%	50%	65,6-90,0
15%	60%	70,7-104,0
20%	70%	74,6-122,4
25%	70%	75,0-120,1
30%	80%	76,8-128,8
35%	85%	85,0-141,7
40%	85%	77,4-144,8
45%	90%	81,6-157,4
50%	90%	79,2-156,7
60%	90%	79,3-107,3
70%	95%	79,5-177,3
80%	95%	78,9 -134,4

Tabela IV.12: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de aguarrás, com teor de AEAC fixo em 25%.

% Aguarrás, AEAC fixo em 25%	% Destilada	Faixa de transição de temperatura, °C.
0%	70%	75,0-120,1
5%	70%	76,2-130,5
10%	70%	76,1-139,5
15%	60%	75,3-123,2
20%	60%	76,6-138-3
25%	60%	81,3-145,0
30%	50%	75,8-131
40%	50%	77,9-149,8
50%	40%	77,4-147,7

Tabela IV.13: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de aguarrás, com teor de AEAC não fixo.

% Aguarrás, AEAC não fixo	% Destilada	Faixa de transição de temperatura, °C.
0%	70%	75,0-120,1
10%	60%	74,4-115,7
15%	60%	74,6-128,5
20%	50%	73,8-101,1
25%	50%	74,5-125,8
30%	50%	78,7-136,6
40%	40%	75,0-134,3
50%	30%	72,9-126,3

Tabela IV.14: Pontos de inflexão das curvas de destilação da gasolina C em função do teor de AB9.

% AB9, AEAC fixo em 25%	% Destilada	Faixa de transição de temperatura, °C.
0%	70%	75,0-120,1
5%	70%	75,6-130,0
10%	70%	78,5-141,0
15%	60%	75,8-124,9
20%	60%	78,0-139,2
25%	60%	80,0-145,1
30%	50%	77,5-134,0
40%	50%	88,4-150,4
50%	40%	80,0-149,2

Os dados da Tabela IV.11 a Tabela IV.14. são representados na Figura IV.12 onde se tem o perfil do ponto de inflexão com o teor e tipo de solvente. Esta figura revela três comportamentos distintos:

- Comportamento da gasolina com solvente oxigenado, AEAC;
- Comportamento da gasolina com solvente alifático leves ou aromático, aguarrás e AB9, com um teor de 25% fixo de AEAC;
- Comportamento da gasolina com solvente alifático leve, aguarrás, com um teor de AEAC não fixo.

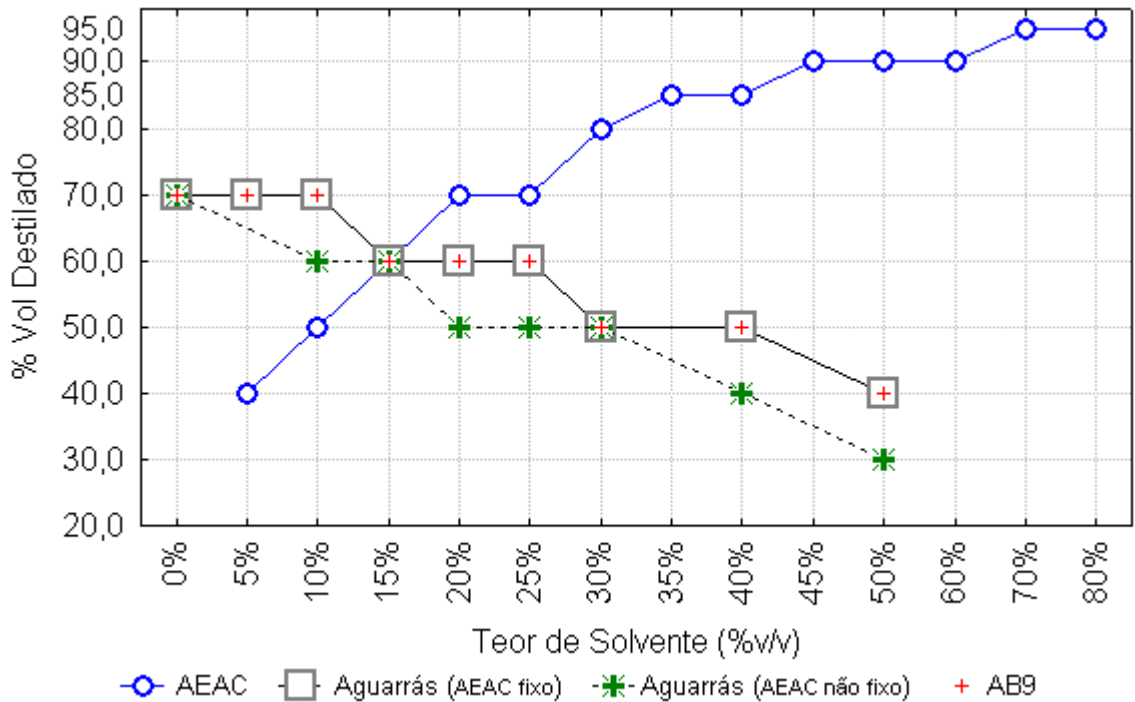


Figura IV.12: Perfil do ponto de inflexão com o teor e tipo de solvente.

Com relação a Figura IV.12, as adições de AEAC sobre a gasolina A produzem pontos de inflexão bastante diferenciados dos demais tipos de adições.

Para uma gasolina C normal, com 25% de AEAC, o ponto em que a taxa de variação de temperatura em função da porcentagem destilada muda acontece para 70% do volume destilado. Infelizmente, adições de aguarrás, com AEAC fixo, e AB9 para teores até 10% produzem inflexões que ocorrem com o mesmo volume destilado de 70%, e que não podem ser detectadas através desta figura. Para todos os outros teores de solventes, a identificação de adulteração é clara.

Com o aumento do teor de AEAC, o ponto de inflexão acontece nos percentuais destilados finais, mostrando que a temperatura de destilação do álcool está prevalecendo sobre a da gasolina, ou seja, a temperatura de destilação da mistura como um todo está diminuindo, como descritos nas seções IV.2.1 e IV.2.2.

Para um teor de 30% de AEAC, 5% a mais do que o permitido, a inflexão acontece com 80% do volume destilado, podendo esta adição ser claramente identificada pela Figura IV.12. Já adições feitas com teores entre 35 e 40% de AEAC não podem ser identificadas quanto ao teor exato adicionado porque estas adições provocam inflexões de mesmo percentual destilado. O mesmo acontece com os teores entre 45 a 60% e 70 a 80%. Mesmo não podendo dizer o teor adicionado nestes casos, ainda assim, podemos identificar a adulteração feita com excesso de

AEAC. A partir dos 90% de AEAC esta inflexão desaparece porque a mistura é predominantemente AEAC.

A cada adição de aguarrás ou AB9, o ponto de inflexão de temperatura acontece nas porcentagens destiladas iniciais. Como estes compostos tem faixas de destilação mais altas, quando comparadas com o ponto de destilação do álcool, a convergência do ponto de inflexão para volumes destilados iniciais significa que a temperatura de destilação da mistura esta aumentando.

Apesar de possuírem estruturas químicas diferentes, aguarrás e AB9, para casos em que ambos têm o teor de AEAC fixo em 25%, produzem o mesmo efeito sobre o ponto de inflexão, o que impede a identificação do composto usado na adulteração.

Quando o teor de álcool não é mantido constante, no caso da aguarrás, a verificação de fraude torna-se mais fácil, pois a influência da aguarrás sobre as propriedades de mistura torna-se maiores, a queda do ponto de inflexão para as porcentagens destiladas iniciais mais rápida e uma adição de 10% de aguarrás pode ser identificada, diferentemente do caso em que o teor é constante.

Sugere-se estudar o efeito de gasolinas de diferentes origens e composições sobre a formação de misturas azeotrópicas e sobre o ponto de inflexão.

IV.3. Pressão de Vapor

Os resultados destas corridas experimentais serão mostrados a seguir, sendo as tabelas geradas constantes no Apêndice C. O ensaio de pressão de vapor Reid foi conduzido segundo a norma ASTM D5191 e que estabelece que a temperatura de ensaio deve ser de 37,8°C.

Lembrando que, nestas análises, o teor de 0% para a curva do AEAC representa dados da gasolina A pura, enquanto que, o teor de 0% para os demais solventes é uma gasolina C com 25% de AEAC. A Figura IV.13 mostra a pressão de vapor da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.

A adição consecutiva de AEAC à gasolina A, curva AEAC da Figura IV.13, partindo de 0%, provoca um acréscimo na pressão de vapor até um máximo de 68,9 kPa com 10% de álcool, a partir de então, a pressão decresce até o valor de 100% de AEAC puro.

Acredita-se que este perfil de pressão de vapor “parabólico” seja conseqüência do seguinte fenômeno. Quando o teor de AEAC na mistura é pequeno, as moléculas de álcool estão rodeadas por um grande número de moléculas de gasolina, e o tipo de ligação intermolecular

predominante seria a ligação de Van der Waals, mais fraca que as pontes de hidrogênio comuns em substâncias polares como o álcool. Desta forma, o álcool estaria “menos preso” às outras moléculas e sua evaporação facilitada. À medida que o teor de álcool na mistura com gasolina aumenta, as pontes de hidrogênio tornam-se predominantes sobre as outras ligações intermoleculares, e a pressão de vapor da mistura diminui.

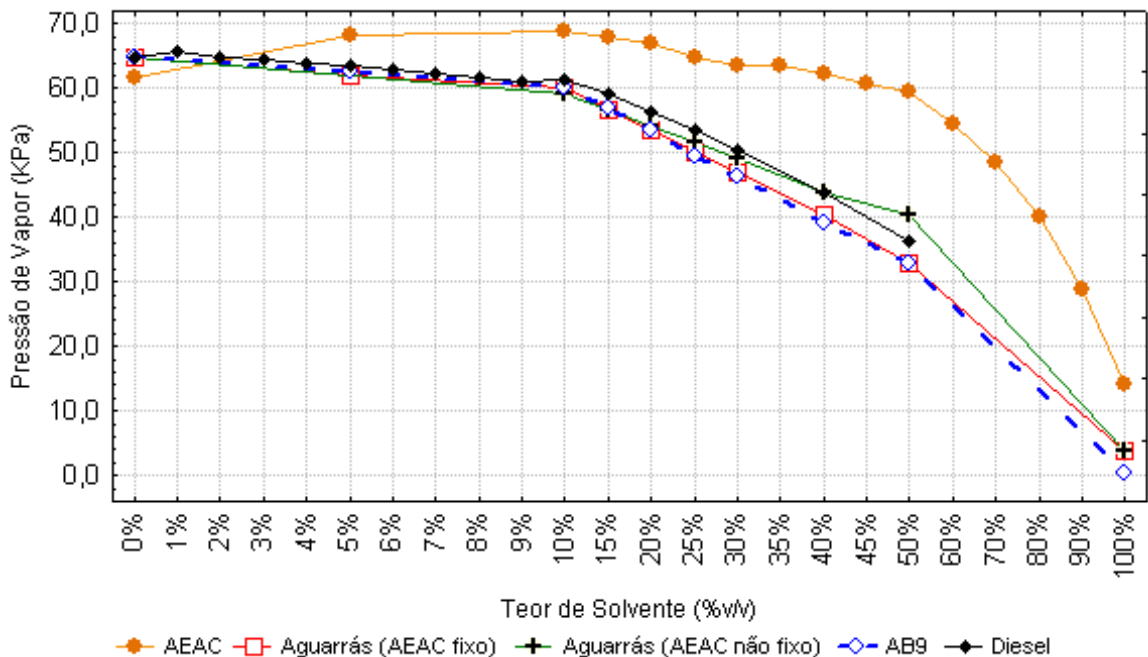


Figura IV.13: Pressão de vapor da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.

A adição de aguarrás, AB9 e diesel à gasolina C têm um efeito semelhante sobre a pressão de vapor e, como nos testes com destilação, aqui, os resultados para adições com aguarrás, com um teor de AEAC fixo, e com AB9 são muito parecidos.

Uma ocorrência que merece atenção está na adição de aguarrás à gasolina C com um teor de AEAC não fixo. Esta curva desvia-se levemente do comportamento dos demais solventes para teores de 25, 30, 40 e 50%, mostrando uma tendência a aumentar a pressão com a adição de aguarrás. Chama-se a atenção, nesta situação, para o fato de que o teor de AEAC não é fixo, mas sim variável e decrescente em função da diluição da gasolina C com solvente. Desta forma, teríamos o mesmo fenômeno notado com a gasolina A para pequenos teores de álcool, onde a ligação predominante seria mais fraca que as pontes de hidrogênio.

A legislação brasileira estabelece apenas um valor máximo para a pressão de vapor (69,0 kPa) como critério de controle de qualidade da gasolina C comum. Nota-se que, esta especificação não permitiu aqui a identificação de nenhum tipo de adulteração, para os teores e tipos de solventes testados neste trabalho.

Fica aqui, como sugestão para trabalhos futuros, a realização de corridas usando gasolinas de diferentes origens, assim, seria possível traçar um valor limite mínimo para o controle da pressão de vapor. Também se sugere fazer testes com solventes mais voláteis do que o AEAC, e com solventes polares, para saber se o limite máximo de 69,0 kPa seria ultrapassado e em quais situações.

Se refizermos a curva do AEAC da Figura IV.13 considerando apenas as adições superiores à 25%, ou seja, o excesso de etanol adicionado à gasolina C na mistura, temos o comportamento mostrado na Figura IV.14. Nesta figura, para todas as curvas, o teor de 0% corresponde à gasolina C com 25% de AEAC. Nota-se que, quando é considerado apenas o excesso de etanol na mistura, as curvas de pressão de vapor não são tão diferentes como na situação da Figura IV.13.

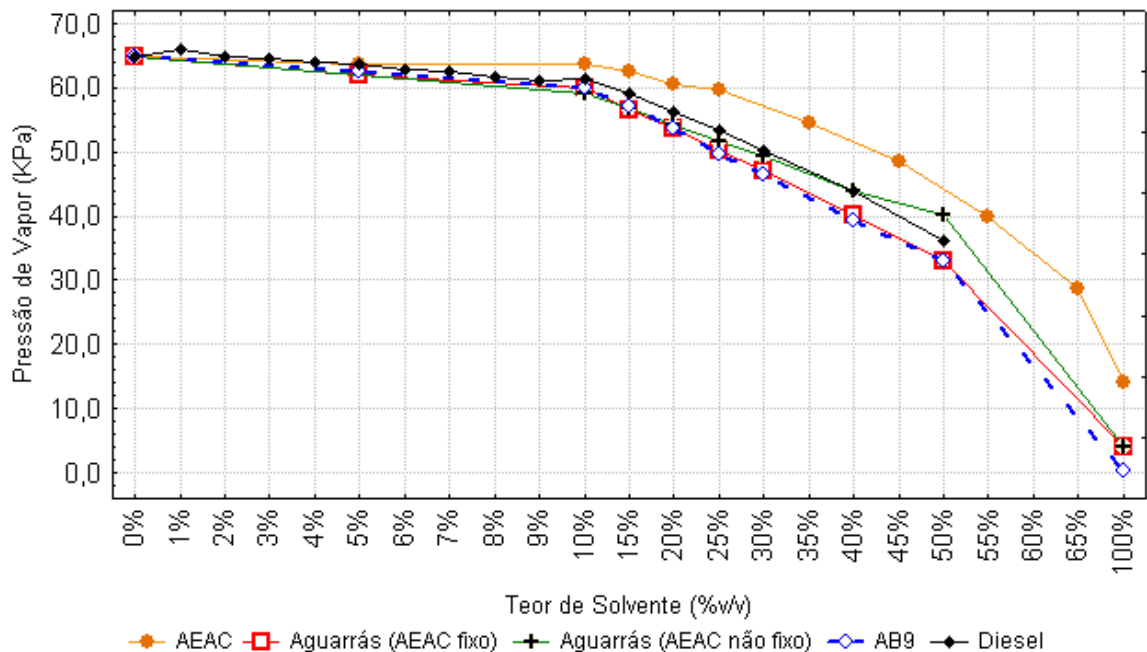


Figura IV.14: Pressão de vapor da gasolina C considerando apenas o excesso de etanol na mistura AEAC.

Durante a realização das corridas a obtenção de dados de pressão de vapor, com razoável repetibilidade, mostrou-se difícil devido:

- A gasolina é uma mistura muito volátil e a simples manipulação da amostra para a realização do ensaio provocava perdas por evaporação das frações mais leves, o que afetava a medida da pressão de vapor.
- Além disso, o modo de admissão da amostra pelo equipamento não é adequado. Esta é feita através de sucção por um pequeno cano. Durante cada corrida, o equipamento succiona a

amostra diversas vezes, para lavagem e posterior amostragem. Durante este tempo de espera embora, não seja longo, os compostos mais voláteis de uma amostra evaporam, o que interfere na medida. Caso seja necessário realizar a corrida em duplicata, a situação é ainda pior quanto a repetibilidade dos experimentos, pois o tempo de exposição da amostra ao ambiente externo é mais longo. O ideal seria que a amostra fosse posta em um pequeno frasco rosqueável ao equipamento, assim, garantir-se-ia a manutenção do equilíbrio químico, já que o simples resfriamento da amostra não se mostrou muito eficaz.

A Figura IV.15 faz um comparativo entre os dados de variação da pressão de vapor provocada pela adição de etanol fornecidos por FRENCH e MALONE (2005) e os obtidos neste trabalho. Os dados deste trabalho foram convertidos em variação de pressão através da subtração do valor medido da pressão de vapor da gasolina A pura (61,7 kPa).

Nesta figura vê-se que há uma semelhança de efeitos quanto à tendência do etanol em, inicialmente, elevar a pressão de vapor, para depois diminuí-la. Com exceção do teor de 0% de etanol, apenas os teores de 10, 15 e 20% de AEAC fornecem valores muito próximos aos obtidos em FRENCH e MALONE (2005).

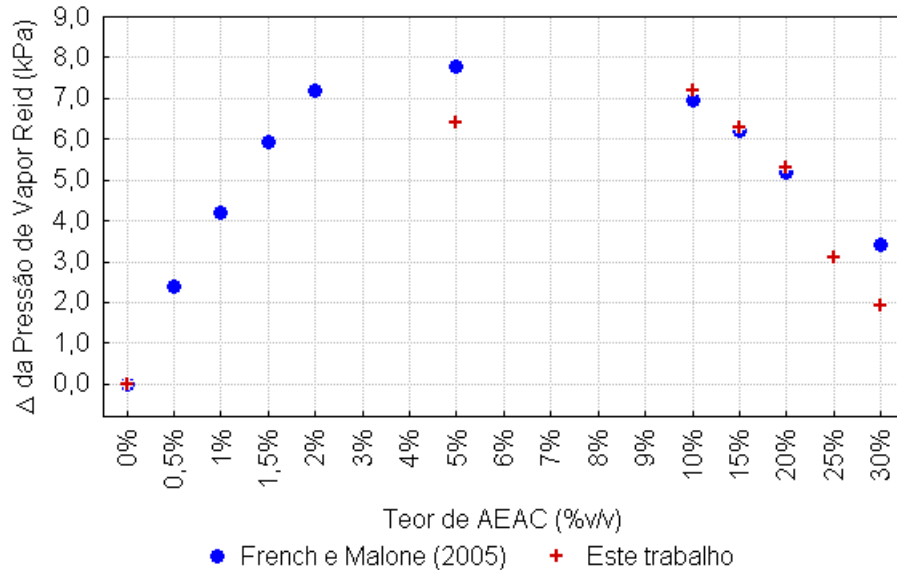


Figura IV.15: Comparativo da variação de pressão de vapor Reid (kPa) da gasolina em função do teor de AEAC.

IV.4. Massa Específica

A Figura IV.16 mostra a massa específica a 20°C da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.

A legislação não especifica um mínimo ou máximo para a massa específica da gasolina C, embora um valor próximo a 0,7444 g/cm³, encontrado aqui para a gasolina com 25% de AEAC, seja esperado neste tipo de ensaio, segundo a experiência dos analistas do CEPAT.

Se tomarmos a massa específica 0,7444 g/cm³ da gasolina C com 25% de AEAC como padrão, Figura IV.16, nota-se que todos os teores adicionados de todos os solventes testados superam a massa específica deste padrão, já que estes solventes têm, todos, massa específica elevada e maior que a da gasolina A pura.

Tomando a faixa de 0,74-0,78 g/cm³ da Figura II.4 e da Figura II.5 como esperado, valores fora destes são considerados suspeitos, o que faria com que amostras de gasolina com teores superiores a 20% de diesel ou de AB9, ou maiores que 80 % de AEAC fossem classificadas como passíveis de adulteração.

Diferentemente dos testes de destilação e pressão de vapor, o comportamento da curva da massa específica da gasolina com AB9 não é similar ao da gasolina com aguarrás. O efeito da adição de AB9 à gasolina C assemelha-se mais ao efeito provocado pelo Diesel.

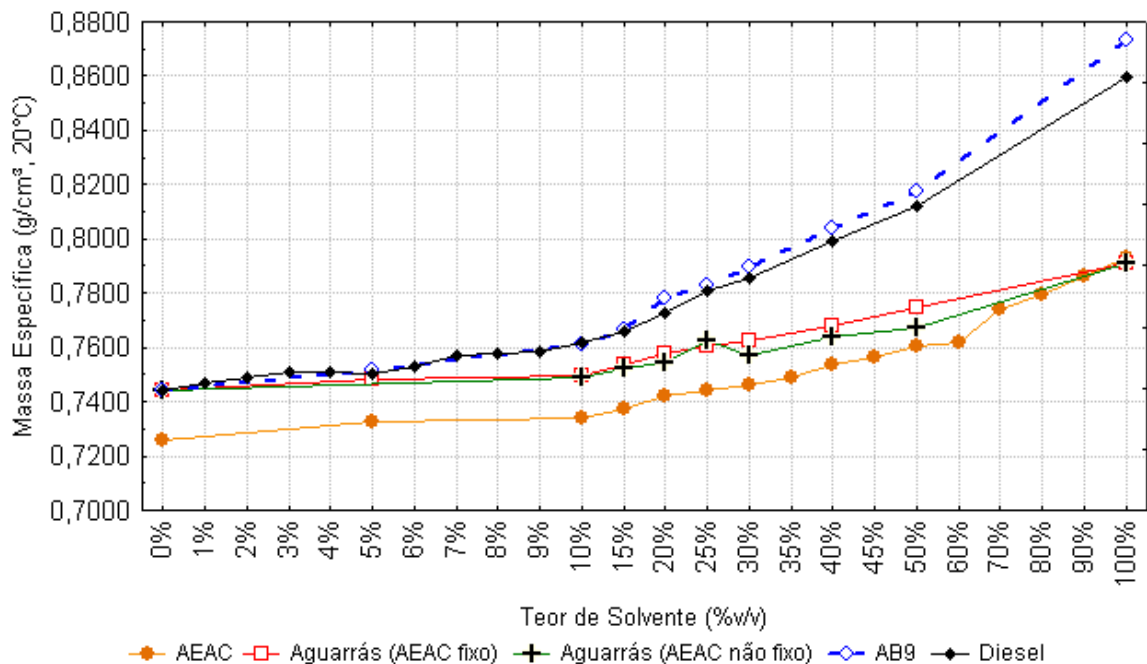


Figura IV.16: Massa específica a 20°C da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.

IV.5. Octanagem

A octanagem mínima da gasolina brasileira é especificada em 82 quanto ao número de Octano Motor (MON) e em 87 quanto ao Índice Antidetonante (IAD). Os ensaios de octanagem foram realizados com o equipamento Petrospec de infravermelho.

As Figuras IV.17 e IV.18 fornecem os resultados dos testes de octanagem MON e IAD, respectivamente, para a gasolina em função do tipo e teor de solvente adicionado. Os testes de octanagem realizados mostraram uma gasolina C, com 25% de AEAC, com MOM de 82,7, Figura IV.17, e IAD de 89, Figura IV.18.

Como já sabido, compostos aromáticos elevam a octanagem, e este efeito é visto pela curva do AB9 na Figura IV.17 e Figura IV.18, alcançando um MOM de 91,2 e IAD de 95,9 para um adição de 50%.

Quanto ao limite mínimo de 82 para o MON este é ultrapassado para adições de 50% de aguarrás, com AEAC fixo, e para 50% de diesel, valores muito altos de adulteração. Mas se a adição de aguarrás se der sem a correção do teor de AEAC para 25%, a queda do MOM é mais acentuada e seu limite é superado com adições de 20% ou mais do solvente.

A adição de AEAC à gasolina elevou as octanagens MON e IAD apenas para teores superiores a 10%.

O limite mínimo de 87 para o IAD, para os teores de solventes testados, só foi ultrapassado para 40% de aguarrás com um teor de AEAC não fixo, Figura IV.18.

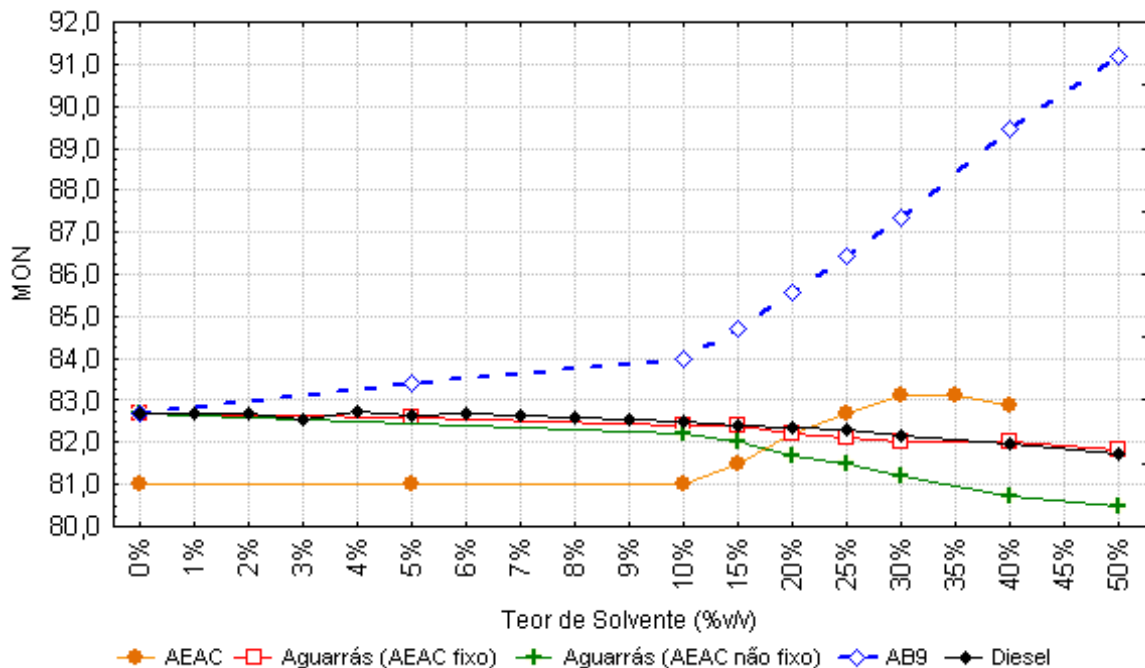


Figura IV.17: Octanagem MON da gasolina em função do tipo de solvente adicionado.

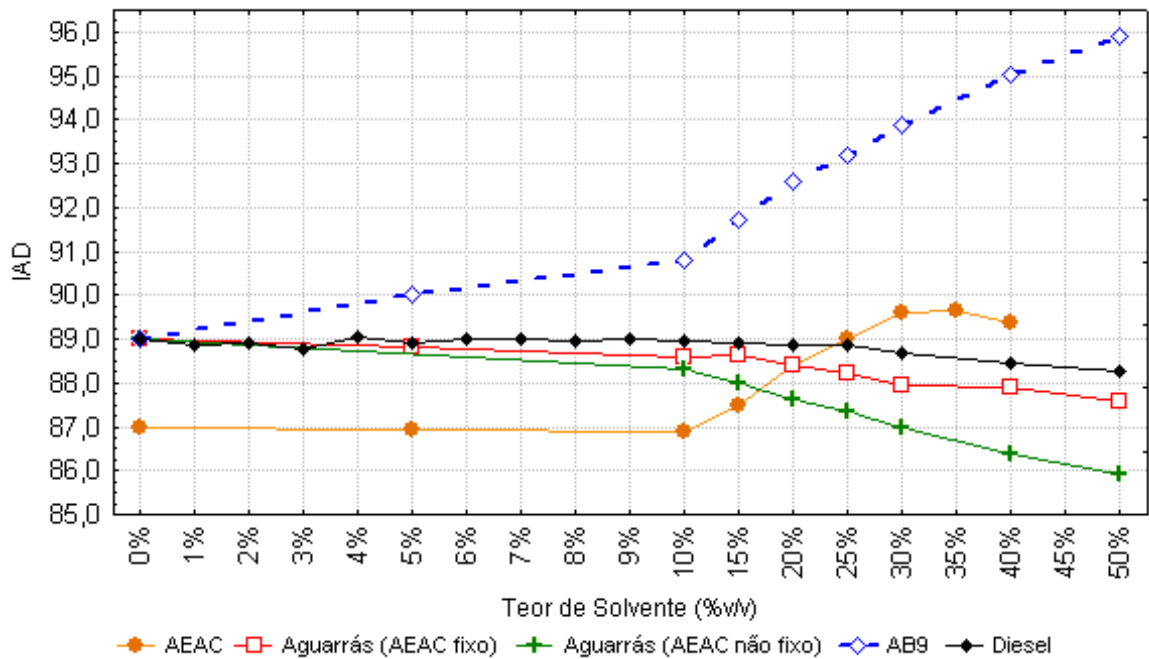


Figura IV.18: Octanagem IAD da gasolina em função do tipo de solvente.

IV.6. Teor de AEAC

Durante a realização dos ensaios no equipamento Petrospec de infravermelho, notou-se que, dependendo do tipo de solvente adicionado a gasolina, a leitura do teor de AEAC efetuado pelo equipamento de infravermelho oscilava de maneira característica, como pode ser observado na Tabela IV.15, que fornece o valor de etanol adicionado em cada tipo de mistura, o valor medido pelo equipamento e o desvio de cada medida, calculado da seguinte forma:

$$\text{Desvio} = \left(\frac{\text{valor real} - \text{valor medido}}{\text{valor real}} \right) * 100$$

Onde o valor medido é o fornecido pelo equipamento.

A Figura IV.19 fornece os valores do desvio na medida do teor de AEAC em função do tipo e do teor de solvente adicionado a gasolina. A variação do desvio da medida de etanol para a curva AEAC, gasolina A com AEAC, é bastante diferenciada das demais. A leitura de etanol é exata para 0% e 25%; para valores entre estes, o desvio é negativo, ou seja, o equipamento forneceu valores maiores que os reais. Para teores maiores que 25%, a leitura fornece valores menores que os adicionados à mistura, ou seja, o desvio é positivo e crescente. O maior erro na medida, ou desvio, para a curva do AEAC é apresentado pela adição de 10% de etanol. A adição

aguarrás ou diesel a gasolina, mantendo o teor de AEAC em 25%, não afetou a determinação do teor de etanol, pois os desvios foram pequenos.

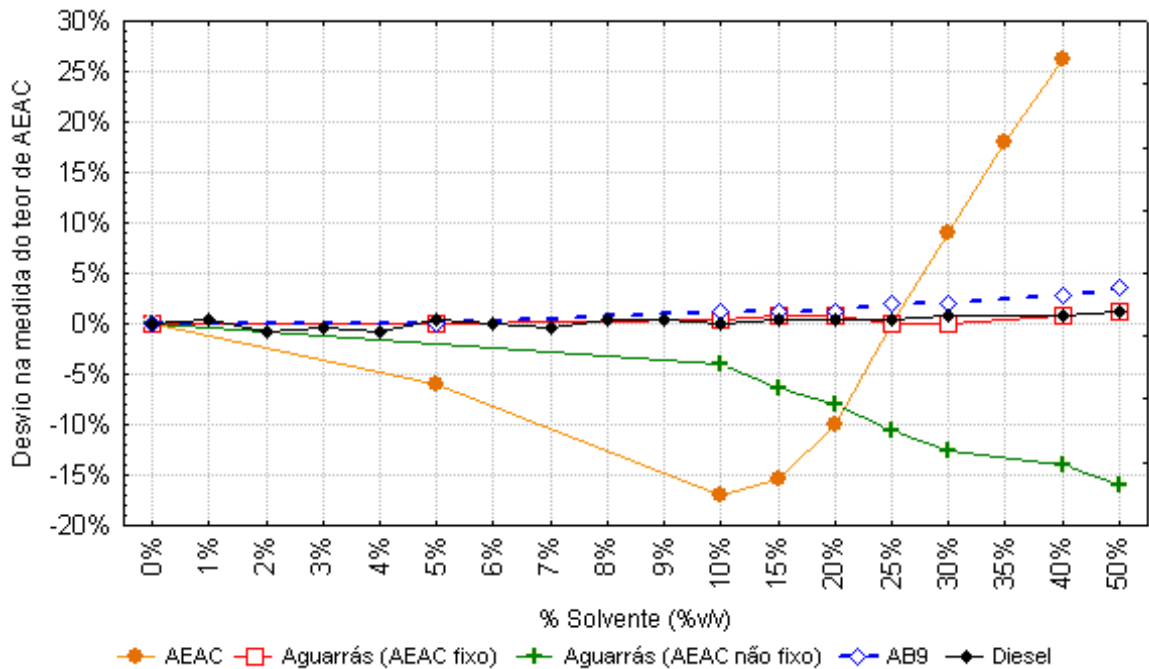


Figura IV.19: Desvio de leitura do equipamento de infravermelho na determinação do teor de AEAC na gasolina.

Já a adição de aguarrás com um teor não fixo e decrescente de AEAC, como mostrado na Tabela IV.15, fornece desvios negativos, ou seja, os valores de etanol maiores que os adicionados. Acredita-se que este efeito deve-se unicamente ao teor de álcool na mistura e não ao tipo de solvente, pois este desvio negativo aconteceu apenas quando o teor de álcool foi decrescente e menor que 25% na mistura, semelhante a curva do AEAC na Figura IV.19.

Sugere-se uma recalibração do equipamento de infravermelho a fim de verificar se o erro na medida do teor de etanol é devido à falha do método ou se houve uma calibração ruim, principalmente em torno de teores entre 20 e 30% de AEAC.

Tabela IV.15: Comparação entre o teor de AEAC adicionado na mistura e o lido pelo equipamento, para cada tipo de mistura.

Solvente	AEAC			Aguarrás, AEAC Fixo			Aguarrás, AEAC não fixo			AB9			Diesel		
	AEAC Real	AEAC Medido	Desvio	AEAC Real	AEAC Medido	Desvio	AEAC Real	AEAC Medido	Desvio	AEAC Real	AEAC Medido	Desvio	AEAC Real	AEAC Medido	Desvio
0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	24,9%	0,4%
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	25,2%	-0,8%
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	25,1%	-0,4%
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	25,2%	-0,8%
5%	5,0%	5,3%	-6,0%	25,0%	25,0%	0,0%	-	-	-	25,0%	25,0%	0,0%	25,0%	24,9%	0,4%
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	25,0%	0,0%
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	25,1%	-0,4%
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	24,9%	0,4%
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0%	24,9%	0,4%
10%	10,0%	11,7%	-17,0%	25,0%	24,9%	0,4%	22,5%	23,4%	-4,0%	25,0%	24,7%	1,2%	25,0%	25,0%	0,0%
15%	15,0%	17,3%	-15,3%	25,0%	24,8%	0,8%	21,3%	22,6%	-6,4%	25,0%	24,7%	1,2%	25,0%	24,9%	0,4%
20%	20,0%	22,0%	-10,0%	25,0%	24,8%	0,8%	20,0%	21,6%	-8,0%	25,0%	24,7%	1,2%	25,0%	24,9%	0,4%
25%	25,0%	25,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	18,8%	20,8%	-10,6%	25,0%	24,5%	2,0%	25,0%	24,9%	0,4%
30%	30,0%	27,3%	9,0%	25,0%	25,0%	0,0%	17,5%	19,7%	-12,6%	25,0%	24,5%	2,0%	25,0%	24,8%	0,8%
35%	35,0%	28,7%	18,0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	40,0%	29,5%	26,3%	25,0%	24,8%	0,8%	15,0%	17,1%	-14,0%	25,0%	24,3%	2,8%	25,0%	24,8%	0,8%
50%	-	-	-	25,0%	24,7%	1,2%	12,5%	14,5%	-16,0%	25,0%	24,1%	3,6%	25,0%	24,7%	1,2%

IV.7. Teor de Hidrocarbonetos

A determinação dos teores de hidrocarbonetos foi realizada com um equipamento de infravermelho da Petrospec.

IV.7.1. *Benzeno*

O efeito do índice de refração do etanol provoca distorções nos picos de absorvância do benzeno, fazendo com que os resultados obtidos sejam maiores que os reais. Como visto na seção IV.6, a determinação do teor de etanol pelo método da espectroscopia não é exata, apresentando desvios bastante significativos nos casos de gasolina A com AEAC, gasolina C com aguarrás sendo AEAC não fixo e AB9. Para estes solventes, como a determinação do teor de etanol não é exata, a correção do efeito do etanol sobre o benzeno também não é.

Sabendo-se que o equipamento foi calibrado para detectar, com maior certeza, um teor de 25% de álcool na gasolina, os valores mais confiáveis de teor de benzeno, na curva de adição de AEAC da Figura IV.20, são o próprio ponto de 25% e o ponto com 0%, ou de gasolina A pura, onde não há interferência do etanol.

Como a determinação de etanol para misturas com diesel ou aguarrás, com 25% de AEAC, mostrou pequenos desvios de medida, pode-se dizer que estas curvas são mais exatas na medida do teor de benzeno da Figura IV.20, onde, a diminuição do teor de benzeno com o acréscimo de solvente acontece devido a diluição contínua deste composto contido inicialmente na gasolina.

A diluição mais acentuada de benzeno que acontece por adições consecutivas de AB9, Figura IV.20, provavelmente, deve-se aos desvios positivos na leitura do teor de etanol, Figura IV.19, ou seja, se o equipamento detecta uma quantidade menor de etanol do que a que foi realmente adicionada, a correção do teor de benzeno indicará valores inferiores aos reais, e a diluição será mais intensa.

Para acréscimos de aguarrás, quando o teor de álcool não é constante conforme Tabela IV.15, o decréscimo do teor de benzeno com a porcentagem de solvente adicionado é mais acentuado, mostrando a interferência do etanol nesta medida. Nesta situação, quanto maior o teor de aguarrás, menor o teor de etanol, e maior o módulo do desvio na medida de AEAC, portanto, menor certeza na determinação de benzeno.

Quanto ao limite de benzeno na gasolina C comum, as especificações são de no máximo 1,0% em volume. Segundo a Figura IV.20, este limite permite detectar apenas uma falsa medida

de benzeno provocada por uma adição de 35% de AEAC na gasolina A. Nos demais tipos de misturas, há uma tendência para a redução do teor de benzeno abaixo de 1%.

Portanto, espera-se um teor de benzeno acima da especificação no caso de adulterações com solventes oxigenados, ou com compostos que possuam benzeno em sua composição. Um teor elevado de benzeno, entre 0,8 e 1% pode também significar apenas uma gasolina ruim, e não adulterada.

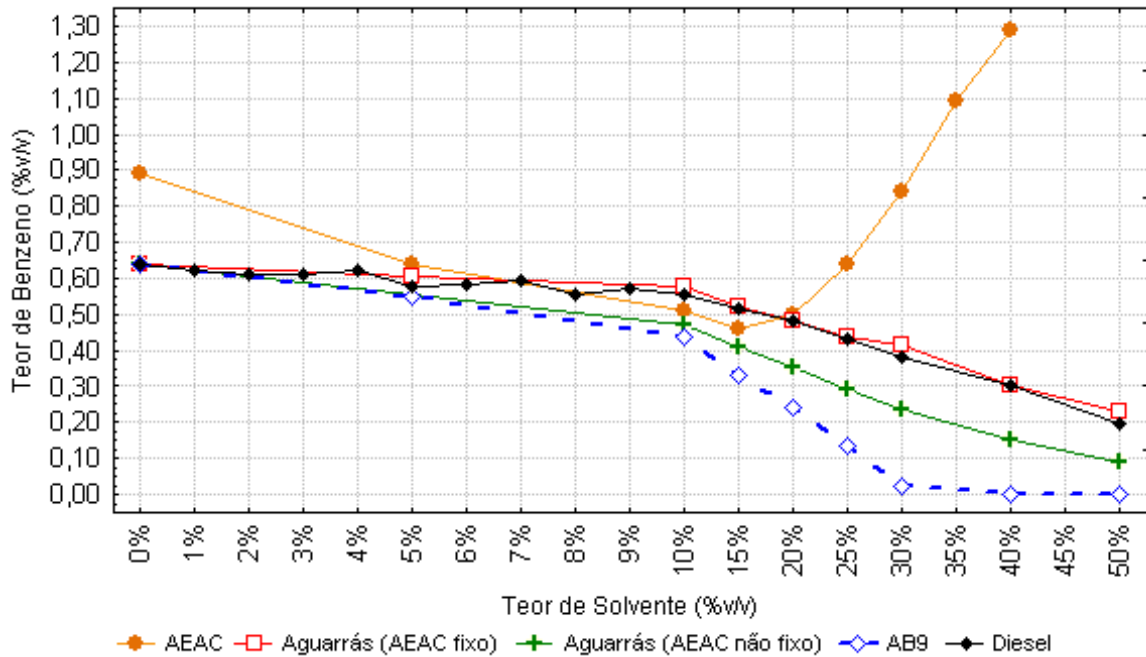


Figura IV.20: Teor de benzeno na gasolina em função do tipo de solvente.

IV.7.2. Olefinas

A análise do teor de olefinas, Figura IV.21, mostra para todos os solventes uma tendência ao decréscimo com o aumento do teor destes, ou diluição da gasolina original. Este decréscimo é mais acentuado para adições de AB9 por se tratar de um composto exclusivamente aromático. Mas, para o diesel e a aguarrás é esperada a existência de compostos olefinicos em sua composição, logo a diluição da gasolina original será mais lenta.

O teor máximo de 30% de olefinas dado pela especificação brasileira nunca será ultrapassado para os casos estudados, mas pode-se associar um teor muito baixo de olefinas, próximo a zero, a adições de solventes aromáticos a gasolina C com teores maiores que 15%.

Quando se compara o efeito da adição de aguarrás, com AEAC fixo e não fixo em 25%, Figura IV.21, nota-se que as curvas mostram comportamento diferenciado a partir da adição de 10% de aguarrás.

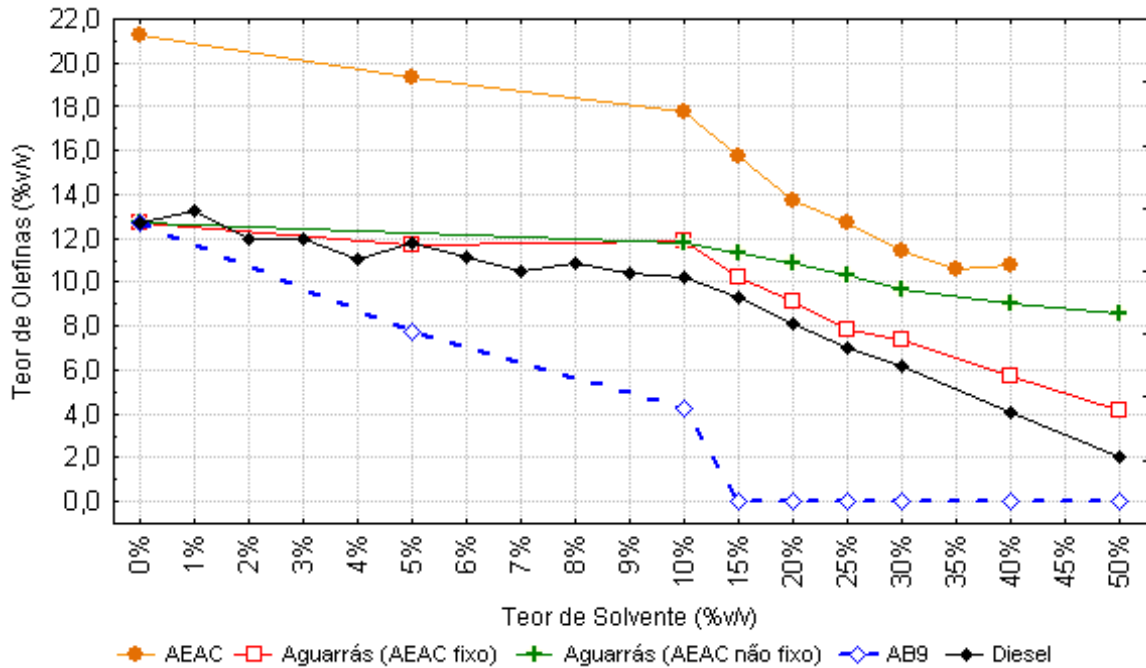


Figura IV.21: Teor de olefinas na gasolina em função do tipo de solvente.

IV.7.3. Saturados

A análise da Figura IV.22 revela que um comparativo entre o teor de saturados para os diferentes solventes é mais efetivo para adições superiores a 15%, quando então cada curva mostra um comportamento distinto.

O comportamento das curvas da Figura IV.22 era esperado e é facilmente explicado: adição de compostos aromáticos e oxigenados diminuem o teor de saturados; compostos parafínicos elevam o teor de saturados.

Embora o teor de saturados não seja especificado pela ANP, pode-se distinguir adulteração com oxigenados e aromáticos dos demais tipos de solventes pelo baixo teor de saturados destes em comparação ao elevado valor dos outros solventes, no caso da adulteração se dar com grandes quantidades de solventes.

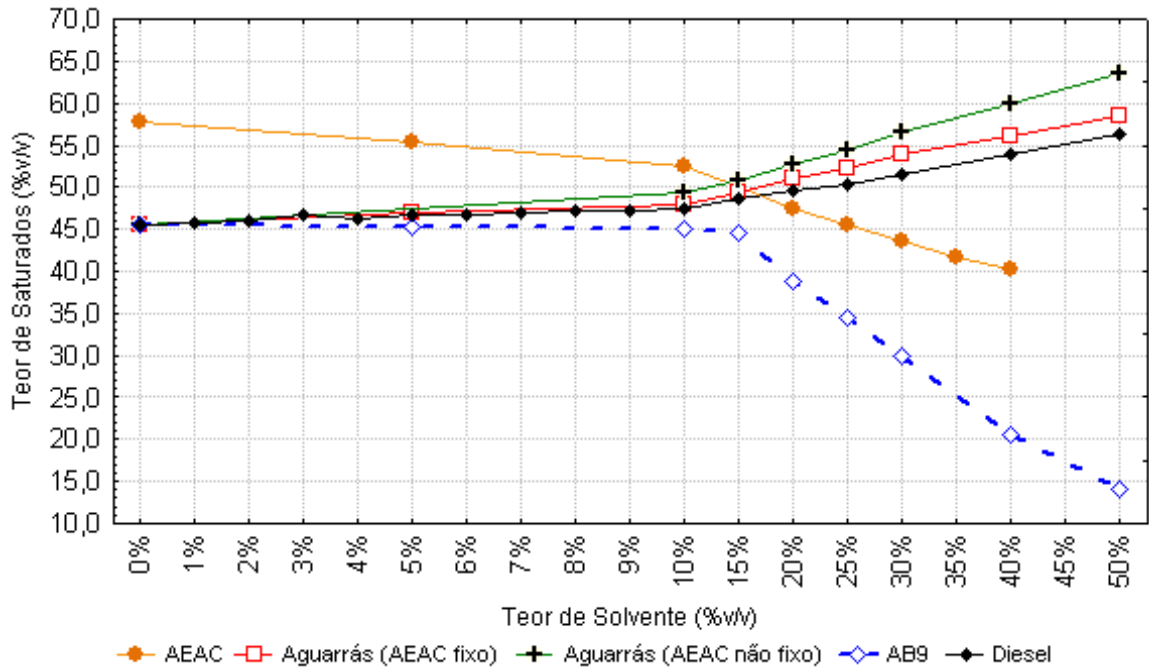


Figura IV.22: Teor de compostos saturados na gasolina em função do tipo de solvente.

IV.7.4. Aromáticos Totais

O teor de aromáticos é especificado quanto a um máximo de 45% em volume, limite superado apenas para uma adição de AB9 entre 30 e 40%, Figura IV.23, um valor muito alto de adulteração.

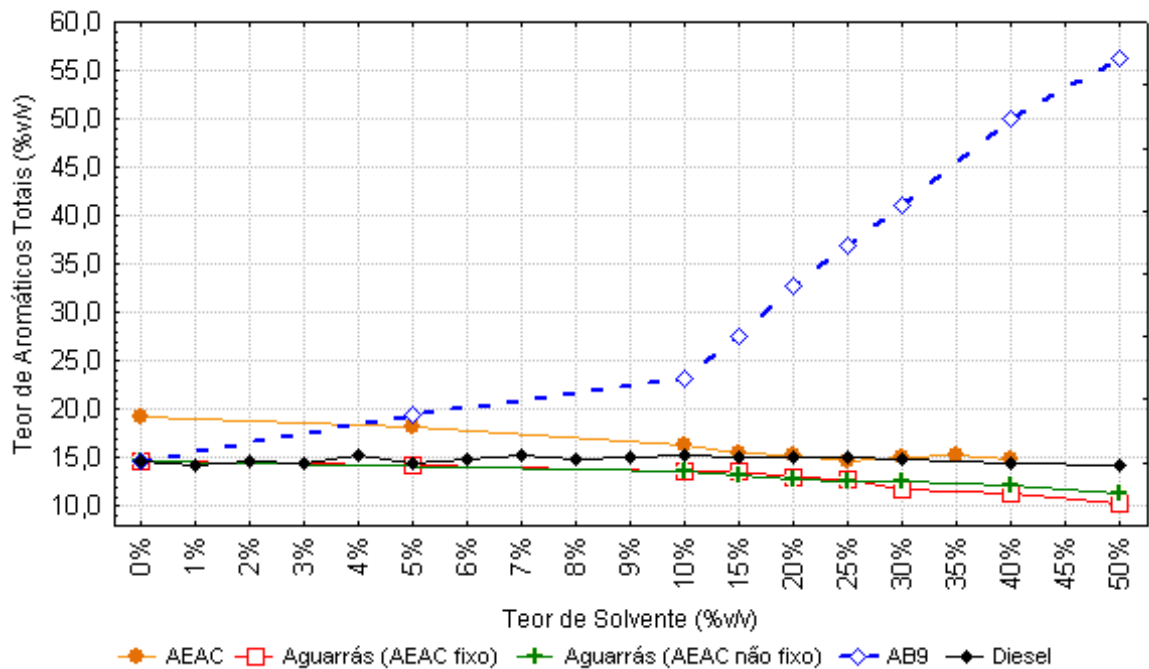


Figura IV.23: Teor de aromáticos totais na gasolina em função do tipo de solvente.

IV.7.5. Xilenos Totais

O comportamento da curva do AEAC na Figura IV.24, que mostra o teor de xilenos totais em função do teor de solvente, é muito parecido ao da Figura IV.20, e inexplicado já que a adição de etanol a gasolina deveria diluir o teor de xilenos presentes na gasolina A pura. O que nos leva a pensar que o etanol afeta também a determinação do teor de xilenos, além do teor de benzeno. Xilenos totais não fazem parte das especificações da gasolina C.

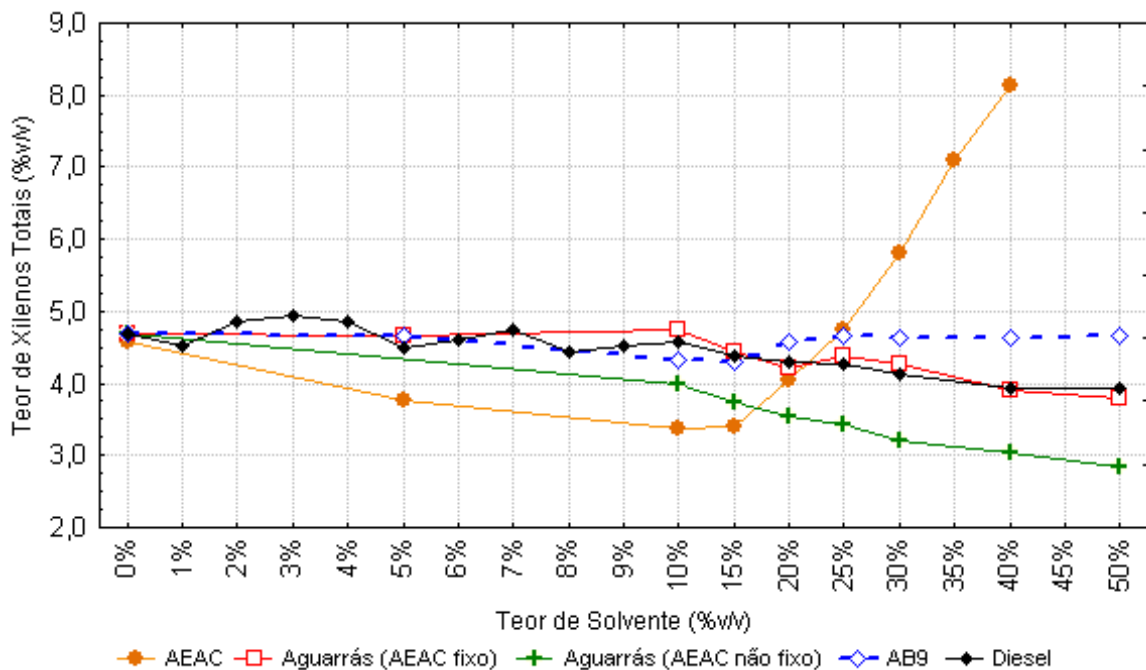


Figura IV.24: Teor de xilenos totais na gasolina em função do tipo de solvente.

IV.7.6. Tolueno

O teor de tolueno não foi afetado pela adição de aguarrás, AB9 e diesel, Figura IV.25, e a adição de AEAC diminuiu o teor de tolueno até 0,1% para uma gasolina com 25% de etanol, mostrando a ausência deste composto nos solventes testados. Tolueno não faz parte das especificações da gasolina C, mas se for encontrado um valor alto de tolueno, deve-se ficar atento quanto a uma fraude, já que os valores reportados na Figura IV.25 oscilam em torno de 0%, com exceção de adições de AEAC a gasolina A.

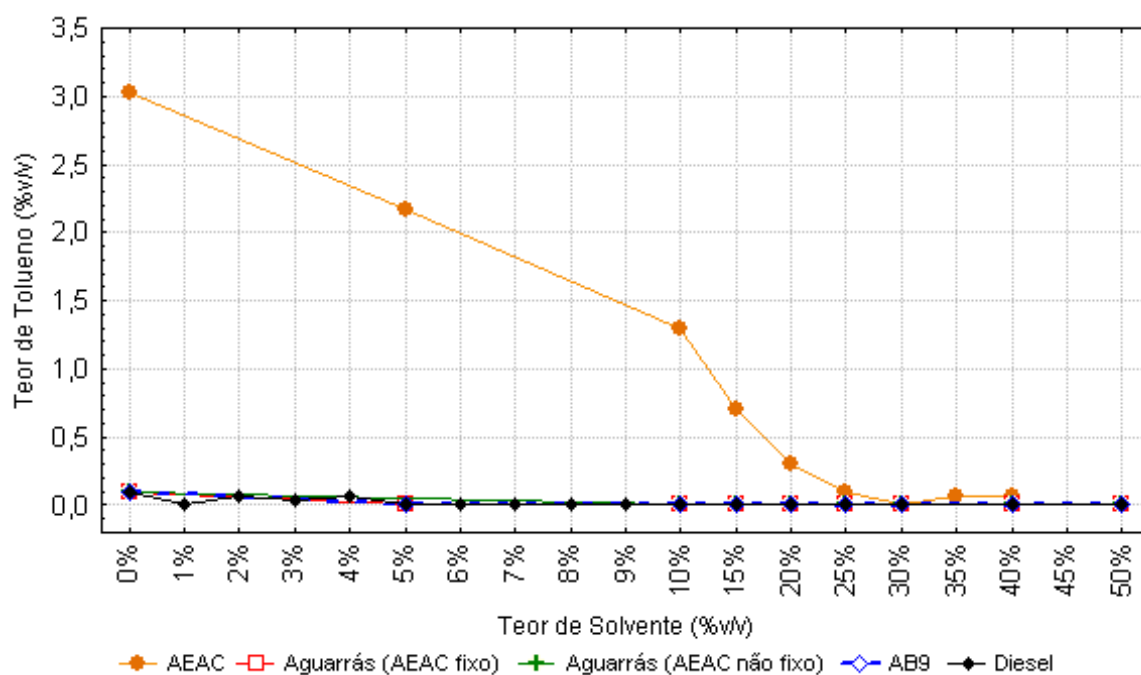


Figura IV.25: Teor de tolueno na gasolina em função do tipo de solvente.

No capítulo a seguir serão apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros nesta linha de pesquisa.

V. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Nesta seção serão apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho e sugestões para a continuidade da pesquisa.

Quanto à execução dos ensaios, pode-se verificar que:

- A boa repetibilidade do ensaio de destilação depende da correta homogeneização da amostra e um acondicionamento adequado para evitar perdas por evaporação;
- Durante a realização do ensaio de pressão de vapor, verificou-se ser imprescindível para a confiabilidade nos dados a manutenção da amostra em 0°C e a mínima exposição da amostra ao ambiente externo a fim de evitar volatilizações. Sugere-se mudar o sistema de admissão de amostra de sucção por um cano para um sistema fechado e rosqueável ao equipamento.

Quanto aos solventes usados no trabalho:

- Através da caracterização da gasolina A pura pode-se classificá-la como gasolina leve, com uma faixa de destilação entre 35,8°C e 191,4°C e com um teor de benzeno elevado, 0,89% v/v;
- Quanto aos valores dos resíduos de todas as corridas de destilação realizadas, Apêndice A, nenhum tipo de adição de solvente fez a mistura alcançar o limite máximo de 2% em volume, sendo os maiores valores obtidos para adições de diesel;
- A aguarrás e o AB9 têm a faixa de destilação muito parecida, mais estreita que a gasolina A e apresentam um FBP bem próximo ao da gasolina;
- O diesel tem uma faixa de temperatura bem superior ao dos outros compostos, entre 127,5 e 381,2°C.

Pela análise dos ensaios de destilação, pode-se concluir:

- Nos gráficos de superfície nota-se que cada tipo de solvente adicionado à gasolina produz uma resposta diferente sobre a curva de destilação, principalmente quanto ao comportamento das isotermas de 70 e 80°C;
- O espaçamento entre as isotermas de 70 e 80°C nos gráficos de contorno mostra grande relação com o teor de AEAC na mistura;

- As adulterações por excesso de AEAC são facilmente identificáveis comparativamente às resultantes de outros tipos de solventes mais pesados;
- O efeito da adição de aguarrás, com AEAC fixo, e AB9 sobre as curvas de destilação da gasolina C são muito próximos, com a diferença de que a aguarrás tende a elevar o FBP da gasolina, enquanto que adições de AB9 o diminuem;
- Dos quatro pontos da curva de destilação que são controlados pela ANP, apenas a temperatura dos 90% de volume destilado mostrou-se apropriado para a constatação prática de adulteração com excesso de álcool etílico, para teores superiores ou iguais a 45% de AEAC;
- Para a adulteração da gasolina C com aguarrás, com um teor fixo de AEAC, os limites de temperatura estabelecidos pelos 10% e 50% destilados foram efetivos na identificação de fraudes com teores superiores a 40%;
- Já para o caso em que a gasolina C é simplesmente diluída com aguarrás, o limite de temperatura estabelecido pelos 50% destilados demonstra a adulteração com teores maiores que 30%;
- Na hipótese de uma fraude usando AB9, o limite dado pelos 10% destilados identifica uma adulteração com um teor superior a 40%, e o limite de 50% destilado mostra a adição de um teor de AB9 entre 30 e 40%;
- Diesel é com certeza o composto de mais fácil identificação em uma fraude por elevar o FBP acima do limite com uma adição de apenas 2%.

Além da verificação quanto aos limites dos pontos especificados da curva de destilação, sugere-se aqui, verificar a temperatura de destilação de 95, 85, 80, 70, 60 e 40% destilados, pois:

- Os volumes destilados de 80, 85, 90 e 95% são significativos para a busca de adulterações da gasolina C com excesso de AEAC, Figura IV.7, mas no caso de haver adições de aguarrás, AB9 ou diesel, Figura IV.8 a Figura IV.11, na gasolina C, a análise destas porcentagens de destilados pode servir apenas como um indicativo de adição irregular, pois a inclusão destes compostos provoca uma elevação gradual e não brusca de temperatura de destilação da gasolina C para estas % destiladas;
- Já as porcentos destilados de 70, 60 e 50% são de interesse para a identificação de adições de aguarrás e AB9, pois a inclusão destes compostos cria patamares de temperatura de fácil identificação. Mas para adições de AEAC, estes volumes destilados não são de interesse já que, nestes casos estas porcentagens destiladas indicam apenas uma gasolina C com um teor de AEAC inferior a 25%, o que caracterizaria uma gasolina fora de especificação, mas não

adulterada. Para uma gasolina *C* com diesel estas porcentagens de destilados não foram significativamente afetadas pela sua adição nos teores estudados de até 10%;

- Quanto à análise dos pontos de inflexão, ou de aumento brusco de temperatura causado pela mistura azeotrópica do etanol com hidrocarbonetos, notou-se que, com relação a Figura IV.12, as adições de AEAC sobre a gasolina *A* produzem pontos de inflexão bastante diferenciados dos demais tipos de adições, o que possibilita a identificação do solvente usado na adulteração para teores de Aguarrás e AB9 maiores que 10%. Além disso, a análise da Figura IV.12 permite identificar uma adição excessiva de 30% de AEAC na gasolina *C*.

De um modo geral, os limites estabelecidos para octanagem, pressão de vapor, benzeno, aromáticos e olefínicos permitem a constatação de adulteração apenas pelo emprego de grandes volumes de solventes.

Sobre os ensaios de pressão de vapor, massa específica e octanagem:

- A identificação de adulteração pelo ensaio de pressão de vapor é difícil, já que o limite máximo é muito alto e não foi atingido por nenhum dos tipos de adulterações realizados, embora a curva de pressão de vapor da gasolina *A* com AEAC mostre um comportamento bem diferenciado dos demais. Sugere-se a especificação de um valor mínimo para a pressão de vapor e a realização de testes com solventes mais voláteis do que o AEAC, e com solventes polares, para saber se o limite máximo de 69,0 kPa seria ultrapassado e em quais situações;
- Embora o ensaio de massa específica não possua um valor especificado, pode-se considerar valores superiores a 0,76 g/cm³ como suspeitos de adulteração;
- A octanagem mínima para MON é ultrapassada para adições de 50% de aguarrás e 50% de diesel, enquanto AEAC e AB9 apenas elevaram seu valor. Mas se a adição de aguarrás se der sem a correção do teor de AEAC para 25%, a queda do MOM é mais acentuada e seu limite é superado com adições de 20% ou mais do solvente;
- O limite mínimo de 87 para o IAD, para os teores de solventes testados, só foi ultrapassado para 40% de aguarrás com um teor de AEAC não fixo;

Sobre os ensaios para determinação do teor de hidrocarbonetos pelo infravermelho:

- A análise do teor de AEAC medido pelo equipamento de infravermelho da Petrospec mostrou grande desvios provocados por adições de AEAC fora dos 25%, o que provoca erros na determinação do teor de benzeno, como mostrado pelo comportamento da curva do AEAC na Figura IV.20, sendo esta a única situação em que o teor de benzeno ultrapassou o

limite da especificação. Espera-se que este tipo de situação ocorra sempre que um solvente oxigenado for adicionado à gasolina. Sugere-se uma recalibração do equipamento, principalmente na determinação de teores entre 20 e 30% de AEAC;

- A análise do teor de olefinas, Figura IV.21, mostra para todos os solventes uma tendência ao decréscimo com o aumento do teor destes, ou diluição da gasolina original, sendo que o limite máximo de 30% de olefinas dado pela especificação brasileira não foi atingido em nenhum dos casos estudados;
- O teor de saturados não é especificado pela ANP, mas se podem esperar comportamentos distintos da adulteração com oxigenados e aromáticos dos demais tipos de solventes, para grandes teores de adições, pois oxigenados e aromáticos mostram baixos valores de saturados, em comparação ao elevado valor da aguarrás e do diesel;
- O teor de aromáticos é especificado quanto a um máximo de 45% em volume, limite superado apenas para uma adição de AB9 entre 30 e 40%, Figura IV.23. Sugere-se que este limite seja revisado no sentido de diminuí-lo;
- O teor de xilenos parece também ser afetado pela presença de etanol, pois o comportamento da curva do AEAC na Figura IV.24, é muito parecido ao da Figura IV.20, embora nenhuma informação a este respeito tenha sido dada pelo fabricante;
- O tolueno não faz parte das especificações da gasolina C, mas se um valor alto for encontrado, muito diferente do valor 0,1%, deve-se ficar atento quanto a uma fraude, já que os valores reportados na Figura IV.25 oscilam em torno de 0%, a não ser que tenha sido adicionado menos AEAC do que os 25% a gasolina A.

Sugere-se a realização de estudos futuros usando amostras de gasolina mais pesadas e mais leves do que a deste trabalho, a fim de obter uma análise mais abrangente da influência destas adições sobre a gasolina C, e principalmente para verificar o ponto de formação de azeótropo em função da porcentagem de destilado.

Por último, o uso de técnicas estatísticas multivariadas e cromatográficas mostram-se campos promissores para estudos futuros nesta linha de pesquisa.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. Q., TEIXEIRA, L. S. G., GUIMARÃES, P. R. B., *et al.*, "Estudo de uma Gasolina Formulada a partir de Mistura de Diferentes Solventes Comerciais", **3º Congresso da Associação Brasileira das Agências de Regulação, ABAR**, Vol. 2003.
- ANP, Agência Nacional do Petróleo. Site: www.anp.gov.br, 07/2005.
- ANP, **Boletim Mensal da Qualidade de Combustíveis** - Agência Nacional do Petróleo, Superintendência de Qualidade de Produtos, 12/2005.
- ANP, "Solventes - Agência Nacional do Petróleo", **Informe Conjuntura & Informação**, Vol.Abril, nº4, 1999.
- API, **Technical Data Book-American Petroleum Institute-Petroleum Refining**, Danner, R. P. e Daubert, T. E., Washington - DC, Third Edition, 1976.
- BRASKEM, Aguarrás Mineral - **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**, Braskem S.A, pág.1-12. Site: www.braskem.com.br, 08/2003.
- BR-DISTRIBUIDORA, Petrobras Distribuidora S.A. Site: www.br.com.br, 03/2005.
- BURRI, J., CROCKET, R., HANY, R., *et al.*, "Gasoline Composition Determined by ¹H NMR Spectroscopy", **Fuel**, Vol.83, 2, 2004/1, pág.187-193, 2004.
- CIÊNCIA-HOJE, 28, 165, pág.2-7, 2000.
- CÔCCO, L. C., YAMAMOTO, C. I. E MEIEN, O. F. V., "Study of Correlations for Physicochemical Properties of Brazilian Gasoline", **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, Vol.76, pág.55-63, 2005.
- DAGOSTIN, A. P. D., Estudo da Contaminação da Gasolina com Solvente de Borracha. - **Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Química**. Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis-SC, 2003.
- D'ÁVILA, L. A., Curso: A Qualidade dos Combustíveis no Brasil, **2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- FERNANDES, M., Influência do Etanol na Solubilidade de Hidrocarbonetos Monoaromáticos em Aquíferos Contaminados com Gasolina. - **Tese de Mestrado**. Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1997.
- FRENCH, R. E MALONE, P., "Phase Equilibria of Ethanol Fuel Blends", **Fluid Phase Equilibria**, Vol.228, pág.27-40, 2005.
- MARJOTTA-MAISTRO, M. C., Ajustes nos Mercados de Álcool e Gasolina no Processo de Desregulamentação. - **Tese de Doutorado em Ciências**. Área de Concentração: Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

- McCAIN, W. D., **The Properties of Petroleum Fluids**, Penn Well Books, 2nd Edition, Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1990.
- OLIM, J. S. S. E HADDAD, J., A Influência da Abertura de Mercado na Promoção de um Ambiente Competitivo no Setor de Abastecimento de Combustíveis, **3º Congresso da Associação Brasileira das Agências de Regulação, ABAR**, Gramado, RS, 2003.
- OLIVEIRA, F. S. D., TEIXEIRA, L. S. G., ARAUJO, M. C. U., *et al.*, "Screening Analysis to Detect Adulterations in Brazilian Gasoline Samples Using Distillation Curves", **Fuel**, Vol.83, 7-8, 2004/5, pág.917-923, 2004.
- PANP-41, **Portaria ANP N° 41, 13 de Março de 2001- Agência Nacional do Petróleo**. Regulamenta o exercício da atividade de distribuição de solventes, Site: www.anp.gov.br, 2001,
- PANP-316, **Portaria ANP 316, 27 de Dezembro de 2001**. Regulamenta o exercício da atividade de formulação e venda no mercado interno da gasolina A, comum e premium, e diesel a partir de misturas de correntes petroquímicas, Site: www.anp.gov.br, 2001,
- PERRY, **Perry's Chemical Engineers' Handbook**: McGraw-Hill Companies, Inc, Seventh Edition, 1999.
- PETROBRAS, PETROBRAS S.A. Site: <http://www2.petrobras.com.br/portal/produtos.htm>, 03/2005.
- PETROBRAS-DISTRIBUIDORA, Site: www.br.com.br, 03/2005.
- PQU, Petroquímica União S.A. Site: www.pqu.com.br, 05/2005.
- PUMPHREY, J. A., BRAND, J. I. E SCHELLER, W. A., "Vapour Pressure Measurements and Predictions for Alcohol-Gasoline Blends", **Fuel**, Vol.79, n°11, pág.1405-1411, 2000.
- REFAP, Refinaria Alberto Pasquali-Refap S.A. Site: www.refap.com.br, 03/2005.
- SANTOS, A. D. S., VALLE, M. L. M. E GIANNINI, R. G., "Adição de Compostos Oxigenados na Gasolina e a Experiência do PROÁLCOOL." **Economia e Energia e&e**, Vol.Ano IV - N° 19 -Março-Abril, 2000.
- SANTOS, H. C. D., TEIXEIRA, L. S. G. E ALMEIDA, S. Q., Classificação de Amostra de Gasolina em Relação com Tolueno baseada na Análise Multivariada usando Espectrometria de FT-IR, **3º Congresso da Associação Brasileira das Agências de Regulação, ABAR**, Gramado, RS, 2003.
- SOUZA, A. M. D., Estudo de Emissões de Vapores Orgânicos no Carregamento de Gasolina em Caminhões-Tanque. - **Dissertação de Mestrado**. Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- SPEIGHT, J. G., **The Chemistry and Technology of Petroleum**, New York: Marcer Derker, Inc, Third Edition, Revised and Expanded, 1999.
- TEIXEIRA, L. S. G., GUIMARÃES, P. R. B., PONTES, L. A. M., *et al.*, "Studies on the Effects of Solvents on the Physicochemical Properties of Automotive Gasoline", **Society of Petroleum Engineers-SPE**, Vol.69587, pág.1-6, 2001.

- WIEDMANN, L. S. M., Curso em Qualidade de Combustíveis Automotivos: Cromatografia Gasosa e espectrometria de Massas na Caracterização da Gasolina., **2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- WOODROW, J. E. E SEIBER, J. N., "Vapor-Pressure Measurement of Complex Hydrocarbon Mixtures by Headspace Gas Chromatography", **Journal of Chromatography A**, Vol.455, pág.53-65, 1988.

APÊNDICE A - Tabelas de dados de destilação das amostras de gasolina com solventes.

Destilação da Gasolina A com AEAC

Tabela A.1: Dados da destilação da gasolina A pura.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	361,8	8,5E-01	seg	35,8	9,9E-01	°C
5%	68,2	1,8E+00	seg	43,6	2,8E-01	°C
10%	5,0	7,1E-02	ml/min	50,1	1,4E-01	°C
15%	4,7	0,0E+00	ml/min	54,3	4,9E-01	°C
20%	4,6	0,0E+00	ml/min	58,1	4,9E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	65,8	5,7E-01	°C
40%	4,3	7,1E-02	ml/min	75,0	5,7E-01	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	86,3	4,9E-01	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	99,2	3,5E-01	°C
70%	4,4	0,0E+00	ml/min	114,3	5,7E-01	°C
80%	4,3	0,0E+00	ml/min	132,6	2,8E-01	°C
85%	4,3	7,1E-02	ml/min	143,0	4,9E-01	°C
90%	3,2	8,5E-01	ml/min	154,5	8,5E-01	°C
95%	40,0	8,5E+00	seg	170,4	4,9E-01	°C
FBP	57,0	1,4E+00	seg	191,4	1,1E+00	°C
Resíduo	1,0	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,4	2,8E-01	% Vol.			
Perdas	1,6	2,1E-01	ml			

Tabela A.2: Dados da destilação da gasolina A com 5% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	337,3	2,3E+00	seg	35,8	2,1E-01	°C
5%	62,2	8,5E-01	seg	41,9	1,4E-01	°C
10%	5,1	7,1E-02	ml/min	46,5	1,4E-01	°C
15%	4,9	7,1E-02	ml/min	49,3	1,4E-01	°C
20%	4,6	0,0E+00	ml/min	51,6	1,4E-01	°C
30%	4,3	0,0E+00	ml/min	56,3	1,4E-01	°C
40%	4,2	0,0E+00	ml/min	66,2	2,1E-01	°C
50%	4,7	7,1E-02	ml/min	82,7	1,4E-01	°C
60%	4,5	7,1E-02	ml/min	97,2	3,5E-01	°C
70%	4,4	7,1E-02	ml/min	112,5	1,4E-01	°C
80%	4,3	7,1E-02	ml/min	131,2	2,1E-01	°C
85%	4,2	0,0E+00	ml/min	141,9	0,0E+00	°C
90%	3,8	2,3E+00	ml/min	153,9	3,5E-01	°C
95%	43,0	4,2E+00	seg	171,0	2,8E-01	°C
FBP	57,0	1,4E+00	seg	190,6	1,1E+00	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,3	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,7	7,1E-02	ml			

Tabela A.3: Dados da destilação da gasolina A com 10 % de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	327,7	2,6E+00	seg	36,2	4,9E-01	°C
5%	63,2	1,1E+00	seg	42,3	7,1E-02	°C
10%	5,0	2,1E-01	ml/min	46,8	0,0E+00	°C
15%	4,7	0,0E+00	ml/min	49,8	0,0E+00	°C
20%	4,7	1,4E-01	ml/min	52,3	0,0E+00	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	57,0	0,0E+00	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	61,4	0,0E+00	°C
50%	3,7	7,1E-02	ml/min	65,6	2,1E-01	°C
60%	5,1	0,0E+00	ml/min	90,0	2,8E-01	°C
70%	4,6	0,0E+00	ml/min	109,0	2,8E-01	°C
80%	4,3	7,1E-02	ml/min	128,1	1,4E-01	°C
85%	4,1	1,4E-01	ml/min	139,7	7,1E-02	°C
90%	4,7	4,2E-01	ml/min	151,5	8,5E-01	°C
95%	59,0	2,1E+01	seg	169,2	4,2E-01	°C
FBP	188,0	1,6E+02	seg	192,2	5,3E+00	°C
Resíduo	0,9	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,3	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,8	1,4E-01	ml			

Tabela A.4: Dados da destilação da gasolina A com 15% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	341,7	1,1E+01	seg	37,7	4,9E-01	°C
5%	61,5	1,6E+00	seg	42,9	2,8E-01	°C
10%	4,9	0,0E+00	ml/min	47,9	0,0E+00	°C
15%	4,8	1,4E-01	ml/min	51,0	0,0E+00	°C
20%	4,6	0,0E+00	ml/min	53,6	7,1E-02	°C
30%	4,5	1,4E-01	ml/min	58,6	7,1E-02	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	63,0	0,0E+00	°C
50%	4,3	0,0E+00	ml/min	67,2	7,1E-02	°C
60%	3,5	2,1E-01	ml/min	70,7	7,1E-02	°C
70%	5,8	7,1E-02	ml/min	104,0	1,4E-01	°C
80%	4,5	7,1E-02	ml/min	125,7	4,2E-01	°C
85%	4,4	0,0E+00	ml/min	137,4	3,5E-01	°C
90%	3,4	5,7E-01	ml/min	150,6	5,7E-01	°C
95%	54,0	1,1E+01	seg	168,1	1,4E-01	°C
FBP	65,0	4,2E+00	seg	190,5	4,2E-01	°C
Resíduo	0,9	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,3	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,8	1,4E-01	ml			

Tabela A.5: Dados da destilação da gasolina A com 20% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	351,3	1,7E+01	seg	37,2	6,4E-01	°C
5%	66,0	2,3E+00	seg	42,3	2,2E+00	°C
10%	4,8	7,1E-02	ml/min	48,0	4,2E-01	°C
15%	4,7	0,0E+00	ml/min	51,0	2,8E-01	°C
20%	4,6	0,0E+00	ml/min	53,9	3,5E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	58,9	4,2E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	63,7	3,5E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	67,8	4,2E-01	°C
60%	4,4	1,4E-01	ml/min	71,3	1,4E-01	°C
70%	1,7	1,4E-01	ml/min	74,6	2,8E-01	°C
80%	5,2	3,5E-01	ml/min	122,4	6,4E-01	°C
85%	4,5	2,1E-01	ml/min	133,4	6,4E-01	°C
90%	4,2	7,1E-02	ml/min	148,8	3,5E-01	°C
95%	40,0	2,8E+00	seg	166,7	4,9E-01	°C
FBP	51,0	4,2E+00	seg	188,5	9,9E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,1	4,9E-01	% Vol.			
Perdas	1,9	4,9E-01	ml			

Tabela A.6: Dados da destilação da gasolina A com 25% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	361,8	2,3E+01	seg	38,1	3,5E-01	°C
5%	73,4	5,2E+00	seg	44,9	7,1E-02	°C
10%	4,6	7,1E-02	ml/min	49,6	1,4E-01	°C
15%	4,6	7,1E-02	ml/min	52,9	3,5E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	55,8	3,5E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	61,0	2,1E-01	°C
40%	4,5	7,1E-02	ml/min	65,7	2,1E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	69,7	2,1E-01	°C
60%	4,3	1,4E-01	ml/min	72,7	1,4E-01	°C
70%	4,2	0,0E+00	ml/min	75,1	2,1E-01	°C
80%	6,9	1,4E-01	ml/min	120,1	2,8E-01	°C
85%	5,1	3,5E-01	ml/min	133,6	7,1E-02	°C
90%	4,2	3,5E-01	ml/min	146,8	7,8E-01	°C
95%	56,0	0,0E+00	seg	167,0	2,8E-01	°C
FBP	62,0	2,8E+00	seg	188,9	1,8E+00	°C
Resíduo	1,1	1,4E-01	ml			
Recuperado	97,2	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,7	7,1E-02	ml			

Tabela A.7: Dados da destilação da gasolina A com 30% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	355,9	2,3E+00	seg	36,3	0,0E+00	°C
5%	69,1	2,3E+00	seg	44,2	2,1E-01	°C
10%	4,7	7,1E-02	ml/min	49,7	7,1E-02	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	53,3	7,1E-02	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	56,4	2,1E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	61,8	7,1E-02	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	66,6	0,0E+00	°C
50%	4,5	7,1E-02	ml/min	70,5	0,0E+00	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,1	0,0E+00	°C
70%	4,4	7,1E-02	ml/min	75,1	7,1E-02	°C
80%	1,2	1,4E-01	ml/min	76,9	2,1E-01	°C
85%	6,8	2,1E-01	ml/min	128,8	3,5E-01	°C
90%	4,8	2,1E-01	ml/min	143,8	7,1E-02	°C
95%	44,0	2,8E+00	seg	163,1	6,4E-01	°C
FBP	57,0	4,2E+00	seg	185,2	1,3E+00	°C
Resíduo	1,0	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,3	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,7	7,1E-02	ml			

Tabela A.8: Dados da destilação da gasolina A com 35% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	359,7	1,7E+00	seg	37,7	2,8E-01	°C
5%	69,6	7,8E-01	seg	45,5	3,5E-01	°C
10%	4,6	7,1E-02	ml/min	50,6	2,1E-01	°C
15%	4,6	7,1E-02	ml/min	54,2	1,4E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	57,5	1,4E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	63,1	1,4E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	68,0	7,1E-02	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	71,6	0,0E+00	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	73,9	0,0E+00	°C
70%	4,4	0,0E+00	ml/min	75,7	0,0E+00	°C
80%	4,2	7,1E-02	ml/min	77,1	7,1E-02	°C
85%	2,5	5,7E-01	ml/min	85,1	5,2E+00	°C
90%	5,7	2,1E-01	ml/min	141,7	2,1E-01	°C
95%	33,0	4,2E+00	seg	161,6	6,4E-01	°C
FBP	73,0	1,4E+00	seg	184,8	9,2E-01	°C
Resíduo	1,0	1,4E-01	ml			
Recuperado	97,6	2,1E-01	% Vol.			
Perdas	1,45	7,1E-02	ml			

Tabela A.9: Dados da destilação da gasolina A com 40% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	372,4	5,9E+00	seg	38,8	4,9E-01	°C
5%	73,5	6,4E-01	seg	48,5	1,8E+00	°C
10%	4,4	0,0E+00	ml/min	53,0	1,3E+00	°C
15%	4,5	1,4E-01	ml/min	56,7	1,2E+00	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	59,9	1,1E+00	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	65,5	7,8E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	70,0	6,4E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	72,9	4,2E-01	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	74,9	2,8E-01	°C
70%	4,5	7,1E-02	ml/min	76,4	2,1E-01	°C
80%	4,4	0,0E+00	ml/min	77,7	2,1E-01	°C
85%	1,5	6,4E-01	ml/min	77,4	1,3E+00	°C
90%	6,6	4,9E-01	ml/min	144,8	7,5E+00	°C
95%	30,0	2,8E+00	seg	169,4	1,3E+01	°C
FBP	66,0	5,7E+00	seg	184,9	8,5E-01	°C
Resíduo	1,0	1,4E-01	ml			
Recuperado	97,6	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,4	1,4E-01	ml			

Tabela A.10: Dados da destilação da gasolina A com 45% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	374,2	4,2E+00	seg	38,5	7,1E-02	°C
5%	72,3	1,7E+00	seg	46,6	2,1E-01	°C
10%	4,4	7,1E-02	ml/min	52,4	0,0E+00	°C
15%	4,5	0,0E+00	ml/min	56,7	7,1E-02	°C
20%	4,4	0,0E+00	ml/min	60,1	1,4E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	66,5	0,0E+00	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	71,2	7,1E-02	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	74,2	7,1E-02	°C
60%	4,3	0,0E+00	ml/min	76,1	7,1E-02	°C
70%	4,5	7,1E-02	ml/min	77,2	0,0E+00	°C
80%	4,4	0,0E+00	ml/min	78,2	0,0E+00	°C
85%	4,4	1,4E-01	ml/min	78,7	0,0E+00	°C
90%	2,1	2,1E-01	ml/min	81,6	4,0E+00	°C
95%	30,0	0,0E+00	seg	157,4	3,5E-01	°C
FBP	65,0	9,9E+00	seg	181,5	2,1E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,6	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,4	7,1E-02	ml			

Tabela A.11: Dados da destilação da gasolina A com 50% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	388,7	4,6E+00	seg	38,5	9,9E-01	°C
5%	83,3	1,9E+00	seg	47,2	6,4E-01	°C
10%	4,3	7,1E-02	ml/min	53,0	3,5E-01	°C
15%	4,4	7,1E-02	ml/min	56,8	2,8E-01	°C
20%	4,4	7,1E-02	ml/min	60,6	2,8E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	66,4	4,9E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	71,3	1,4E-01	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	74,3	7,1E-02	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	76,0	0,0E+00	°C
70%	4,4	7,1E-02	ml/min	77,2	7,1E-02	°C
80%	4,5	7,1E-02	ml/min	78,1	7,1E-02	°C
85%	4,4	0,0E+00	ml/min	78,6	7,1E-02	°C
90%	1,2	2,1E-01	ml/min	79,2	1,4E-01	°C
95%	28,0	0,0E+00	seg	156,3	1,4E+00	°C
FBP	49,0	4,2E+00	seg	179,7	1,8E+00	°C
Resíduo	0,9	2,8E-01	ml			
Recuperado	97,6	2,1E-01	% Vol.			
Perdas	1,5	7,1E-02	ml			

Tabela A.12: Dados da destilação da gasolina A com 60% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	392,5	3,4E+00	seg	41,3	9,9E-01	°C
5%	84,3	8,5E-01	seg	50,4	1,1E+00	°C
10%	4,0	0,0E+00	ml/min	57,0	6,4E-01	°C
15%	4,3	0,0E+00	ml/min	61,9	5,7E-01	°C
20%	4,3	0,0E+00	ml/min	66,0	4,9E-01	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	71,7	1,4E-01	°C
40%	4,5	7,1E-02	ml/min	75,0	7,1E-02	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	76,6	7,1E-02	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	77,4	0,0E+00	°C
70%	4,5	0,0E+00	ml/min	78,0	0,0E+00	°C
80%	4,5	0,0E+00	ml/min	78,6	7,1E-02	°C
85%	4,6	7,1E-02	ml/min	78,8	0,0E+00	°C
90%	4,6	7,1E-02	ml/min	79,3	7,1E-02	°C
95%	19,0	1,4E+00	seg	107,3	3,0E+01	°C
FBP	45,0	4,2E+00	seg	177,6	4,2E-01	°C
Resíduo	0,9	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,7	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,4	1,4E-01	ml			

Tabela A.13: Dados da destilação da gasolina A com 70% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	404,2	2,1E+00	seg	46,0	9,2E-01	°C
5%	95,1	4,2E-01	seg	54,8	3,5E-01	°C
10%	3,9	1,4E-01	ml/min	62,1	1,4E-01	°C
15%	4,2	7,1E-02	ml/min	66,8	1,4E-01	°C
20%	4,4	0,0E+00	ml/min	70,3	0,0E+00	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	74,1	0,0E+00	°C
40%	4,6	7,1E-02	ml/min	75,9	0,0E+00	°C
50%	4,5	0,0E+00	ml/min	76,7	0,0E+00	°C
60%	4,4	1,4E-01	ml/min	77,2	0,0E+00	°C
70%	4,5	0,0E+00	ml/min	77,6	7,1E-02	°C
80%	4,5	0,0E+00	ml/min	77,9	0,0E+00	°C
85%	4,5	0,0E+00	ml/min	78,1	0,0E+00	°C
90%	4,6	0,0E+00	ml/min	78,5	0,0E+00	°C
95%	236,0	5,7E+00	seg	79,5	7,1E-02	°C
FBP	300,0	0,0E+00	seg	177,3	7,1E-02	°C
Resíduo	1,2	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,4	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,4	7,1E-02	ml			

Tabela A.14: Dados da destilação da gasolina A com 80% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	472,4	1,1E+01	seg	48,0	0,0E+00	°C
5%	119,7	9,9E-01	seg	59,4	1,4E-01	°C
10%	3,7	0,0E+00	ml/min	67,6	2,1E-01	°C
15%	4,1	0,0E+00	ml/min	71,9	2,1E-01	°C
20%	4,4	0,0E+00	ml/min	74,3	7,1E-02	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	76,4	0,0E+00	°C
40%	4,6	7,1E-02	ml/min	77,1	0,0E+00	°C
50%	4,6	7,1E-02	ml/min	77,4	0,0E+00	°C
60%	4,5	0,0E+00	ml/min	77,7	0,0E+00	°C
70%	4,5	0,0E+00	ml/min	77,8	0,0E+00	°C
80%	4,5	0,0E+00	ml/min	78,0	0,0E+00	°C
85%	4,6	0,0E+00	ml/min	78,1	0,0E+00	°C
90%	4,7	7,1E-02	ml/min	78,4	7,1E-02	°C
95%	23,0	1,4E+00	seg	78,9	0,0E+00	°C
FBP	284,0	5,7E+00	seg	134,4	6,0E+00	°C
Resíduo	1,1	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,6	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,3	0,0E+00	ml			

Tabela A.15: Dados da destilação da gasolina A com 90% de AEAC.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	524,4	2,1E+00	seg	58,8	1,4E-01	°C
5%	126,6	2,6E+00	seg	68,6	2,8E-01	°C
10%	3,8	0,0E+00	ml/min	74,5	0,0E+00	°C
15%	4,2	0,0E+00	ml/min	76,3	7,1E-02	°C
20%	4,4	7,1E-02	ml/min	76,9	0,0E+00	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	77,6	0,0E+00	°C
40%	4,6	7,1E-02	ml/min	77,9	0,0E+00	°C
50%	4,5	1,4E-01	ml/min	78,0	0,0E+00	°C
60%	4,6	7,1E-02	ml/min	78,1	0,0E+00	°C
70%	4,6	7,1E-02	ml/min	78,2	0,0E+00	°C
80%	4,6	0,0E+00	ml/min	78,2	0,0E+00	°C
85%	4,6	7,1E-02	ml/min	78,3	0,0E+00	°C
90%	4,6	0,0E+00	ml/min	78,4	0,0E+00	°C
95%	23,0	1,4E+00	seg	78,7	0,0E+00	°C
FBP	34,0	0,0E+00	seg	79,7	7,1E-02	°C
Resíduo	0,7	0,0E+00	ml			
Recuperado	98,0	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,3	7,1E-02	ml			

Destilação da Gasolina C com aguarrás, com teor de AEAC fixo em 25%.

Tabela A.16: Dados da destilação da gasolina C com 5% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	352,9	5,2E+00	seg	39,2	6,4E-01	°C
5%	66,5	7,8E-01	seg	46,4	2,1E-01	°C
10%	4,6	0,0E+00	ml/min	51,3	2,8E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	54,9	2,1E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	57,8	1,4E-01	°C
30%	4,4	7,1E-02	ml/min	63,1	1,4E-01	°C
40%	4,5	7,1E-02	ml/min	67,7	1,4E-01	°C
50%	4,3	0,0E+00	ml/min	71,4	0,0E+00	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	74,0	7,1E-02	°C
70%	2,5	0,0E+00	ml/min	76,2	1,4E-01	°C
80%	5,4	2,8E-01	ml/min	130,5	4,2E-01	°C
85%	4,9	2,1E-01	ml/min	143,4	2,1E-01	°C
90%	4,5	4,9E-01	ml/min	157,0	7,1E-02	°C
95%	36,0	5,7E+00	seg	172,3	1,4E-01	°C
FBP	63,0	1,4E+00	seg	191,9	3,5E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,5	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,6	7,1E-02	ml			

Tabela A.17: Dados da destilação da gasolina C com 10% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	371,7	2,3E+00	seg	37,9	4,9E-01	°C
5%	77,4	1,3E+00	seg	45,1	4,2E-01	°C
10%	4,4	0,0E+00	ml/min	50,9	3,5E-01	°C
15%	4,4	0,0E+00	ml/min	54,5	3,5E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	58,0	2,1E-01	°C
30%	4,4	7,1E-02	ml/min	63,7	7,1E-02	°C
40%	4,5	7,1E-02	ml/min	68,4	0,0E+00	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	72,1	0,0E+00	°C
60%	4,3	1,4E-01	ml/min	74,7	0,0E+00	°C
70%	3,5	2,1E-01	ml/min	76,2	7,1E-02	°C
80%	5,0	0,0E+00	ml/min	139,5	7,1E-02	°C
85%	5,0	7,1E-02	ml/min	150,7	4,2E-01	°C
90%	4,3	2,1E-01	ml/min	162,9	7,1E-02	°C
95%	32,0	0,0E+00	seg	175,6	9,7E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,1	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,9	0,0E+00	ml			

Tabela A.18: Dados da destilação da gasolina C com 15% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	379,9	6,4E+00	seg	37,7	1,4E-01	°C
5%	74,5	9,2E-01	seg	47,2	2,1E-01	°C
10%	4,3	7,1E-02	ml/min	52,1	2,1E-01	°C
15%	4,5	0,0E+00	ml/min	56,2	1,4E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	59,8	0,0E+00	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	65,4	1,4E-01	°C
40%	4,4	1,4E-01	ml/min	70,1	0,0E+00	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,2	7,1E-02	°C
60%	4,1	0,0E+00	ml/min	75,3	0,0E+00	°C
70%	6,8	1,4E-01	ml/min	123,2	2,1E-01	°C
80%	4,9	2,1E-01	ml/min	147,1	4,2E-01	°C
85%	4,5	2,8E-01	ml/min	158,0	0,0E+00	°C
90%	5,2	6,4E-01	ml/min	166,3	6,4E-01	°C
95%	31,0	1,4E+00	seg	178,2	1,4E-01	°C
FBP	63,0	7,1E+00	seg	192,4	6,4E-01	°C
Resíduo	1,1	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,5	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,5	0,0E+00	ml			

Tabela A.19: Dados da destilação da gasolina C com 20% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	403,1	1,2E+01	seg	41,4	6,4E-01	°C
5%	80,1	6,4E-01	seg	50,6	2,8E-01	°C
10%	4,2	0,0E+00	ml/min	55,9	7,1E-02	°C
15%	4,4	7,1E-02	ml/min	59,9	7,1E-02	°C
20%	4,5	7,1E-02	ml/min	63,1	1,4E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	68,3	1,4E-01	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	72,2	0,0E+00	°C
50%	4,6	7,1E-02	ml/min	74,9	7,1E-02	°C
60%	2,0	2,1E-01	ml/min	76,6	0,0E+00	°C
70%	7,1	1,4E-01	ml/min	138,3	2,1E-01	°C
80%	4,8	8,5E-01	ml/min	156,4	6,4E-01	°C
85%	4,7	2,1E-01	ml/min	163,8	4,9E-01	°C
90%	3,8	1,1E+00	ml/min	171,1	1,4E-01	°C
95%	33,0	1,4E+00	seg	181,5	1,4E-01	°C
FBP	68,0	2,8E+00	seg	195,6	9,2E-01	°C
Resíduo	1,2	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,6	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,3	1,4E-01	ml			

Tabela A.20: Dados da destilação da gasolina C com 25% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	399,7	1,1E+01	seg	43,8	0,0E+00	°C
5%	81,1	1,5E+00	seg	52,0	3,5E-01	°C
10%	4,2	7,1E-02	ml/min	57,8	1,4E-01	°C
15%	4,3	0,0E+00	ml/min	61,7	7,1E-02	°C
20%	4,4	7,1E-02	ml/min	64,8	0,0E+00	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	69,6	0,0E+00	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	73,0	7,1E-02	°C
50%	4,4	1,4E-01	ml/min	75,0	0,0E+00	°C
60%	3,2	2,1E-01	ml/min	81,3	2,3E+00	°C
70%	6,4	7,1E-02	ml/min	145,0	2,8E-01	°C
80%	4,4	3,5E-01	ml/min	160,0	7,1E-02	°C
85%	4,9	8,5E-01	ml/min	166,5	7,1E-02	°C
90%	4,3	2,8E-01	ml/min	172,9	7,1E-02	°C
95%	42,0	2,8E+00	seg	182,0	5,7E-01	°C
FBP	294,0	5,7E+00	seg	206,3	2,1E+00	°C
Resíduo	0,9	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,6	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,6	1,4E-01	ml			

Tabela A.21: Dados da destilação da gasolina C com 30% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	426,4	9,8E+00	seg	42,4	2,1E-01	°C
5%	84,6	2,1E-01	seg	52,9	1,1E+00	°C
10%	4,2	7,1E-02	ml/min	59,0	4,2E-01	°C
15%	4,3	7,1E-02	ml/min	63,3	2,8E-01	°C
20%	4,4	7,1E-02	ml/min	66,4	2,1E-01	°C
30%	4,4	1,4E-01	ml/min	71,2	2,1E-01	°C
40%	4,4	2,8E-02	ml/min	74,1	7,1E-02	°C
50%	4,0	0,0E+00	ml/min	75,8	0,0E+00	°C
60%	6,4	3,5E-01	ml/min	131,0	9,9E-01	°C
70%	6,2	2,1E-01	ml/min	150,5	4,2E-01	°C
80%	4,4	1,4E-01	ml/min	163,2	1,4E-01	°C
85%	4,3	1,5E+00	ml/min	168,4	6,4E-01	°C
90%	4,2	2,8E-01	ml/min	174,5	7,1E-02	°C
95%	34,0	2,8E+00	seg	182,9	0,0E+00	°C
FBP	73,0	2,1E+01	seg	195,3	6,4E-01	°C
Resíduo	1,1	1,4E-01	ml			
Recuperado	97,6	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,3	2,8E-01	ml			

Tabela A.22: Dados da destilação da gasolina C com 40% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	464,8	2,0E+01	seg	47,6	1,4E-01	°C
5%	95,9	7,1E-01	seg	58,9	8,5E-01	°C
10%	4,0	7,1E-02	ml/min	65,0	2,8E-01	°C
15%	4,2	0,0E+00	ml/min	68,4	1,4E-01	°C
20%	4,4	0,0E+00	ml/min	71,1	7,1E-02	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	74,5	7,1E-02	°C
40%	4,3	7,1E-02	ml/min	76,5	7,1E-02	°C
50%	1,7	2,1E-01	ml/min	77,9	3,5E-01	°C
60%	8,4	2,8E-01	ml/min	149,8	3,5E-01	°C
70%	6,3	7,1E-02	ml/min	160,3	7,1E-02	°C
80%	3,8	7,1E-02	ml/min	168,2	7,1E-02	°C
85%	4,7	4,2E-01	ml/min	173,0	1,4E-01	°C
90%	4,0	7,1E-02	ml/min	177,8	0,0E+00	°C
95%	30,0	2,8E+00	seg	186,0	0,0E+00	°C
FBP	82,0	2,3E+01	seg	198,0	1,4E-01	°C
Resíduo	1,1	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,8	2,8E-01	% Vol.			
Perdas	1,2	2,1E-01	ml			

Tabela A.23: Dados da destilação da gasolina C com 50% de aguarrás, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	462,7	1,9E+01	seg	52,3	1,4E-01	°C
5%	98,8	7,8E-01	seg	63,9	1,1E+00	°C
10%	3,9	0,0E+00	ml/min	69,1	4,2E-01	°C
15%	4,2	0,0E+00	ml/min	71,9	2,1E-01	°C
20%	4,3	0,0E+00	ml/min	73,6	1,4E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	75,9	7,1E-02	°C
40%	2,6	3,5E-01	ml/min	77,4	7,1E-02	°C
50%	10,3	4,2E-01	ml/min	147,7	0,0E+00	°C
60%	8,0	3,5E-01	ml/min	157,1	7,1E-02	°C
70%	4,8	2,8E-01	ml/min	164,3	1,4E-01	°C
80%	4,7	2,1E-01	ml/min	170,6	3,5E-01	°C
85%	4,1	2,1E-01	ml/min	174,2	0,0E+00	°C
90%	4,5	2,8E-01	ml/min	179,2	7,1E-02	°C
95%	31,0	1,4E+00	seg	186,2	2,8E-01	°C
FBP	86,0	2,0E+01	seg	196,9	0,0E+00	°C
Resíduo	1,2	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,7	2,1E-01	% Vol.			
Perdas	1,2	2,1E-01	ml			

Destilação da Gasolina C com aguarrás, com teor de AEAC não fixo.

Tabela A.24: Dados da destilação da gasolina C com 10% de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	377,4	1,0E+01	seg	38,8	1,4E-01	°C
5%	71,7	4,9E-01	seg	46,8	7,1E-01	°C
10%	4,5	0,0E+00	ml/min	51,7	2,1E-01	°C
15%	4,6	7,1E-02	ml/min	55,2	1,4E-01	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	58,3	7,1E-02	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	63,7	7,1E-02	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	68,2	0,0E+00	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	71,9	7,1E-02	°C
60%	4,1	7,1E-02	ml/min	74,4	0,0E+00	°C
70%	5,8	4,2E-01	ml/min	115,7	4,2E-01	°C
80%	4,5	1,4E-01	ml/min	140,8	2,8E-01	°C
85%	4,6	4,9E-01	ml/min	152,6	0,0E+00	°C
90%	4,5	7,1E-02	ml/min	163,8	2,1E-01	°C
95%	35,0	1,4E+00	seg	175,8	1,4E-01	°C
FBP	49,0	4,2E+00	seg	190,7	0,0E+00	°C
Resíduo	1,1	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,5	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,5	2,1E-01	ml			

Tabela A.25: Dados da destilação da gasolina C com 15% de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	344,3	4,7E+00	seg	39,8	7,1E-01	°C
5%	67,8	7,8E-01	seg	47,5	2,1E-01	°C
10%	4,6	7,1E-02	ml/min	52,8	2,1E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	56,5	1,4E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	59,7	0,0E+00	°C
30%	4,4	7,1E-02	ml/min	64,9	7,1E-02	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	69,2	7,1E-02	°C
50%	4,3	0,0E+00	ml/min	72,5	7,1E-02	°C
60%	2,0	7,1E-02	ml/min	74,6	1,4E-01	°C
70%	5,6	1,4E-01	ml/min	128,5	2,8E-01	°C
80%	4,4	4,2E-01	ml/min	149,4	7,1E-02	°C
85%	4,1	7,1E-02	ml/min	158,5	1,4E-01	°C
90%	4,3	0,0E+00	ml/min	167,6	7,1E-02	°C
95%	46,0	5,7E+00	seg	178,7	4,9E-01	°C
FBP	53,0	4,2E+00	seg	193,4	2,8E-01	°C
Resíduo	1,2	1,4E-01	ml			
Recuperado	97,1	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,7	0,0E+00	ml			

Tabela A.26: Dados da destilação da gasolina C com 20 % de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	379,6	1,4E+01	seg	40,7	2,8E-01	°C
5%	75,4	3,5E-01	seg	49,7	6,4E-01	°C
10%	4,4	7,1E-02	ml/min	54,9	3,5E-01	°C
15%	4,5	7,1E-02	ml/min	58,6	7,1E-02	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	61,9	7,1E-02	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	66,9	7,1E-02	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	71,0	7,1E-02	°C
50%	4,1	7,1E-02	ml/min	73,9	7,1E-02	°C
60%	4,8	4,9E-01	ml/min	101,1	2,0E+00	°C
70%	5,3	1,4E-01	ml/min	138,9	3,5E-01	°C
80%	4,4	2,8E-01	ml/min	157,3	2,8E-01	°C
85%	4,9	7,8E-01	ml/min	164,6	2,8E-01	°C
90%	4,2	1,4E-01	ml/min	171,5	1,4E-01	°C
95%	37,0	7,1E+00	seg	181,5	7,1E-02	°C
FBP	61,0	2,1E+01	seg	195,0	1,1E+00	°C
Resíduo	1,0	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,5	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,5	2,1E-01	ml			

Tabela A.27: Dados da destilação da gasolina C com 25 % de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	384,6	2,9E+01	seg	41,2	9,2E-01	°C
5%	77,1	2,2E+00	seg	50,3	4,9E-01	°C
10%	4,2	0,0E+00	ml/min	55,5	2,8E-01	°C
15%	4,4	7,1E-02	ml/min	59,2	2,1E-01	°C
20%	4,5	7,1E-02	ml/min	62,5	1,4E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	67,8	0,0E+00	°C
40%	4,3	0,0E+00	ml/min	71,7	7,1E-02	°C
50%	2,6	0,0E+00	ml/min	74,5	1,4E-01	°C
60%	7,1	7,1E-02	ml/min	125,9	3,5E-01	°C
70%	4,8	1,4E-01	ml/min	145,5	1,3E+00	°C
80%	5,3	9,9E-01	ml/min	160,9	1,4E-01	°C
85%	3,8	6,4E-01	ml/min	166,2	7,1E-01	°C
90%	3,8	8,5E-01	ml/min	173,0	7,1E-01	°C
95%	35,0	1,4E+00	seg	182,6	0,0E+00	°C
FBP	52,0	5,7E+00	seg	193,2	1,4E+00	°C
Resíduo	1,1	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,5	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,4	0,0E+00	ml			

Tabela A.28: Dados da destilação da gasolina C com 30 % de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	397,7	4,7E+00	seg	42,5	7,1E-01	°C
5%	81,7	1,2E+00	seg	50,9	7,1E-02	°C
10%	4,2	0,0E+00	ml/min	57,3	0,0E+00	°C
15%	4,4	7,1E-02	ml/min	61,3	0,0E+00	°C
20%	4,4	7,1E-02	ml/min	64,6	7,1E-02	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	69,5	7,1E-02	°C
40%	4,1	7,1E-02	ml/min	72,9	0,0E+00	°C
50%	3,5	1,4E-01	ml/min	78,7	9,2E-01	°C
60%	6,1	2,1E-01	ml/min	136,6	3,5E-01	°C
70%	5,1	7,1E-02	ml/min	152,5	7,1E-02	°C
80%	4,6	1,3E+00	ml/min	164,1	7,1E-02	°C
85%	4,7	2,1E-01	ml/min	170,0	7,1E-02	°C
90%	4,1	1,4E-01	ml/min	175,9	7,1E-02	°C
95%	53,0	4,2E+00	seg	184,1	2,8E-01	°C
FBP	68,0	8,5E+00	seg	197,6	3,5E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,3	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,7	0,0E+00	ml			

Tabela A.29: Dados da destilação da gasolina C com 40 % de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	427,2	7,4E+00	seg	44,7	4,2E-01	°C
5%	88,5	7,1E-02	seg	54,0	5,7E-01	°C
10%	4,1	7,1E-02	ml/min	60,5	1,4E-01	°C
15%	4,2	0,0E+00	ml/min	64,3	2,8E-01	°C
20%	4,3	0,0E+00	ml/min	67,2	7,1E-02	°C
30%	4,2	7,1E-02	ml/min	71,3	7,1E-02	°C
40%	2,8	7,1E-02	ml/min	75,1	3,5E-01	°C
50%	7,1	7,1E-02	ml/min	134,4	4,9E-01	°C
60%	4,9	1,1E+00	ml/min	150,0	8,5E-01	°C
70%	5,4	9,2E-01	ml/min	160,5	4,2E-01	°C
80%	4,8	1,1E+00	ml/min	167,8	0,0E+00	°C
85%	4,9	7,8E-01	ml/min	172,4	2,1E-01	°C
90%	4,2	7,1E-02	ml/min	177,5	1,4E-01	°C
95%	43,0	4,2E+00	seg	185,4	4,9E-01	°C
FBP	69,0	7,1E+00	seg	197,7	5,7E-01	°C
Resíduo	1,1	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,2	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,7	7,1E-02	ml			

Tabela A.30: Dados da destilação da gasolina C com 50% de aguarrás, AEAC não fixo.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	447,2	6,8E+00	seg	45,2	1,1E+00	°C
5%	101,2	3,2E+00	seg	55,0	1,7E+00	°C
10%	3,9	0,0E+00	ml/min	61,6	6,4E-01	°C
15%	4,1	0,0E+00	ml/min	65,8	5,7E-01	°C
20%	4,3	1,4E-01	ml/min	69,0	2,8E-01	°C
30%	2,1	0,0E+00	ml/min	72,9	1,4E-01	°C
40%	7,5	7,1E-02	ml/min	126,3	4,2E+00	°C
50%	6,4	1,4E-01	ml/min	146,7	1,3E+00	°C
60%	5,3	7,1E-02	ml/min	157,7	9,2E-01	°C
70%	5,4	8,5E-01	ml/min	164,7	9,2E-01	°C
80%	4,3	2,8E-01	ml/min	170,8	7,1E-01	°C
85%	3,9	2,1E+00	ml/min	173,9	5,7E-01	°C
90%	4,9	9,2E-01	ml/min	179,4	6,4E-01	°C
95%	30,0	0,0E+00	seg	186,4	0,0E+00	°C
FBP	42,0	2,8E+00	seg	196,0	1,1E+00	°C
Resíduo	1,0	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,2	2,8E-01	% Vol.			
Perdas	1,8	3,5E-01	ml			

Destilação da Gasolina C com AB9, com teor de AEAC fixo em 25%.

Tabela A.31: Dados da destilação da gasolina C com 5% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	301,2	3,4E+00	seg	36,6	3,5E-01	°C
5%	40,8	1,6E+00	seg	46,4	4,9E-01	°C
10%	6,6	1,4E-01	ml/min	51,1	7,1E-02	°C
15%	5,1	0,0E+00	ml/min	53,6	0,0E+00	°C
20%	4,8	0,0E+00	ml/min	56,5	0,0E+00	°C
30%	4,6	0,0E+00	ml/min	62,1	7,1E-02	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	66,8	1,4E-01	°C
50%	4,5	7,1E-02	ml/min	70,6	0,0E+00	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	73,3	0,0E+00	°C
70%	2,8	2,1E-01	ml/min	75,6	7,1E-02	°C
80%	5,3	2,1E-01	ml/min	129,9	1,4E-01	°C
85%	4,8	7,1E-02	ml/min	142,3	6,4E-01	°C
90%	4,7	2,8E-01	ml/min	154,3	7,1E-02	°C
95%	35,0	4,2E+00	seg	166,8	7,1E-02	°C
FBP	55,0	1,3E+01	seg	184,7	3,5E-01	°C
Resíduo	1,0	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,5	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,5	7,1E-02	ml			

Tabela A.32: Dados da destilação da gasolina C com 10% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	394,0	6,0E+00	seg	38,7	1,1E+00	°C
5%	76,5	4,4E+00	seg	46,3	2,8E-01	°C
10%	4,4	7,1E-02	ml/min	51,7	3,5E-01	°C
15%	4,5	7,1E-02	ml/min	55,0	7,1E-02	°C
20%	4,4	1,4E-01	ml/min	58,4	7,1E-02	°C
30%	4,4	1,4E-01	ml/min	63,9	1,4E-01	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	68,7	7,1E-02	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	72,4	1,4E-01	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	75,1	7,1E-02	°C
70%	2,5	1,4E-01	ml/min	78,5	7,1E-02	°C
80%	5,6	0,0E+00	ml/min	141,0	5,7E-01	°C
85%	5,1	2,8E-01	ml/min	150,2	1,5E+00	°C
90%	4,3	5,7E-01	ml/min	159,4	0,0E+00	°C
95%	44,0	5,7E+00	seg	167,8	4,2E-01	°C
FBP	57,0	4,2E+00	seg	184,0	4,9E-01	°C
Resíduo	1,1	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,3	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,6	7,1E-02	ml			

Tabela A.33: Dados da destilação da gasolina C com 15% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	371,9	7,6E+00	seg	38,6	8,5E-01	°C
5%	74,3	4,2E-01	seg	47,2	3,5E-01	°C
10%	4,4	0,0E+00	ml/min	52,8	1,4E-01	°C
15%	4,5	0,0E+00	ml/min	57,0	1,4E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	60,4	1,4E-01	°C
30%	4,4	7,1E-02	ml/min	66,0	0,0E+00	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	70,5	7,1E-02	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,5	7,1E-02	°C
60%	4,0	0,0E+00	ml/min	75,8	7,1E-02	°C
70%	6,6	0,0E+00	ml/min	124,9	7,1E-02	°C
80%	5,3	1,4E-01	ml/min	147,9	7,1E-01	°C
85%	4,7	2,1E-01	ml/min	155,3	7,1E-02	°C
90%	4,7	2,1E-01	ml/min	161,1	0,0E+00	°C
95%	37,0	1,4E+00	seg	167,5	7,1E-02	°C
FBP	43,0	9,9E+00	seg	180,5	4,2E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,3	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,7	7,1E-02	ml			

Tabela A.34: Dados da destilação da gasolina C com 20% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	403,6	4,6E+00	seg	41,0	2,1E-01	°C
5%	77,8	5,7E-01	seg	50,0	1,4E-01	°C
10%	4,2	0,0E+00	ml/min	55,8	1,4E-01	°C
15%	4,4	0,0E+00	ml/min	59,8	1,4E-01	°C
20%	4,4	0,0E+00	ml/min	63,2	7,1E-02	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	68,6	7,1E-02	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	72,5	1,4E-01	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	75,5	1,4E-01	°C
60%	2,2	0,0E+00	ml/min	78,1	7,1E-02	°C
70%	7,4	0,0E+00	ml/min	139,2	2,1E-01	°C
80%	5,4	0,0E+00	ml/min	154,3	2,1E-01	°C
85%	4,9	1,4E-01	ml/min	158,6	6,4E-01	°C
90%	4,8	3,5E-01	ml/min	162,4	7,1E-02	°C
95%	32,0	0,0E+00	seg	168,1	1,4E-01	°C
FBP	79,0	4,2E+00	seg	182,9	8,5E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,6	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,4	0,0E+00	ml			

Tabela A.35: Dados da destilação da gasolina C com 25% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	412,6	1,2E+00	seg	42,5	1,4E-01	°C
5%	56,9	1,2E+00	seg	48,6	4,2E-01	°C
10%	4,3	7,1E-02	ml/min	55,7	7,1E-02	°C
15%	4,0	1,4E-01	ml/min	60,2	7,1E-02	°C
20%	4,2	3,5E-01	ml/min	63,9	1,4E-01	°C
30%	4,4	1,4E-01	ml/min	69,4	7,1E-02	°C
40%	4,6	2,1E-01	ml/min	73,2	7,1E-02	°C
50%	4,4	2,1E-01	ml/min	76,0	1,4E-01	°C
60%	2,0	2,1E-01	ml/min	80,0	7,8E-01	°C
70%	7,2	1,4E-01	ml/min	145,1	4,2E-01	°C
80%	5,5	2,1E-01	ml/min	156,4	7,1E-02	°C
85%	4,8	2,8E-01	ml/min	159,5	6,4E-01	°C
90%	4,8	7,8E-01	ml/min	162,7	4,9E-01	°C
95%	35,0	1,4E+00	seg	167,1	7,1E-02	°C
FBP	51,0	1,4E+00	seg	178,9	7,1E-02	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,5	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,5	7,1E-02	ml			

Tabela A.36: Dados da destilação da gasolina C com 30% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	410,7	1,9E+00	seg	44,5	1,3E+00	°C
5%	84,2	1,1E+00	seg	53,9	1,2E+00	°C
10%	4,1	0,0E+00	ml/min	60,0	4,9E-01	°C
15%	4,3	0,0E+00	ml/min	64,1	3,5E-01	°C
20%	4,3	0,0E+00	ml/min	67,2	1,4E-01	°C
30%	4,5	1,4E-01	ml/min	72,0	7,1E-02	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	75,1	1,4E-01	°C
50%	3,8	0,0E+00	ml/min	77,5	7,1E-02	°C
60%	6,7	2,8E-01	ml/min	134,1	2,1E-01	°C
70%	7,1	1,4E-01	ml/min	150,9	1,4E-01	°C
80%	5,1	3,5E-01	ml/min	158,3	0,0E+00	°C
85%	5,0	2,1E-01	ml/min	160,5	1,4E-01	°C
90%	4,5	3,5E-01	ml/min	162,6	7,1E-02	°C
95%	35,0	7,1E+00	seg	166,6	1,4E-01	°C
FBP	191,0	1,5E+02	seg	181,4	5,2E+00	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,6	2,1E-01	% Vol.			
Perdas	1,4	2,1E-01	ml			

Tabela A.37: Dados da destilação da gasolina C com 40% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	443,5	4,9E-01	seg	48,2	5,7E-01	°C
5%	94,0	2,0E+00	seg	58,5	7,1E-01	°C
10%	4,0	7,1E-02	ml/min	65,1	3,5E-01	°C
15%	4,2	7,1E-02	ml/min	68,9	2,8E-01	°C
20%	4,3	0,0E+00	ml/min	71,6	1,4E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	75,5	1,4E-01	°C
40%	4,2	0,0E+00	ml/min	78,0	1,4E-01	°C
50%	2,4	0,0E+00	ml/min	88,4	2,6E+00	°C
60%	8,7	2,1E-01	ml/min	150,4	4,2E-01	°C
70%	6,5	7,1E-02	ml/min	157,0	0,0E+00	°C
80%	4,9	2,1E-01	ml/min	160,5	0,0E+00	°C
85%	4,4	2,1E-01	ml/min	162,2	7,1E-02	°C
90%	4,3	1,4E-01	ml/min	163,7	1,4E-01	°C
95%	31,0	1,4E+00	seg	166,8	2,8E-01	°C
FBP	121,0	1,0E+02	seg	177,3	2,4E+00	°C
Resíduo	1,0	7,1E-02	ml			
Recuperado	97,7	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,30	1,4E-01	ml			

Tabela A.38: Dados da destilação da gasolina C com 50% de AB9, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	359,5	3,5E+00	seg	50,5	4,2E-01	°C
5%	64,6	7,1E-02	seg	63,8	2,1E-01	°C
10%	4,9	7,1E-02	ml/min	69,2	7,1E-02	°C
15%	4,8	7,1E-02	ml/min	72,5	0,0E+00	°C
20%	4,7	0,0E+00	ml/min	74,8	0,0E+00	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	77,6	0,0E+00	°C
40%	2,6	7,1E-02	ml/min	80,0	0,0E+00	°C
50%	9,7	1,4E-01	ml/min	149,2	7,1E-02	°C
60%	8,1	7,1E-02	ml/min	155,7	2,1E-01	°C
70%	5,1	1,4E-01	ml/min	159,3	2,1E-01	°C
80%	4,6	2,1E-01	ml/min	161,4	7,1E-02	°C
85%	4,7	2,1E-01	ml/min	162,4	0,0E+00	°C
90%	4,5	2,1E-01	ml/min	163,7	0,0E+00	°C
95%	31,0	1,4E+00	seg	166,1	1,4E-01	°C
FBP	87,0	7,1E+00	seg	175,2	1,2E+00	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,6	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,4	0,0E+00	ml			

Destilação da Gasolina C com diesel, com teor de AEAC fixo em 25%.

Tabela A.39: Dados da destilação da gasolina C com 1% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	338,0	7,7E+00	seg	38,0	2,1E-01	°C
5%	66,3	2,8E-01	seg	43,3	8,5E-01	°C
10%	4,7	7,1E-02	ml/min	48,6	4,2E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	52,1	2,1E-01	°C
20%	4,6	0,0E+00	ml/min	54,9	1,4E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	60,3	1,4E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	65,4	2,1E-01	°C
50%	4,4	0,0E+00	ml/min	69,5	0,0E+00	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	72,7	7,1E-02	°C
70%	4,1	0,0E+00	ml/min	75,1	7,1E-02	°C
80%	6,8	7,1E-02	ml/min	121,1	9,2E-01	°C
85%	4,9	7,1E-02	ml/min	134,5	8,5E-01	°C
90%	4,2	4,9E-01	ml/min	147,7	6,4E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	44,0	8,5E+00	seg	195,6	5,7E-01	°C
Resíduo	1,2	1,4E-01	ml			
Recuperado	96,8	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	2,0	2,1E-01	ml			

Tabela A.40: Dados da destilação da gasolina C com 2% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	338,9	1,6E+00	seg	37,9	6,4E-01	°C
5%	65,4	9,2E-01	seg	43,8	8,5E-01	°C
10%	4,8	7,1E-02	ml/min	49,2	4,2E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	52,6	4,2E-01	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	55,7	3,5E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	61,0	2,8E-01	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	65,8	1,4E-01	°C
50%	4,5	7,1E-02	ml/min	69,8	2,1E-01	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	72,8	7,1E-02	°C
70%	4,1	7,1E-02	ml/min	74,9	1,4E-01	°C
80%	6,3	2,1E-01	ml/min	123,1	8,5E-01	°C
85%	4,7	7,1E-02	ml/min	137,4	9,9E-01	°C
90%	4,1	2,1E-01	ml/min	151,8	7,1E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	107,0	1,6E+01	seg	231,0	1,8E+00	°C
Resíduo	1,3	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,9	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	1,8	7,1E-02	ml			

Tabela A.41: Dados da destilação da gasolina C com 3% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	347,8	3,7E+00	seg	38,6	1,2E+00	°C
5%	69,9	2,8E+00	seg	45,7	4,2E-01	°C
10%	4,6	7,1E-02	ml/min	50,5	2,8E-01	°C
15%	4,7	0,0E+00	ml/min	53,7	7,1E-02	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	56,7	2,1E-01	°C
30%	4,4	1,4E-01	ml/min	61,8	0,0E+00	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	66,6	7,1E-02	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	70,6	7,1E-02	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,4	7,1E-02	°C
70%	3,9	2,1E-01	ml/min	75,6	2,1E-01	°C
80%	6,3	1,4E-01	ml/min	125,5	9,9E-01	°C
85%	4,5	0,0E+00	ml/min	139,2	5,7E-01	°C
90%	3,4	4,2E-01	ml/min	155,7	1,3E+00	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	200,0	4,5E+01	seg	247,8	5,7E+00	°C
Resíduo	1,4	0,0E+00	ml			
Recuperado	97,0	2,8E-01	% Vol.			
Perdas	1,6	2,8E-01	ml			

Tabela A.42: Dados da destilação da gasolina C com 4% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	343,1	1,8E+00	seg	38,2	9,2E-01	°C
5%	66,8	1,6E+00	seg	44,2	7,8E-01	°C
10%	4,7	0,0E+00	ml/min	49,7	4,2E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	53,1	4,9E-01	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	56,2	3,5E-01	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	61,6	2,1E-01	°C
40%	4,4	1,4E-01	ml/min	66,4	2,1E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	70,2	1,4E-01	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,0	7,1E-02	°C
70%	3,3	7,1E-02	ml/min	75,2	7,1E-02	°C
80%	5,5	2,1E-01	ml/min	126,6	5,7E-01	°C
85%	4,4	2,1E-01	ml/min	140,9	7,1E-02	°C
90%	3,6	2,8E-01	ml/min	157,4	7,1E-02	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	145,0	2,7E+01	seg	308,1	1,9E+00	°C
Resíduo	1,2	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,9	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,9	1,4E-01	ml			

Tabela A.43: Dados da destilação da gasolina C com 5% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	350,8	1,3E+00	seg	39,3	1,4E-01	°C
5%	67,7	2,1E-01	seg	45,6	8,5E-01	°C
10%	4,7	7,1E-02	ml/min	50,6	2,1E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	53,9	2,1E-01	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	57,0	1,4E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	62,3	1,4E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	67,1	7,1E-02	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	70,9	7,1E-02	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,6	0,0E+00	°C
70%	2,6	2,8E-01	ml/min	75,9	7,1E-02	°C
80%	5,7	7,1E-02	ml/min	128,7	1,4E-01	°C
85%	4,2	0,0E+00	ml/min	141,7	1,4E-01	°C
90%	3,1	1,4E-01	ml/min	161,7	7,8E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-*	°C
FBP	154,0	2,8E+00	seg	310,3	4,5E+00	°C
Resíduo	1,4	1,4E-01	ml			
Recuperado	96,9	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	1,7	1,4E-01	ml			

Tabela A.44: Dados da destilação da gasolina C com 6% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	349,0	2,5E+00	seg	37,2	7,1E-01	°C
5%	70,3	1,8E+00	seg	43,9	8,5E-01	°C
10%	4,6	7,1E-02	ml/min	49,7	3,5E-01	°C
15%	4,6	0,0E+00	ml/min	52,7	7,1E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	56,3	6,4E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	62,0	2,1E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	66,8	2,8E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	70,7	1,4E-01	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	73,5	1,4E-01	°C
70%	1,9	2,1E-01	ml/min	75,6	2,1E-01	°C
80%	5,3	7,1E-02	ml/min	128,8	1,4E-01	°C
85%	4,4	0,0E+00	ml/min	142,9	1,2E+00	°C
90%	3,1	7,1E-02	ml/min	163,6	9,2E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	85,0	1,8E+01	seg	291,3	1,4E+00	°C
Resíduo	1,5	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,6	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	1,9	1,4E-01	ml			

Tabela A.45: Dados da destilação da gasolina C com 7% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	340,2	7,1E-01	seg	38,9	1,4E-01	°C
5%	67,4	7,1E-02	seg	40,2	1,7E+00	°C
10%	4,6	0,0E+00	ml/min	49,3	3,5E-01	°C
15%	4,7	7,1E-02	ml/min	53,1	2,1E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	56,4	2,1E-01	°C
30%	4,5	0,0E+00	ml/min	61,8	1,4E-01	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	66,6	7,1E-02	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	70,5	1,4E-01	°C
60%	4,4	0,0E+00	ml/min	73,2	7,1E-02	°C
70%	1,4	0,0E+00	ml/min	75,3	7,1E-02	°C
80%	4,9	0,0E+00	ml/min	129,9	7,1E-01	°C
85%	4,0	1,4E-01	ml/min	145,1	7,1E-02	°C
90%	2,5	2,8E-01	ml/min	165,2	2,8E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	53,0	2,7E+01	seg	329,9	1,4E-01	°C
Resíduo	1,0	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,6	2,8E-01	% Vol.			
Perdas	2,4	2,8E-01	ml			

Tabela A.46: Dados da destilação da gasolina C com 8% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	350,0	1,6E+00	seg	39,8	3,5E-01	°C
5%	68,5	7,1E-02	seg	42,8	1,5E+00	°C
10%	4,5	7,1E-02	ml/min	50,6	2,1E-01	°C
15%	4,6	7,1E-02	ml/min	54,1	2,1E-01	°C
20%	4,6	7,1E-02	ml/min	57,4	2,1E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	62,7	2,8E-01	°C
40%	4,4	0,0E+00	ml/min	67,5	1,4E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	71,4	1,4E-01	°C
60%	4,3	0,0E+00	ml/min	74,1	7,1E-02	°C
70%	1,5	0,0E+00	ml/min	76,2	7,1E-02	°C
80%	4,7	1,4E-01	ml/min	134,0	5,7E-01	°C
85%	3,7	2,8E-01	ml/min	149,0	9,9E-01	°C
90%	2,1	2,1E-01	ml/min	171,4	1,2E+00	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	78,0	1,4E+01	seg	335,3	1,1E+00	°C
Resíduo	1,5	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,3	7,1E-02	% Vol.			
Perdas	2,2	7,1E-02	ml			

Tabela A.47: Dados da destilação da gasolina C com 9% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	378,7	8,2E+00	seg	38,1	6,4E-01	°C
5%	76,7	4,2E-01	seg	40,2	6,4E-01	°C
10%	4,4	0,0E+00	ml/min	49,9	5,7E-01	°C
15%	4,5	1,4E-01	ml/min	53,8	2,1E-01	°C
20%	4,5	7,1E-02	ml/min	57,2	4,2E-01	°C
30%	4,4	0,0E+00	ml/min	62,7	4,9E-01	°C
40%	4,5	7,1E-02	ml/min	67,6	1,4E-01	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	71,3	1,4E-01	°C
60%	4,4	7,1E-02	ml/min	73,9	0,0E+00	°C
70%	2,1	0,0E+00	ml/min	76,3	1,4E-01	°C
80%	4,8	2,1E-01	ml/min	134,2	2,8E-01	°C
85%	3,6	1,4E-01	ml/min	150,5	2,1E-01	°C
90%	2,0	0,0E+00	ml/min	174,1	2,1E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	60,0	8,5E+00	seg	329,4	2,8E-01	°C
Resíduo	1,5	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,1	0,0E+00	% Vol.			
Perdas	2,4	0,0E+00	ml			

Tabela A.48: Dados da destilação da gasolina C com 10% de diesel, AEAC fixo em 25%.

% Volume	Taxa de Destilação			Temperatura de Destilação		
	Taxa	Desvio Padrão	Unidade	Temperatura	Desvio Padrão	Unidade
IBP	368,3	1,1E+00	seg	38,4	2,1E-01	°C
5%	71,5	1,4E-01	seg	39,3	1,1E+00	°C
10%	4,5	7,1E-02	ml/min	49,6	4,2E-01	°C
15%	4,4	0,0E+00	ml/min	53,6	3,5E-01	°C
20%	4,5	0,0E+00	ml/min	57,0	2,8E-01	°C
30%	4,5	7,1E-02	ml/min	62,6	1,4E-01	°C
40%	4,4	7,1E-02	ml/min	67,5	7,1E-02	°C
50%	4,4	7,1E-02	ml/min	71,2	0,0E+00	°C
60%	4,3	7,1E-02	ml/min	73,6	0,0E+00	°C
70%	3,0	3,5E-01	ml/min	76,1	7,1E-02	°C
80%	4,5	0,0E+00	ml/min	136,5	7,1E-02	°C
85%	3,6	2,1E-01	ml/min	152,4	5,7E-01	°C
90%	2,1	7,1E-02	ml/min	178,4	3,5E-01	°C
95%	-	-	seg	-	-	°C
FBP	99,0	7,1E+00	seg	347,8	1,5E+00	°C
Resíduo	1,4	0,0E+00	ml			
Recuperado	96,1	1,4E-01	% Vol.			
Perdas	2,5	1,4E-01	ml			

APÊNDICE B - Curvas de Destilação da Gasolina

As Figuras Figura B.1 a Figura B.15 mostram as curvas de destilação da gasolina A com diversos teores de *AEAC*. As Figuras Figura B.16 a Figura B.24 mostram as curvas de destilação da gasolina C com aguarrás, mantendo o teor de *AEAC* fixo em 25%, enquanto que as Figuras Figura B.25 a Figura B.32 mostram as curvas de destilação da gasolina C, mas o teor de *AEAC* não é fixo. Nas Figuras Figura B.33 até a Figura B.41 tem-se as curvas de destilação da gasolina C com AB9, com um teor de *AEAC* fixo em 25%.

Para as figuras abaixo, considera-se a seguinte legenda:

—○— Curva de Destilação (Ordenada Esquerda) - - - □ - - - Taxa de Destilação (Ordenada Direita)

Curvas de Destilação da Gasolina A com AEAC.

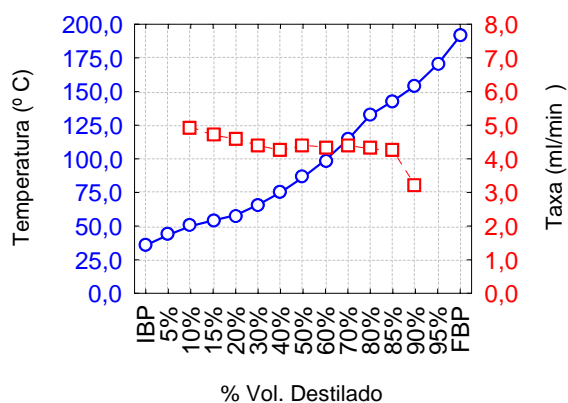


Figura B.1: 0% AEAC.

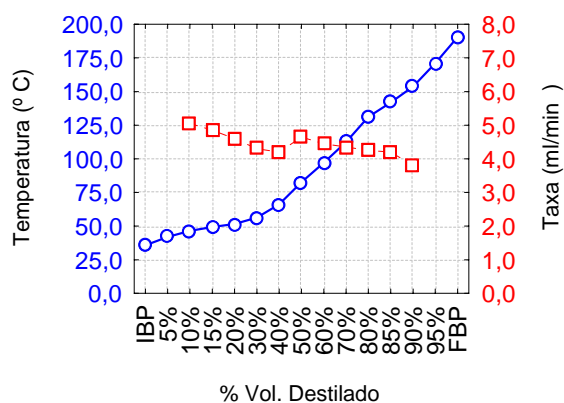


Figura B.2: 5% AEAC.

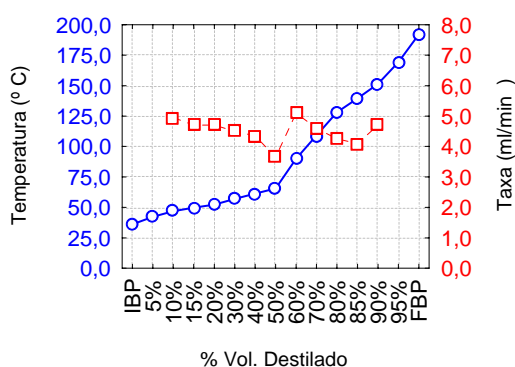


Figura B.3: 10% AEAC.

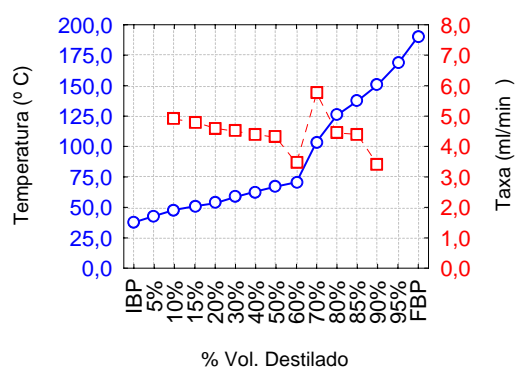


Figura B.4: 15% AEAC.

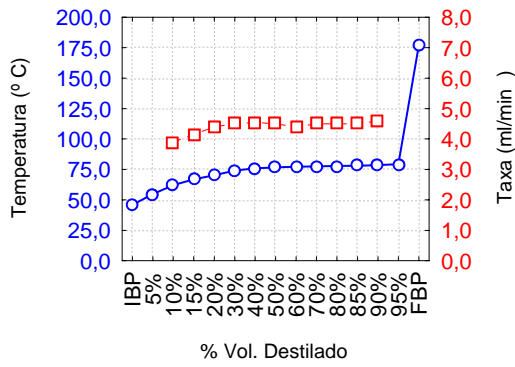


Figura B.13: 70% AEAC.

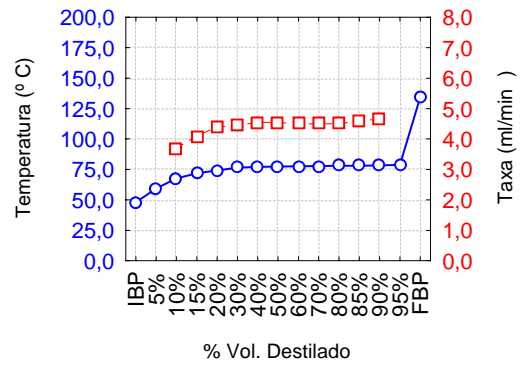


Figura B.14: 80% AEAC.

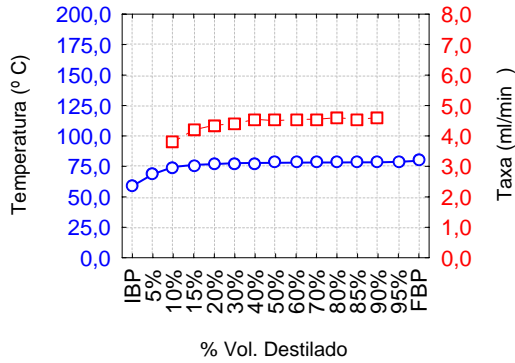


Figura B.15: 90% AEAC.

Curvas de Destilação da Gasolina A com aguarrás, com teor de AEAC fixo em 25%.

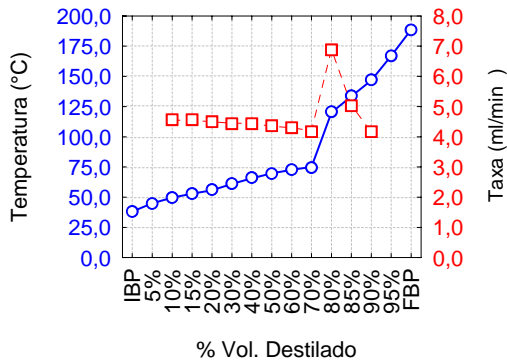


Figura B.16: 0% aguarrás, AEAC fixo em 25%.

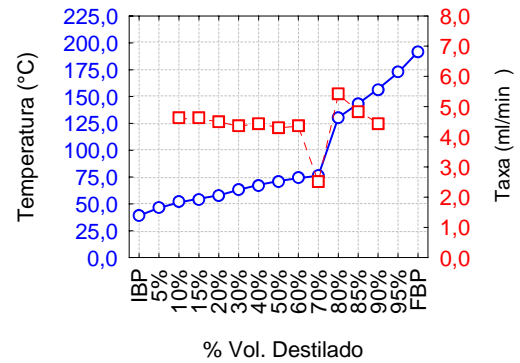


Figura B.17: 5% aguarrás, AEAC fixo em 25%.

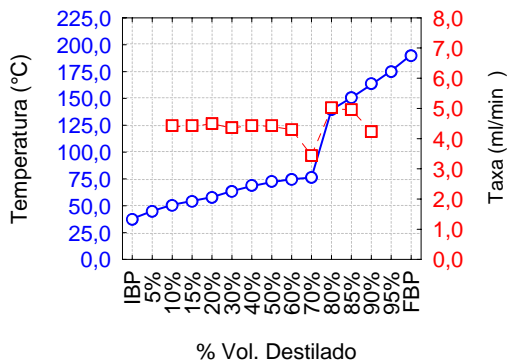


Figura B.18: 10% Aguarrás, AEAC fixo em 25%.

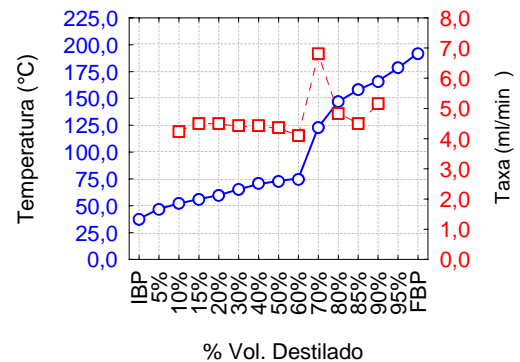


Figura B.19: 15 aguarrás, AEAC fixo em 25%.

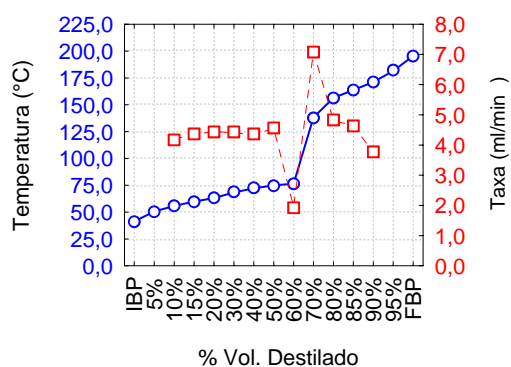


Figura B.20: 20 aguarrás, AEAC fixo em 25%.

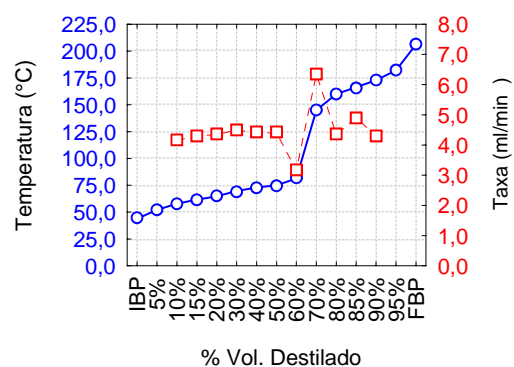


Figura B.21: 25% aguarrás, AEAC fixo em 25%.

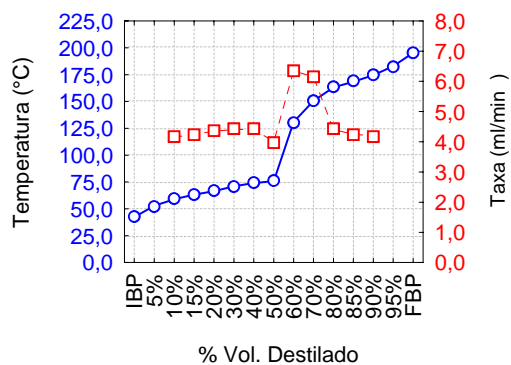


Figura B.22: 30% aguarrás, AEAC fixo em 25%.

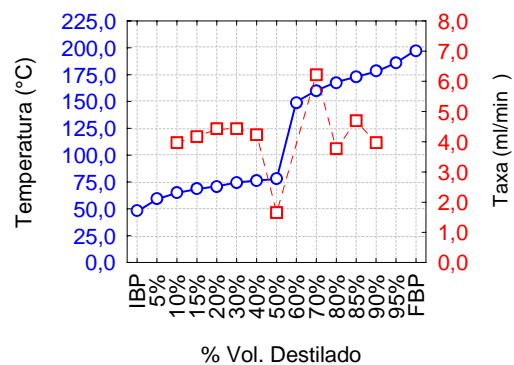


Figura B.23: 40% aguarrás, AEAC fixo em 25%.

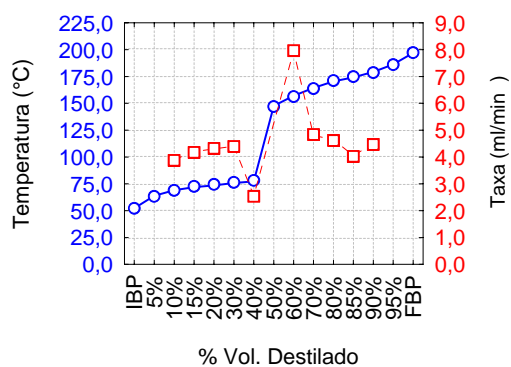


Figura B.24: 50% aguarrás, AEAC fixo em 25%.

Curvas de Destilação da Gasolina C com aguarrás, com teor de AEAC não fixo.

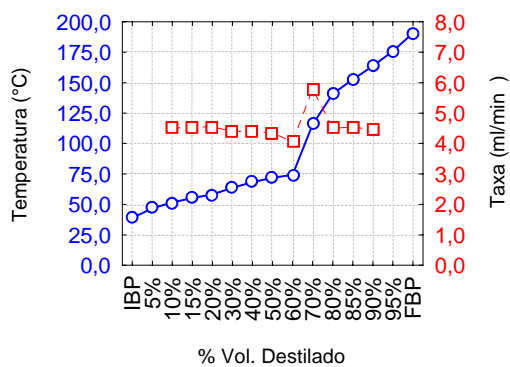
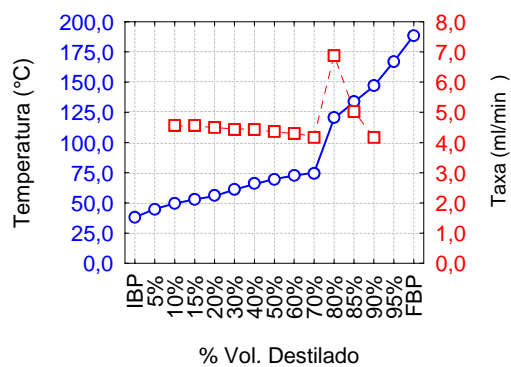


Figura B.25: 0% aguarrás, AEAC não fixo. Figura B.26: 10% aguarrás, AEAC não fixo.

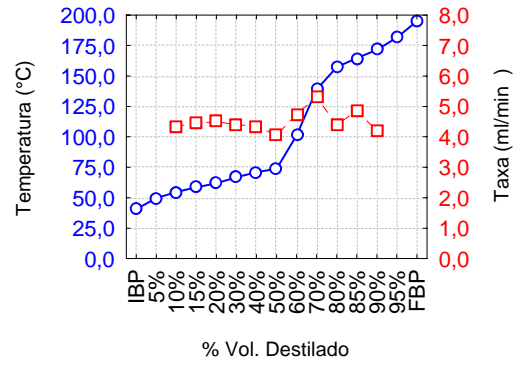
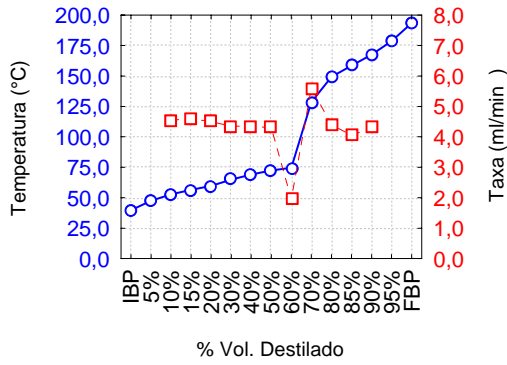


Figura B.27: 15% aguarrás, AEAC não fixo. Figura B.28: 20% aguarrás, AEAC não fixo.

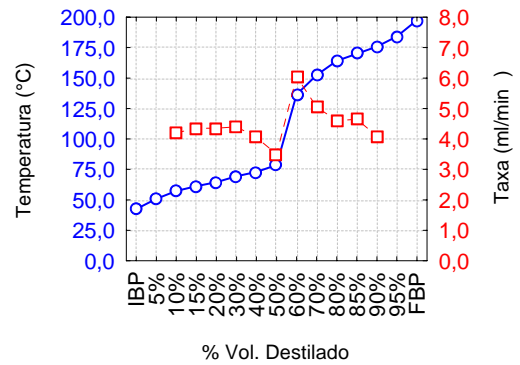
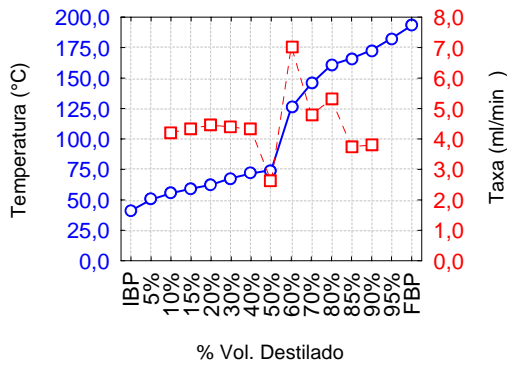


Figura B.29: 25% aguarrás, AEAC não fixo. Figura B.30: 30% aguarrás, AEAC não fixo.

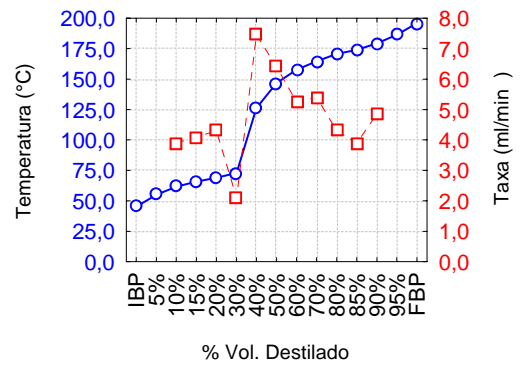
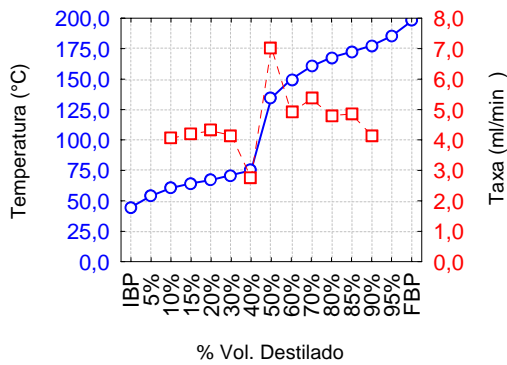


Figura B.31: 40% aguarrás, AEAC não fixo. Figura B.32: 50% aguarrás, AEAC não fixo.

Curvas de Destilação da Gasolina C com AB9

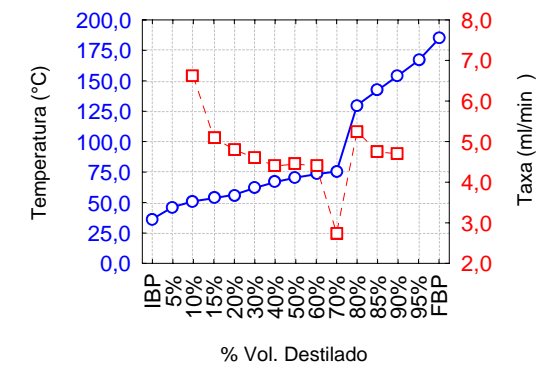
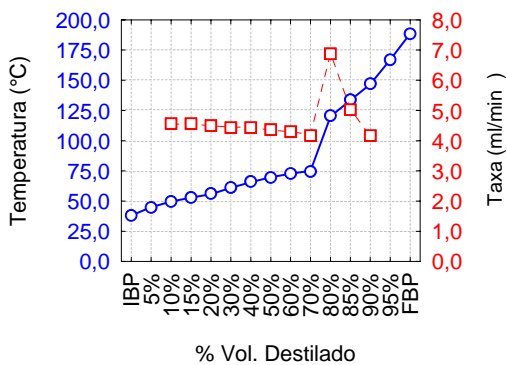


Figura B.33: 0% AB9, AEAC fixo em 25%.

Figura B.34: 5% AB9, AEAC fixo em 25%.

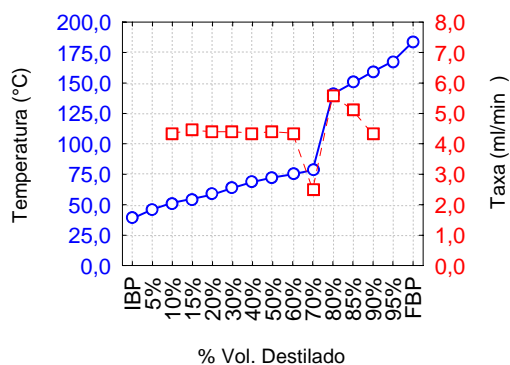


Figura B.35: 10% AB9, AEAC fixo em 25%.

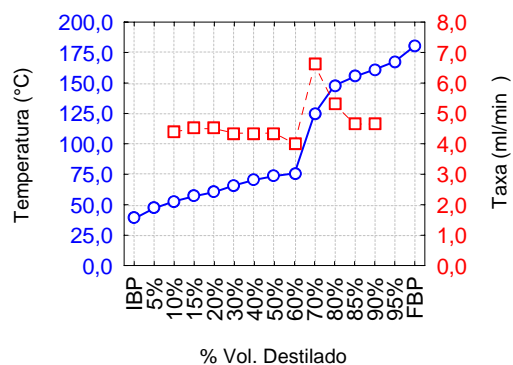


Figura B.36: 15% AB9, AEAC fixo em 25%.

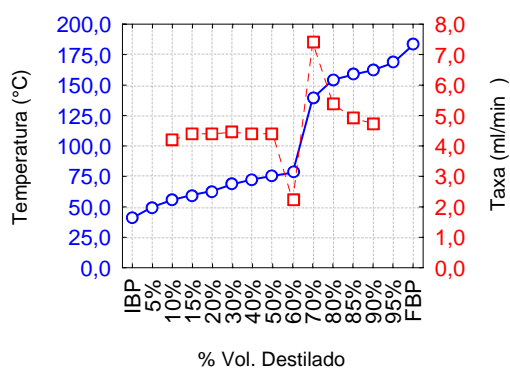


Figura B.37: 20% AB9, AEAC fixo em 25%.

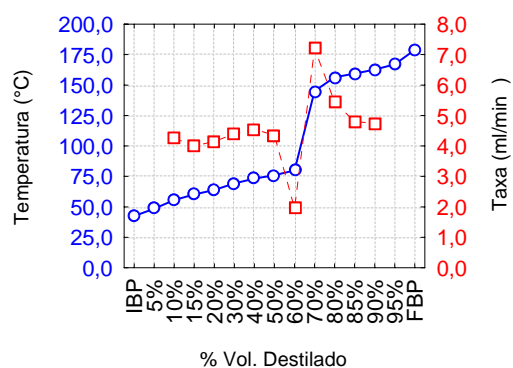


Figura B.38: 25% AB9, AEAC fixo em 25%.

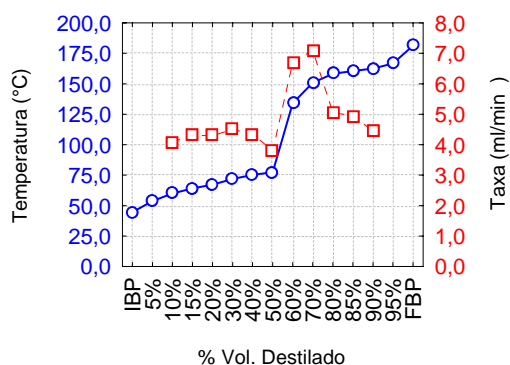


Figura B.39: 30% AB9, AEAC fixo em 25%.

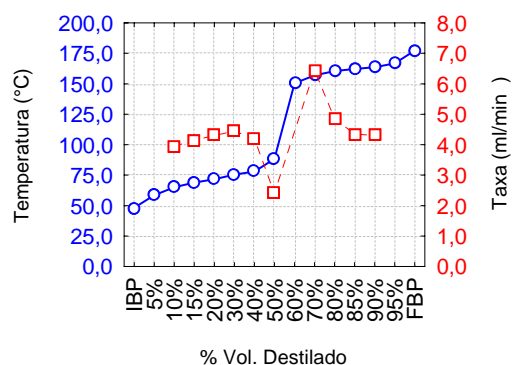


Figura B.40: 40% AB9, AEAC fixo em 25%.

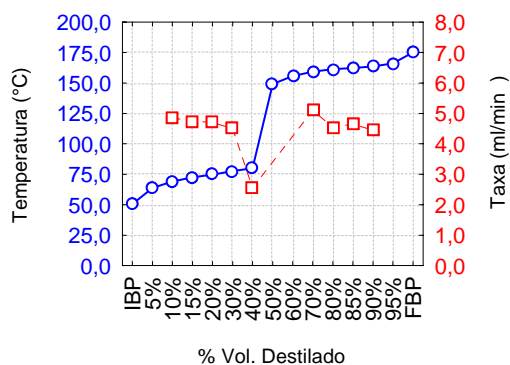


Figura B.41: 50% AB9, AEAC fixo em 25%.

**APÊNDICE C - Tabelas de dados de Pressão de Vapor, Massa Específica,
Octanagem e Teor de Hidrocarbonetos.**

Tabela C.1: Pressão de vapor da gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	61,70	1,0E-01	64,8	1,0E-01	64,8	1,0E-01	64,8	1,0E-01	64,8	1,0E-01
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	65,9	6,4E-01
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	64,9	1,5E-01
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	64,6	0,0E+00
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	63,9	0,0E+00
5%	68,10	5,8E-02	61,9	5,8E-02	-	-	62,7	1,5E-01	63,6	5,8E-02
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	63,0	2,3E-01
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	62,4	1,5E-01
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	61,8	5,8E-02
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	61,2	1,7E-01
10%	68,90	1,0E-01	60,0	1,5E-01	59,1	1,2E-01	60,1	1,0E-01	61,4	1,7E-01
15%	68,00	1,5E-01	56,6	1,5E-01	56,7	5,8E-02	57,0	5,8E-02	59,2	2,6E-01
20%	67,00	1,2E-01	53,7	1,5E-01	54,2	1,2E-01	53,7	3,6E-01	56,3	1,2E-01
25%	64,80	1,0E-01	50,2	1,5E-01	51,6	5,8E-02	49,6	0,0E+00	53,4	1,0E-01
30%	63,60	1,2E-01	47,0	2,6E-01	49,3	1,7E-01	46,5	5,8E-02	50,3	1,5E-01
35%	63,60	1,5E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	62,40	1,0E-01	40,3	1,5E-01	43,9	5,8E-02	39,3	1,7E-01	43,9	2,3E-01
45%	60,60	1,5E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	59,60	5,8E-02	33,0	2,3E-01	40,3	1,2E-01	33,0	3,5E-01	36,2	2,6E-01
60%	54,50	6,1E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
70%	48,60	2,9E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
80%	40,00	1,0E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
90%	28,80	2,5E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
100%	14,20	1,2E-01	3,9	4,0E-01	3,9	4,0E-01	0,4	0,0E+00	-	-

Tabela C.2: Massa Específica da gasolina (g/cm³) em função do tipo e teor de solvente.

% <i>Solvente</i>	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>
0%	0,7261	5,7735E-05	0,7444	1,9502E-03	0,7444	1,9502E-03	0,7444	1,9502E-03	0,7444	1,9502E-03
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7467	1,7156E-03
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7488	3,4588E-03
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7510	2,6963E-03
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7510	1,6523E-03
5%	0,7329	6,8069E-04	0,7479	6,8069E-04	-	-	0,7515	1,0392E-03	0,7504	5,6862E-04
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7527	8,9629E-04
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7568	6,8069E-04
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7576	7,2342E-04
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7583	1,1547E-03
10%	0,7340	5,1962E-04	0,7496	7,9373E-04	0,7490	7,00000E-04	0,7613	3,0116E-03	0,7620	2,8618E-03
15%	0,7375	6,6583E-04	0,7535	9,1652E-04	0,7526	2,46644E-03	0,7665	3,0022E-03	0,7661	1,5524E-03
20%	0,7423	9,8658E-04	0,7575	2,1548E-03	0,7543	1,24900E-03	0,7779	2,5166E-04	0,7726	2,0207E-03
25%	0,7444	1,9502E-03	0,7603	5,5076E-04	0,7628	1,60728E-03	0,7827	6,9282E-04	0,7805	3,9577E-03
30%	0,7464	9,7125E-04	0,7624	1,3650E-03	0,7571	6,50641E-04	0,7899	1,5177E-03	0,7853	1,2490E-03
35%	0,7491	7,0238E-04	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	0,7534	2,2723E-03	0,7682	4,6188E-04	0,7641	8,18535E-04	0,8037	7,9373E-04	0,7993	2,4331E-03
45%	0,7565	7,2342E-04	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	0,7604	5,6569E-04	0,7744	2,0817E-04	0,7672	5,85947E-04	0,8178	1,0116E-03	0,8121	1,1060E-03
60%	0,7619	3,0551E-04	-	-	-	-	-	-	-	-
70%	0,7737	1,5275E-04	-	-	-	-	-	-	-	-
80%	0,7796	8,8882E-04	-	-	-	-	-	-	-	-
90%	0,7859	4,0415E-04	-	-	-	-	-	-	-	-
100%	0,7931	1,7321E-05	0,7910	0,0000E+00	0,7910	0,0000E+00	0,8732	5,7735E-05	0,8598	1,0000E-04

Tabela C.3: Octanagem MON da gasolina em função do tipo e teor de solvente.

%Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	81,0	5,8E-02	82,7	0,0E+00	82,7	0,0E+00	82,7	0,0E+00	82,7	0,0E+00
1%	-	-			-	-	-	-	82,7	0,0E+00
2%	-	-			-	-	-	-	82,7	1,0E-01
3%	-	-			-	-	-	-	82,6	5,8E-02
4%	-	-			-	-	-	-	82,7	5,8E-02
5%	81,0	5,8E-02	82,6	0,0E+00	-	-	83,4	0,0E+00	82,6	5,8E-02
6%	-	-			-	-	-	-	82,7	5,8E-02
7%	-	-			-	-	-	-	82,6	5,8E-02
8%	-	-			-	-	-	-	82,6	0,0E+00
9%	-	-			-	-	-	-	82,5	5,8E-02
10%	81,0	0,0E+00	82,4	1,0E-01	82,2	1,0E-01	84,0	5,8E-02	82,5	0,0E+00
15%	81,5	0,0E+00	82,4	5,8E-02	82,0	0,0E+00	84,7	0,0E+00	82,4	0,0E+00
20%	82,2	5,8E-02	82,2	0,0E+00	81,7	0,0E+00	85,6	5,8E-02	82,3	5,8E-02
25%	82,7	0,0E+00	82,1	5,8E-02	81,5	5,8E-02	86,4	1,2E-01	82,3	0,0E+00
30%	83,1	0,0E+00	82,0	5,8E-02	81,2	0,0E+00	87,3	5,8E-02	82,2	5,8E-02
35%	83,1	0,0E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	82,9	0,0E+00	82,0	5,8E-02	80,7	0,0E+00	89,5	1,5E-01	82,0	5,8E-02
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	81,8	0,0E+00	80,5	5,8E-02	91,2	0,0E+00	81,7	5,8E-02

Tabela C.4: Octanagem IAD da gasolina em função do tipo e teor de solvente.

%Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	87,0	5,8E-02	89,0	0,0E+00	89,0	0,0E+00	89,0	0,0E+00	89,0	0,0E+00
1%			-	-	-	-	-	-	88,9	0,0E+00
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	88,9	1,0E-01
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	88,8	1,0E-01
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	89,1	5,8E-02
5%	86,9	5,8E-02	88,8	0,0E+00	-	-	90,0	5,8E-02	88,9	5,8E-02
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0	0,0E+00
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0	5,8E-02
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0	5,8E-02
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0	0,0E+00
10%	86,9	0,0E+00	88,6	1,2E-01	88,3	5,8E-02	90,8	0,0E+00	89,0	0,0E+00
15%	87,5	0,0E+00	88,6	5,8E-02	88,0	0,0E+00	91,7	0,0E+00	88,9	5,8E-02
20%	88,4	0,0E+00	88,4	0,0E+00	87,6	0,0E+00	92,6	0,0E+00	88,9	0,0E+00
25%	89,0	0,0E+00	88,2	0,0E+00	87,4	5,8E-02	93,2	5,8E-02	88,9	5,8E-02
30%	89,6	1,5E+00	87,9	5,8E-02	87,0	0,0E+00	93,9	0,0E+00	88,7	0,0E+00
35%	89,7	5,8E-02	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	89,4	5,8E-02	87,9	0,0E+00	86,4	0,0E+00	95,0	5,8E-02	88,5	0,0E+00
45%			-	-	-	-	-	-	-	-
50%			87,6	5,8E-02	85,9	0,0E+00	95,9	0,0E+00	88,3	5,8E-02

Tabela C.5: Teor de benzeno da gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	0,89	1,00E-02	0,64	5,77E-03	0,64	5,77E-03	0,64	5,77E-03	0,64	5,77E-03
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62	2,00E-02
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	2,31E-02
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	3,00E-02
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62	5,77E-03
5%	0,64	5,77E-03	0,60	1,15E-02	-	-	0,55	5,77E-03	0,58	5,77E-03
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58	1,15E-02
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	5,77E-03
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	5,77E-03
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57	5,77E-03
10%	0,51	5,77E-03	0,58	3,06E-02	0,47	1,73E-02	0,44	5,77E-03	0,55	5,77E-03
15%	0,46	5,77E-03	0,52	5,77E-03	0,41	5,77E-03	0,33	1,00E-02	0,52	1,15E-02
20%	0,50	2,00E-02	0,48	0,00E+00	0,35	1,15E-02	0,24	5,77E-03	0,48	0,0E+00
25%	0,64	5,77E-03	0,44	1,15E-02	0,29	0,00E+00	0,13	1,53E-02	0,43	5,77E-03
30%	0,84	1,73E-02	0,41	1,53E-02	0,23	5,77E-03	0,02	5,77E-03	0,38	1,00E-02
35%	1,09	1,15E-02	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	1,29	1,15E-02	0,30	5,77E-03	0,15	1,00E-02	0,00	0,00E+00	0,30	1,00E-02
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	0,23	0,00E+00	0,09	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,20	5,77E-03

Tabela C.6: Teor de olefinas na gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solv.	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	21,3	1,0E-02	12,7	2,1E-01	12,7	2,1E-01	12,7	2,1E-01	12,7	2,1E-01
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	13,2	1,5E-01
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0	5,0E-01
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0	7,0E-01
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	5,8E-02
5%	19,3	1,5E-01	11,7	1,0E-01	-	-	7,7	1,0E-01	11,8	0,0E+00
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	11,1	1,0E-01
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	10,5	1,5E-01
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	10,9	2,1E-01
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	10,4	5,8E-02
10%	17,8	2,5E-01	11,9	1,4E+00	11,8	2,0E-01	4,2	3,1E-01	10,2	0,0E+00
15%	15,7	5,8E-02	10,3	1,2E-01	11,3	5,8E-02	0,0	5,8E-02	9,3	1,0E-01
20%	13,7	2,1E-01	9,2	5,8E-02	10,9	1,0E-01	0,0	0,0E+00	8,1	5,8E-02
25%	12,7	2,1E-01	7,9	2,5E-01	10,3	5,8E-02	0,0	0,0E+00	7,0	5,8E-02
30%	11,4	1,2E-01	7,4	4,6E-01	9,7	2,6E-01	0,0	0,0E+00	6,1	2,1E-01
35%	10,6	1,5E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	10,8	1,5E-01	5,7	2,6E-01	9,0	1,2E-01	0,0	0,0E+00	4,1	1,0E-01
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	4,1	5,8E-02	8,6	1,2E-01	0,0	0,0E+00	2,0	5,8E-02

Tabela C.7: Teor de compostos saturados na gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	57,7	1,0E-01	45,6	5,8E-02	45,6	5,8E-02	45,6	5,8E-02	45,6	5,8E-02
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	45,7	1,7E-01
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	46,1	5,8E-02
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	46,8	1,7E-01
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	46,3	1,2E-01
5%	55,3	5,8E-02	46,9	5,8E-02	-	-	45,2	1,0E-01	46,6	1,7E-01
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	46,8	1,2E-01
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	47,0	2,0E-01
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	47,2	1,5E-01
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	47,3	1,2E-01
10%	52,6	2,9E-01	48,0	1,6E+00	49,4	3,2E-01	44,9	2,1E-01	47,5	0,0E+00
15%	50,0	1,0E-01	49,3	5,8E-02	50,9	5,8E-02	44,5	1,5E-01	48,5	1,5E-01
20%	47,4	1,0E-01	51,1	5,8E-02	52,7	0,0E+00	38,8	5,8E-02	49,5	1,5E-01
25%	45,6	5,8E-02	52,2	5,8E-02	54,4	5,8E-02	34,4	3,2E-01	50,4	1,5E-01
30%	43,5	5,8E-02	53,9	2,6E-01	56,6	1,5E-01	30,0	1,0E-01	51,6	5,8E-02
35%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	41,7	5,8E-02	56,0	2,5E-01	59,9	1,0E-01	20,5	7,5E-01	54,0	3,5E-01
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	40,3	1,2E-01	58,5	5,8E-02	63,5	0,0E+00	14,0	1,5E-01	56,4	1,5E-01

Tabela C.8: Teor de aromáticos totais na gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solv.	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	19,2	5,8E-02	14,6	1,0E-01	14,6	1,0E-01	14,6	1,0E-01	14,6	1,0E-01
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	14,2	5,8E-02
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	14,7	4,0E-01
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	5,5E-01
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	15,3	5,8E-02
5%	18,2	1,0E-01	14,3	1,2E-01	-	-	19,5	5,8E-02	14,5	1,2E-01
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	14,9	5,8E-02
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	15,2	1,5E-01
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	14,8	5,8E-02
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	15,1	5,8E-02
10%	16,3	1,5E-01	13,7	4,5E-01	13,7	1,0E-01	23,2	1,5E-01	15,2	5,8E-02
15%	15,5	1,0E-01	13,6	5,8E-02	13,3	0,0E+00	27,6	1,0E-01	15,1	1,2E-01
20%	15,2	5,8E-02	12,9	0,0E+00	12,9	5,8E-02	32,8	5,8E-02	15,0	0,0E+00
25%	14,6	1,0E-01	12,8	2,9E-01	12,6	5,8E-02	36,9	2,9E-01	15,1	5,8E-02
30%	15,0	1,0E-01	11,7	3,0E-01	12,5	1,0E-01	41,2	1,5E-01	14,8	1,2E-01
35%	15,3	1,7E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	15,0	1,2E-01	11,3	1,2E-01	12,1	5,8E-02	50,1	6,6E-01	14,4	0,0E+00
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	10,3	1,0E-01	11,4	1,0E-01	56,2	1,0E-01	14,2	0,0E+00

Tabela C.9: Teor de xilenos totais na gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	4,6	5,8E-02	4,7	5,8E-02	4,7	5,8E-02	4,7	5,8E-02	4,7	5,8E-02
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5	5,8E-02
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	1,5E-01
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	2,5E-01
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	5,8E-02
5%	3,8	5,8E-02	4,7	5,8E-02	-	-	4,7	5,8E-02	4,5	0,0E+00
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	0,0E+00
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,7	5,8E-02
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	5,8E-02
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5	5,8E-02
10%	3,4	5,8E-02	4,7	1,2E-01	4,0	0,0E+00	4,3	5,8E-02	4,6	5,8E-02
15%	3,4	0,00E+00	4,4	5,8E-02	3,7	5,8E-02	4,3	0,0E+00	4,4	5,8E-02
20%	4,0	1,2E-01	4,2	0,0E+00	3,5	5,8E-02	4,6	5,8E-02	4,3	0,0E+00
25%	4,7	5,8E-02	4,4	1,2E-01	3,4	5,8E-02	4,7	5,8E-02	4,3	5,8E-02
30%	5,8	1,2E-07	4,3	5,8E-02	3,2	0,0E+00	4,6	5,8E-02	4,1	5,8E-02
35%	7,1	1,0E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	8,1	1,2E-01	3,9	0,0E+00	3,0	5,8E-02	4,6	1,2E-01	3,9	5,8E-02
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	3,8	0,0E+00	2,8	5,8E-02	4,7	5,8E-02	3,9	0,0E+00

Tabela C.10: Teor de tolueno na gasolina em função do tipo e teor de solvente.

% Solvente	AEAC		Aguarrás AEAC fixo		Aguarrás AEAC não fixo		AB9		Diesel	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0%	3,0	5,8E-02	0,1	0,0E+00	0,1	0,0E+00	0,1	0,0E+00	0,1	0,0E+00
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0E+00
2%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	5,8E-02
3%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	5,8E-02
4%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	5,8E-02
5%	2,2	5,8E-02	0,0	0,0E+00	-	-	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
6%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0E+00
7%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0E+00
8%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0E+00
9%	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0E+00
10%	1,3	0,0E+00	0,0	5,8E-02	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
15%	0,7	0,00E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
20%	0,3	5,3E-09	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
25%	0,1	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
30%	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
35%	0,1	5,8E-02	-	-	-	-	-	-	-	-
40%	0,1	5,8E-02	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
45%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50%	-	-	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00